

94de Beretning

fra

Forsøgslaboratoriet.

**Respirationsapparatet, dets Betydning og Anvendelse
ved rationelle Forsøg over Hornkvægets Mælkeydelse.**

Meddelelse fra Forsøgslaboratoriets dyrefysiologiske Afdeling.

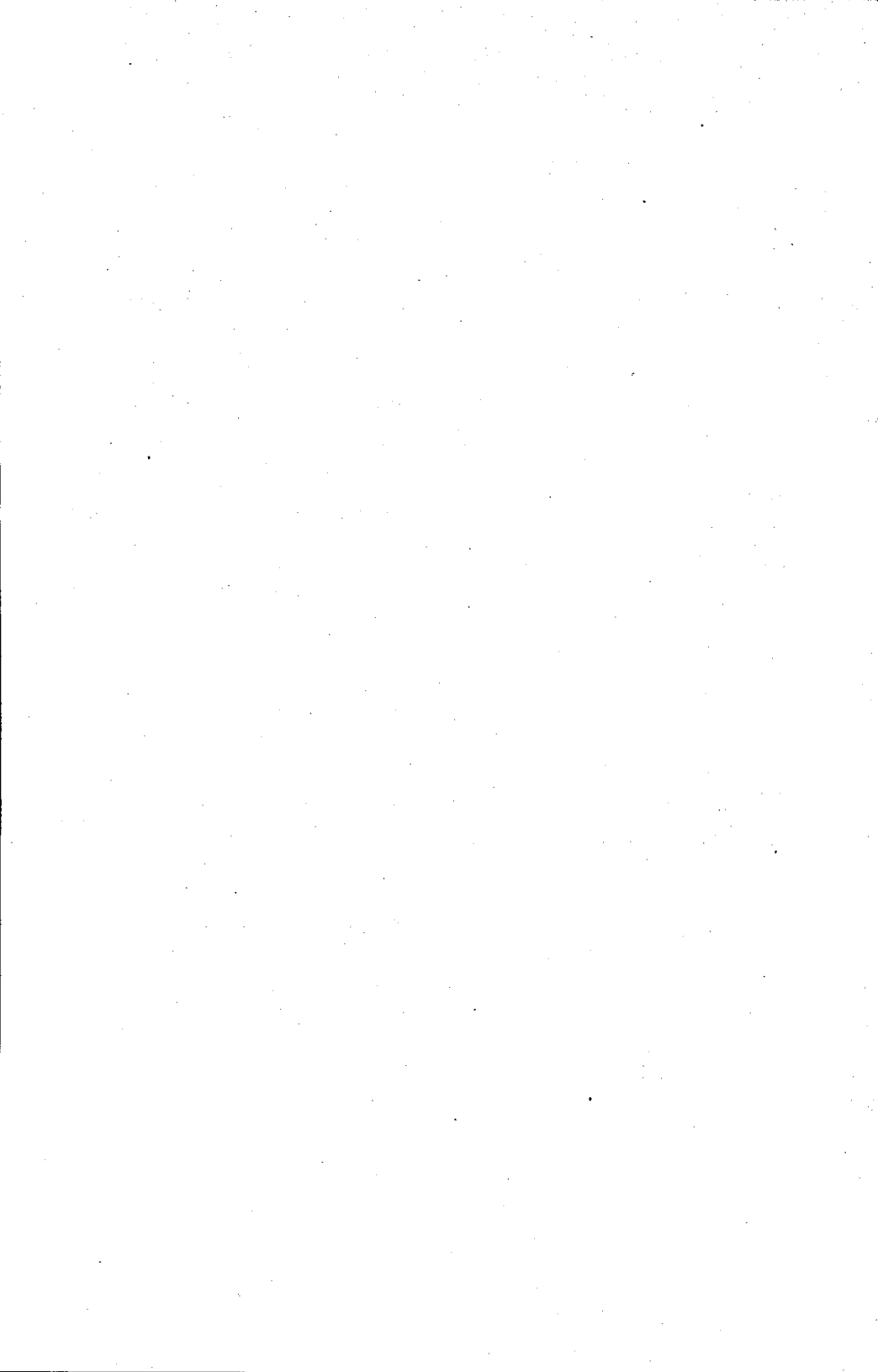
Udgivet af den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles
Laboratorium for landøkonomiske Forsøg.

København.

I Kommission hos Aug. Bang.

Trykt hos Nielsen & Lydiche (Axel Simmelkær).

1917.



INDHOLD.

	Side
Forord	5
Holger Møllgaard: Om Betydningen af nøjagtige Stofskifteforsøg for Udviklingen af en rationel Fodringslære for det malkende Kvæg	7
Holger Møllgaard og A. C. Andersen: Metodisk og teknisk Redegørelse for et Pettenkofersk Respirationsapparat til Forsøg med malkende Kvæg	42
I. Almindelige Principper for den ved Respirationsforsøgene anvendte Teknik	42
II. Beskrivelse af Respirationsapparatet	49
Kap. 1. Respirationskammeret	50
§ 1. Hovedkammeret	50
§ 2. Forkammeret	57
Kap. 2. Luftpumpeanlægget	58
§ 1. Kviksløvklokkepumpen	58
§ 2. Ledningerne fra Kammeret til Pumpen	66
§ 3. Prøvetagningspumperne	67
Kap. 3. Prøvetagningsledninger og Analyseapparater til Bestemmelse af CO ₂ og O ₂	68
§ 1. Gasurene	69
§ 2. Ledningerne til Analyseapparaterne	71
§ 3. Apparaterne til CO ₂ -Bestemmelse	71
§ 4. Apparaterne til O ₂ -Bestemmelse	72
Kap. 4. Apparater til Analyse af Produkterne fra Tarmgæring og Hudrespiration	75
III. Justeringen af Apparaterne. Fejlteoretiske Betragtninger over Kalibreringer og Analyser	76
Kap. 1. Kalibreringen af Kviksløvklokkepumpen	76
Kap. 2. Kalibreringen af Gasurene	79
Kap. 3. Bestemmelsen af Iltprocenten i den indgaaende og udgaaende Kammerluft ved Forbrændingsanalyse	83
§ 1. Kontrollforsøg med Jaquets Metode	83
§ 2. Forbrændingsanalyser af Atmosfæren	86
§ 3. Bestemmelsen af Ilten ved Forbrændingsanalyse under Stofskifteforsøget	96
Kap. 4. Bestemmelsen af Kulsyreprocenten i den indgaaende og udgaaende Kammerluft	101
Kap. 5. Bestemmelserne af Kulsyre- og Methanprocenten i Hovedkammeret	103

IV. Fejlen paa Bestemmelsen af den forbrugte Mængde Ilt og den producerede Mængde Kulsyre og Methan. Den teoretiske Middelfejl og Kontrolforsøgene	104
Kap. 1. Bestemmelsen af den forbrugte Mængde Ilt	105
§ 1. Beregning af den teoretiske Middelfejl paa Iltforbruget	106
§ 2. Den teoretiske Middelfejl μ_{OP} og Kontrolforsøgene ..	113
Kap. 2. Bestemmelse af den gennem Lungerne udskilte Kulsyre ..	115
§ 1. Beregning af den teoretiske Middelfejl paa Kulsyreudskillelsen	115
§ 2. Den teoretiske Middelfejl μ_{CO_2P} og Kontrolforsøgene ..	117
Kap. 3. Bestemmelse af den ved Tarmgæring og Hudrespiration dannede Kulsyre og Methan	119
V. Fejlen paa Respirationskvotienten	120
VI. Udførelse og Beregning af et totalt Stofskiftebalanceforsøg med en malkende Ko. Kontrollering af Stofskifteforsøget ved indirekte Biokolorimetri	123
Kap. 1. Planen for et totalt Stofskiftebalanceforsøg med en malkende Ko.	124
Kap. 2. De kemiske Analyser af Foderstoffer og Stofskifteprodukter ..	126
§ 1. Foderstofferne	126
§ 2. Mælken	128
§ 3. Urinen	129
§ 4. Gødningen	130
Kap. 3. Beregningen af et totalt Stofskiftebalanceforsøg med en malkende Ko.	130
§ 1. Beregning af Varmedannelsen paa Grundlag af Iltforbruget og Kulsyreudskillelsen	131
§ 2. Beregning af Omsætningerne ved Mælkedannelsen ..	134
§ 3. Aflejringen af Protein og Fedt	134
§ 4. Kontrollering af Forsøget ved indirekte Biokolorimetri ..	134
Holger Møllgaard: Foreløbig Beretning om Forsøgsresultate	137
A. C. Andersen: Om Proteinstofferne og nogle nyere Metoder til Undersøgelse af deres Sammensætning	148

FORORD.

HERMED udsendes Laboratoriets 94de Beretning omfattende Arbejder udført i Laboratoriets dyrefysiologiske Afdeling.

Naar Laboratoriet udsender denne Beretning allerede nu, før Resultater af direkte Betydning for Praxis foreligger, og Beretningen derfor har faaet en Form, som maaske ikke i saa høj Grad som Laboratoriets øvrige Beretninger har Ærinde til det praktiske Landbrug, saa er Grunden, at Laboratoriet har ønsket at vise, dels hvad der er naaet for de Midler, der er bleven det bevilget til det ret kostbare Respirationsapparat, og dels hvor vidt Laboratoriet er kommen i den Undersøgelsesteknik, som det har maattet slaa ind paa, og som paa ikke saa faa Punkter er ganske ny.

Grunden til, at Laboratoriet foruden sine praktiske Fodringsforsøg ogsaa har optaget disse videnskabelige Undersøgelser, vil fremgaa af Beretningens Afsnit 1, men Laboratoriet mener at burde paapege, at det at optage ogsaa videnskabelige Forsøg og Undersøgelser paa Fodringsspørgsmaalenes Omraade ingenlunde er noget nyt, for saa vidt som det lige fra Docent FJORDS Tid og Laboratoriets første Dage var tilsigtet, at Praxis og Teori skulde arbejde Haand i Haand.

Naar Optagelsen af strængt videnskabelige Fodringsforsøg altsaa ikke er nogen ny Vej, Laboratoriet er slaaet ind paa, ligger der ogsaa deri, at Laboratoriets praktiske Forsøg ikke vil blive opgivet; de videnskabelige Undersøgelser er, og skal kun være det nødvendige sikre Grundlag, hvorpaa de praktiske Forsøg bygger videre.

Respirationsapparatet er planlagt og konstrueret af Prof. H. MØLLGAARD med Assistance af Assistent, cand. polyt. A. C. ANDERSEN og den nødvendige tekniske Medhjælp.

Forsøgene og Undersøgelserne samt de nødvendige kemiske Analyser er udført af Prof. H. MØLLGAARD og Assisterne cand. polyt. A. C. ANDERSEN, Dyrlæge FOLMER NIELSEN, K. R. MØLLGAARD, cand. polyt. R. ROED-MÜLLER og J. RASMUSSEN.

Materialet er bearbejdet og Beretningen skrevet af Prof. H. MØLLGAARD og Assistent A. C. ANDERSEN.

En væsentlig Støtte har Forsøgene faaet ved den overordentlig imødekommende Maade, hvorpaa Lehnsgreve MOLTKE-BRENTVED har stillet Køer til Raadighed for Forsøgene. Laboratoriet griber da her Lejligheden til i den Anledning at bringe Lehnsgreven sin bedste Tak.

Forsøgslaboratoriet, Marts 1917.

N. O. HOFMAN-BANG.

OM BETYDNINGEN AF NØJAGTIGE STOFSKIFTEFORSØG FOR UDVIKLINGEN AF EN RATIONEL FODRINGSLÆRE FOR DET MALKENDE KVÆG.

AF
HOLGER MØLLGAARD.

N AAR man betragter Udviklingen af vor Viden om vore planteædende Husdyrs Ernæringsfysiologi, ser man tydeligt, at Undersøgelserne paa dette Omraade i de sidste 100 Aar i Hovedsagen har været ledet af to forskellige Ideer, der til forskellige Tider har afløst og til Dels undertrykt hinanden, men som begge kan følges helt op i Nutiden, og hvis endelige Forening er en af den moderne Ernæringsfysiologis vigtigste Bestræbelser.

Den ene gaar ud paa at bestemme de enkelte Fødemidlers Næringsværdi under eet, den anden søger at beregne deres Næringsværdi udfra Oplysninger om deres kemiske Sammensætning.

Den første Tanke er den ældste. Den har sin Oprindelse fra Tiden før den analytiske Kemi's Udvikling, men er i sin moderne Skikkelse Udtrykket for den Forestilling, at de forskellige naturligt forekommende eller kunstigt frembragte Fodermidler i deres Virkning som Næringsstoffer frembyder Forskelligheder, der ikke kan forklares alene som Følger af deres forskellige Indhold af visse Hovedgrupper af kemiske Komponenter.

Den anden, der direkte kan afledes fra LIEBIGS Undersøgelser over Næringsstofferne's Kemi gaar ud paa, at et Foderstofs Værdi som Næringsmiddel er tilstrækkeligt bestemt ved dets Indhold af fordøjelige Næringsstoffer, en Forestilling der igen grunder sig paa den Antagelse, at de enkelte Hovednæringsstofgrupper (Protein, Fedt, Kulhydrat), hvoraf alle Fodermidler til syvende og sidst er sammensat, efter Optagelsen i Dyrets Blod hver for sig pr. Vægtenhed har samme bestemte Værdi som Næringsmidler uanset hvilket Fodermiddel de hidrører fra.

Den første Repræsentant for Ideen om Bestemmelsen af de enkelte Fodermidlers Helhedsvirkning var den tyske Læge og Landbrugsreformatør ALBRECHT THAER (1752—1828), for saa vidt han var den første, der fandt paa at angive de enkelte Fodermidlers Næringsværdi ved sammenlignelige Tal. Vi skylder THAER den saakaldte Høværdiberegning, der gik ud paa at udtrykke et Fodermiddels »Næringsværdi« ved at angive, hvormange Vægtenheder af det, der havde samme »nærende Kraft« som 100 Vægtenheder middelgodt Enghø.

Metodens Princip, der altsaa bestaar i at sammenligne alle Fodermidler med et enkelt, som paa Grund af sine forholdsvis konstante Egenskaber vælges til Enhed, gaar som almindeligt bekendt igen i den mod Slutningen af det 19de Aarhundrede her i Landet samtidig med Kontrolforeningsbevægelsen fremkomne Foderenhedsberegning.

Navnlig i sin oprindelige Skikkelse, hvori den benyttedes af de første Kontrolforeninger, har denne danske Metode til Bestemmelse af Fodermidlernes »Næringsværdi« overordentligt meget tilfælles med den gamle Høværdiberegning, men selv efter at den gennem N. J. FJØRDS bekendte Forsøg, Forsøgslaboratoriets og den svenske Centralanstalts videre Undersøgelser har faaet bedre eksperimentelt Grundlag og er ført op til en betydelig Grad af Fuldkommenhed ved Fastsættelsen af de efterhaanden talrige og ret fint varierede Erstatningstal, fører den os ikke ud over Høværdiberegningens fundamentale Princip, Sammenligning af alle Fodermidler med en maaske praktisk set velbegrundet, men ikke af nogen dybere ernæringsfysiologisk Grund fastsat Enhed.

Trods al den Respekt, man skylder et stort, værdifuldt Arbejde, kan det ikke nægtes, at saadanne Sammenligninger aldrig, hvad der vel heller ikke har været tilsigtet, løser et ernæringsfysiologisk Problem til Bunds, hverken praktisk eller teoretisk. De giver kun et ret begrænset Indblik i Spørgsmaalet om Fodermidlernes Anvendelighed som Næringsstoffer, væsentlig fordi den Basis, hvorpaa Sammenligningen hviler, er ret usikker, idet selve Enhedens »Næringsværdi« er ubekendt, saaledes at man i Virkeligheden ikke ved, hvad det er for fysiologiske Virkninger, man bruger til Maal ved Sammenligningen.

Dette gælder især overalt, hvor det drejer sig om Fodring af Malkekvæg, fordi Forholdene ved Mælkeproduktionen er saa komplicerede, at det, at to Fodermidler kan ombyttes i lige Mængder i en Malkekos Foder, uden at Mælken synker, hverken fysiologisk eller økonomisk altid er et afgørende Bevis for, at de har ganske samme Værdi til Mælkeproduktion.

Noget bedre stiller Forholdene sig, naar det drejer sig om Fedning af Kreaturer, fordi man her faktisk maaler Enhedens »Næringsværdi«, nemlig ved en vis Tilvækst. Men da praktiske Forsøg er henvist til at benytte Legemsvægtens Forøgelse som Maal for Tilvæksten, vil Resultaterne af Sammenligningerne paa Grund af dette Maals Upaalidelighed altid lide noget i Nøjagtighed som Udtryk for de undersøgte Stoffers »Næringsværdi«.

Netop dette Forhold, at man ikke rigtig har vidst, hvilke Forestillinger man skulde danne sig om Enhedens »Næringsværdi«, bevirkede, at den gamle Høværdiberegning blev stærkere kritiseret, i højere Grad frakendt al Værdi, end den virkelig fortjente, og det samme har efter min Mening gentaget sig i den desværre ofte for heftige Diskussion, der for Aar tilbage har været ført her i Landet om den FJORDSKE og SVENDSENSKE Foderenhedsberegning og de hertil benyttede Erstatningstal.

For at bedømme saavel Høværdi- som Foderenhedsberegningen retfærdigt maa man altid huske, at naar disse Metoder svigter paa det afgørende Punkt, har det ikke sin Grund i en særlig Uvidenhed hos deres Ophavsmænd, men er et Udtryk for et almindeligt Savn, der lige op til den nyeste Tid har gjort sig gældende ikke blot indenfor Husdyrbruget, men ogsaa indenfor den samlede Ernæringsfysiologi, nemlig Savnet af en virkelig rigtig Definition af Begrebet »Næringsværdi«.

Til dette Ord, der altsaa udtrykker Maalet for Fodermidlernes Betydning som Næringsstoffer, kan man jo nemlig ikke knytte et ganske vilkaarligt Begreb.

Hvad vi skal forstaa ved et Foderstofs »Næringsværdi«, bestemmes til syvende og sidst alene af, hvilket Maal Organismen selv anlægger i Følge sin fysiske og kemiske Konstitution. Med andre Ord, førend vi ved, efter hvilke Regler de enkelte Næringsstoffer virkelig værd-

sættes ved Omsætningen i selve Organismen, kan vi ikke give nogen fyldestgørende Definition af en Enhed for Næringsværdi.

Sammenligninger af forskellige Fodermidler uden en saadan Erkendelse kan derfor vel have deres foreløbige praktiske Værdi, fordi de kan give en tilnærmet Forestilling om, i hvilket Forhold de enkelte Fodermidler skal benyttes for at opnaa samme praktiske Resultat; men saa snart de fundne Talværdier betragtes som Maal for Stoffernes virkelige Værdi til at holde en Organisme vedlige eller til Frembringelse af et eller andet Produkt, vil de altid være mere eller mindre svævende, netop fordi Enhedens Værdi ikke selv er bestemt, og en saadan Bestemmelse, et virkeligt Maal for Fodermidlernes Næringsværdi, er vi indenfor den videnskabelige Forsknings Verden først naaet til i Slutningen af det 19de og Begyndelsen af det 20de Aarhundrede, ja en klar Erkendelse er vel egentlig først opnaaet helt fremme i den nyeste Tid.

Den gamle Høværdiberegning blev skudt til Side af de nye Forestillinger om Ernæringsprocesserne i Dyreorganismen, der opstod som Følge af den organiske, analytiske Kemis rivende Udvikling omkring Midten af det 19de Aarhundrede, under LIEBIGS Førerskab.

Gennem MULDERs og LIEBIGs Undersøgelser lærte man, at samtlige levende Væv, baade hos Dyr og Planter, hovedsagelig var opbygget af N-holdige Stoffer, og at disse Stoffer, trods noget forskellige Egenskaber, dog frembød saa nære Ligheder i deres elementære Sammensætning, at de kunde regnes for hørende til samme Klasse af Forbindelser.

MULDER mente, at de alle kunde afledes fra et fælles Udgangspunkt, var fremgaaet ved Omdannelser af et og samme Stof, og dette kaldte han »Protein«. Alle kvælstofholdige Stoffer i Organismen stammer da fra Protein, var enten Proteinstoffer eller Spaltningsprodukter deraf.

Da de samme Forbindelser naturligvis fandtes i Dyrenes Næring, fordi den bestod af levende Væv eller Omdannelsesprodukter af disse, var dermed Spørgsmaalet rejst, om hvorvidt de enkelte kemiske Bestanddele i Fodermidlerne havde samme Værdi som Næringsstoffer, eller maaske netop disse »Proteinstoffer« havde særlig Betydning.

Franskmanden MAGENDIE forandrede MULDER'S Inddeling af Næringsstofferne i Proteinstoffer og andre Næringsstoffer til den nu overalt anvendte Deling i N-holdige og N-fri Næringsstoffer og viste eksperimentelt, at medens ethvert Dyr, der er i Stand til at fordøje saa meget N-holdigt Næringsmateriale, at det dermed kan dække sit samlede Forbrug, kan holdes i Live ved Fodring alene med N-holdige Stoffer, dør alle højere Dyr uvægerligt i Løbet af kortere eller længere Tid, naar de fodres med N-fri Næring, selv om denne er nok saa rigelig.

Hermed var det da afgjort, at et Fodermiddels Næringsværdi ikke kunde bestemmes ved en Helhedsbedømmelse alene, men at man maatte tage Hensyn til dets kemiske Sammensætning, under alle Omstændigheder til dets Indhold af Protein eller bedre af N-holdige Stoffer. Dette er den Dag i Dag en Hovedsætning indenfor al Fodringslære.

Gennem LIEBIG'S og hans Elevers videre Undersøgelser fik man efterhaanden Kendskab til et stort Antal Næringsmidlers Sammensætning, idet man lærte at dele de N-fri Næringsstoffer i de to Hovedgrupper: Fedt og Kulhydrat, samt at bestemme deres kvantitative Forhold. Paa Husdyrbrugets Omraade blev saadanne Undersøgelser i stort Omfang udført af Forstanderen for Tysklands første landøkonomiske Forsøgsstation i Möckern, EMIL WOLFF, som samlede alle sine Analyseresultater i sine siden saa meget anvendte og vidt berømte Tabeller over Fodermidlernes kvalitative og kvantitative Sammensætning.

I umiddelbar og naturlig Følge af disse Arbejder opstod da den Tanke, som siden har forfulgt Ernæringsfysiologien lige op til vore Dage, nemlig at beregne de enkelte Fodermidlers Næringsværdi alene af deres kemiske Sammensætning.

At foretage Beregningen direkte ud fra Analysen af det enkelte foreliggende Foderstof viste sig nu meget snart at give ganske utilfredsstillende Resultater, og da den fysiologiske Kemi, for Husdyrenes Vedkommende væsentlig gennem Arbejder af HENNEBERG og STOHMANN, efterhaanden havde skaffet væsentlige Oplysninger om de Processer, der foregik med Føden i Tarmkanalen, blev det indlysende, at man maatte tage Hensyn til Fordøjelsens Omfang. WOLFF undersøgte da

direkte ved Dyreeksperimenter, hvor stor en Del af de enkelte Næringsstofgrupper i de forskellige Fodermidler, der gik tabt med Gødningen, og beregnede heraf Fodermidlernes Indhold af fordøjeligt Protein, Fedt og Kulhydrat.

Ud fra Kendskabet til disse Fordøjelighedstal søgte man saa at løse de to Hovedproblemer, som enhver praktisk Ernæringslære til alle Tider er stillet overfor, nemlig for det første Spørgsmaalet om, hvor store Mængder af de nævnte Næringsstofgrupper de paagældende Organismer behøver for at dække deres Behov til Vedligeholdelse eller til en eller anden Form for Produktion, og for det andet Spørgsmaalet om de enkelte Fodermidlers Helhedsværdi som Næringsstoffer i Handel og Vandel.

For det første Spørgsmaals Vedkommende gik det indenfor Husdyrbruget som indenfor den almindelige Ernæringsfysiologi. Man saa sig henvist til væsentlig statistiske, skønsmæssige Opgørelser over, hvad de enkelte Dyr fortærede under forskellige Omstændigheder, ganske som den VORTSKE Skole oprindelig maatte anvende Statistikken, da det gjaldt at fastsætte Normer for Menneskers Næringsstofforbrug, altsammen fordi man, fraset Kendskabet til de N-holdige Stoffers Nødvendighed, ikke havde nogen klar Forstaaelse af, efter hvilken Regel Organismen værdsatte Næringsstofferne, og saaledes var afskaaret fra at udtrykke dens Næringsbehov i et enkelt, for de forskellige fysiologiske Funktioner fælles Maal.

Som Følge heraf maatte det andet Spørgsmaal om Fodermidlernes Handelsværdi naturligvis ogsaa forblive ubesvaret, saa meget mere som de enkelte Fodermidlers højst ulige Sammensætning gjorde Problemet yderst kompliceret.

WOLFF søgte at løse Spørgsmaalet ved at tillægge de enkelte Næringsstoffer bestemte, paa praktiske Erfaringer støttede Værdier, og JULIUS KÜHN indførte som bekendt den saakaldte Kulhydratenhed, idet han tillagde de saakaldte N-fri Ekstraktstoffer Værdien: 1, Fedtet Værdien: 2, 4 og de N-holdige Næringsstoffer Værdien: 6. De saakaldte Amider og Raacellulosen tillagdes der først ingen Værdi, senere anslog man den fordøjelige Del til samme Værdi som de N-fri Ekstraktstoffer.

Paa denne Maade kunde man ganske vist udtrykke de enkelte Fodermidlers Helhedsværdi i sammenlignelige Tal.

Men Forholdstallene for de enkelte Næringsstoffer var valgt ret vilkaarligt, og man havde under alle Omstændigheder ingen Garanti for, at de virkelig havde noget at gøre med Lovene for Omsætningen i Organismen, altsaa heller ikke for at de virkelig udtrykte de paagældende Stoffers »Næringsværdi«. I hvor høj Grad denne Garanti manglede, fremgaar tydeligt af den Usikkerhed og Uenighed, der lige op til det 20de Aarhundredes Begyndelse har præget alle de Angivelser over Fodringsnormer og Fodermidlers Næringsværdi, der er anførte paa Grundlag af de kemiske Analyser og Fordøjelighedstallene alene.

Den første, der indenfor Husdyrbrugets Omraade for Alvor søgte at lede Ernæringslæren ud af denne Misere, var, saa vidt mig bekendt, N. J. FJORD, der allerede i Aarene mellem 1880 og 90 undersøgte forskellige Fodermidlers Værdi til Fedning af Svin, saaledes at Dyrenes Tilvækst ligefrem brugtes som Maal for Fodermidlernes Helhedsvirkning. Størst Betydning i denne Henseende fik dog utvivlsomt den Række Undersøgelser, der omkring det 20de Aarhundredes Begyndelse blev udført af den bekendte Forstander i Möckern, OSCAR KELLNER. Princippet i KELLNERS Forsøg er det samme som i FJORDS, forsaavidt det gik ud paa at maale den Mængde Stof, der kunde aflejres paa et Dyr's Krop, naar en bestemt Mængde af et vist Fodermiddel gaves i Tilskud til et Foder, om hvilket man i hvert Fald vidste, at det var tilstrækkeligt til at dække Dyrets Forbrug, selv om man ikke endnu nøje kendte Grundfoderets Minimumsværdier.

KELLNERS Forsøg er imidlertid mere rationelt anlagte og betydeligt nøjagtigere gennemførte, idet han i Stedet for Bestemmelsen af Legemsvægten, som er altfor upaalidelig til saadanne grundlæggende Undersøgelser, anvendte Bestemmelsen af Kulstof- og Kvælstofbalancen i PETTENKOFERS Respirationsapparat. Han bestemte altsaa direkte, hvor meget Kulstof og Kvælstof, der aflejredes i Dyrets Krop ved Tilførsel af en given Mængde af et eller andet Næringsstof. Det aflejrede N omregnedes i Protein, den hertil svarende Mængde aflejret C subtraheredes fra den samlede C-Aflejring. Resten omregnedes i Fedt. Tilsidst omregnedes den altid ringe Proteinaflejring til Fedt efter et Princip, der snart skal omtales.

Med KELLNERS Undersøgelser vendte man altsaa tilbage til den gamle Anskuelse, der laa til Grund for Høverdiberegningen, at de enkelte Fodermidlers Næringsværdi skal bestemmes som en Helhedsvirkning, men ganske vist med den meget væsentlige Forskel, at man for det første sørgede for, at Dyrenes Proteinforbrug altid var dækket i Grundfoderet, og for det andet definerede Begrebet »Næringsværdi« ved en bestemt Virkning i Organismen, nemlig Aflejringen af Fedt*).

Man maalte altsaa de enkelte Fodermidlers Næringsværdi ved den Mængde Fedt, som aflejredes i Organismen, naar de indfodredes under bestemte Forhold, og fik herved en Enhed for Næringsværdi, der ikke var en Vilkaarlighed, men virkelig svarede til visse Regler, hvorefter Organismen værdsatte de optagne Stoffer.

Enhver, der kender Betydningen af KELLNERS Arbejder, vil deri finde et af de store Beviser paa, hvilken Nytte nøjagtige videnskabelige Undersøgelser kan gøre for det praktiske Landbrug. Ideen, at bestemme Næringsværdi ved en nøjagtig Maaling af Fedtaflejring, er nemlig det fundamentale; at KELLNER valgte Værdien for Fedtaflejringen ved Fodring med Stivelse til Enhed og derved udtrykte Fodermidlernes Næringsværdi i de saakaldte Stivelseværdier, er kun en sekundær Ting, der gør Næringsværdibestemmelserne lettere anvendelige i Praksis.

Siden KELLNERS første Undersøgelser har Erkendelsen af det nødvendige i at bestemme de enkelte Fodermidlers Næringsværdi som en Helhedsvirkning ved direkte Forsøg paa Dyr efterhaanden fæstnet sig indenfor de moderne ernæringsfysiologiske Betragtninger paa Husdyrbrugets Omraade og maa i den nyeste Tid betragtes som almindeligt herskende. Grunden hertil maa i første Linie søges i den Omstændighed, at man efterhaanden er bleven klar over, hvad det er for Forhold, som umuliggør en Beregning af Fodermidlernes Næringsværdi ud fra deres Indhold af fordøjelige Næringsstoffer alene eller med andre Ord, hvad der bevirker, at samme Mængde Protein, Fedt og Kulhydrat ikke har samme Næringsværdi i Organismen, uanset hvilket Fodermiddel de hidrører fra.

*) For Forsøgslaboratoriets Erstatningstal gælder den første Forskel ikke, derimod den anden.

Allerede Respirationsfysiologiens Grundlægger, LAVOISIER, havde iagttaget, at Optagelse af Næring forhøjede Forbruget af Ilt, altsaa bevirkede et øget Stofskifte i Organismen. Siden er denne Iagttagelse bleven bekræftet ved talrige Undersøgelser, indenfor hvilke navnlig ZUNTZ og hans Elevers Arbejder har spillet en væsentlig Rolle.

Den ZUNTZ'ske Skole i Berlin har til disse Forsøg benyttet en særlig Metodik, der tillader Undersøgelse af det respiratoriske Stofskifte (den optagne Mængde Ilt og den udskilte Mængde Kulsyre) i ganske korte Perioder. Man opnaar derved at kunne maale den Stofskiftestigning, der sker under Næringsoptagelsen og den derpaa følgende Fordøjelse, meget skarpt, idet man kan indskrænke Forsøget til de faa Timer, hvori Fordøjelsen foregaar, ja endog til den halve Time eller de faa Minutter, selve den mekaniske Næringsoptagelse varer.

Herigennem har man da faaet en Række overordentlig interessante Resultater, der tilsammen med Sikkerhed efterviser den LAVOISIER'ske Iagttagelses Rigtighed, saaledes at man nu kan betragte det som en fundamental Lov i Stofskiftefysiologien, at enhver Næringsoptagelse forøger Stofskiftet, altsaa medfører et forøget Forbrug af Næringsstoffer.

Stofskiftestigningen hidrører for det første fra det Arbejde, der udføres ved selve den mekaniske Behandling af Næringsmidlerne, Tygning, Blanding med Spyttet, Slugning, Mave- og Tarmbevægelser. ZUNTZ og HAGEMANN har saaledes vist, at Tygningen hos Heste giver en paaviselig Forøgelse af Iltforbruget. KELLNER har set det samme hos Kvæg, der tyggede Straa, og et Par af ZUNTZ's Elever har i den nyere Tid vist lignende Forhold for Drøvtygningen. Dertil kommer imidlertid, at selve Fordøjelsesarbejdet kræver et maaske ikke ringe Stofforbrug. Ved Udskillelsen af de ofte store Mængder Tarmsaft udføres der et betydeligt Arbejde fra de store Kirtlers Side. Endvidere kræver maaske en Del af selve Omsætningen i Organismen, f. Eks. Aflejringen af Næringsstof, et Stofforbrug, og endelig kommer hertil, at Proteinstofferne har en hidtil uforklaret særlig stærk Virkning paa Stofskiftets Størrelse.

Det er nu ganske indlysende, at naar Fordøjelsesarbejdet giver forøget Stofomsætning, vil et Fodermiddels Nærings-

værdi aldrig alene bestemmes af, hvor stor en Mængde af dets Næringsstoffer der fordøjes, men i væsentlig Grad tillige af, hvor stor en Mængde af disse fordøjede Næringsstoffer, der skal bruges til at dække Stofforbruget ved selve Fordøjelsesarbejdet.

Denne Mængde repræsenterer jo nemlig en ren Udgift og kommer i hvert Fald under normale, praktiske Forhold ikke Organismen til gode, hverken til Vedligeholdelse eller til Produktion. Derfor bestemmes altsaa et Fodermiddels Næringsværdi ikke blot af dets Indhold af fordøjelige Næringsstoffer, men tillige af hvor stor en Del af disse, der medgaar til Arbejdet ved Fordøjelsen og Omsætningen.

Denne sidste Paastand er principielt, teoretisk rigtig og anerkendt overalt i den moderne ernæringsfysiologiske Litteratur. Tilbage er imidlertid Spørgsmaalet om, hvorvidt Stofskiftestigningen ved Næringsoptagelse har nogen nævneværdig Betydning for den praktiske Ernæringslære? For Bedømmelsen heraf maa man, som RUBNER gentagne Gange har fremhævet, altid erindre, at Stofskiftefysiologien, i Lighed med al anden Naturvidenskab, altid har to forskellige Opgaver at løse, nemlig at bestemme det samlede Resultat af en Række Processers Forløb, og at opløse Resultatet i dets forskellige Komponenter. Disse to Opgaver er væsensforskellige, og Sammenblandingen af dem afføder kun Forvirring. Ved Løsningen af Problemet om Næringsoptagelsens Virkning paa Stofskiftet har da Ernæringsfysiologen for det første den Opgave at undersøge dens Virkning indenfor det Tidsrum, i hvilket en Næringsoptagelsesperiode afløber, altsaa for alle større Dyr i hvert Fald mindst indenfor et Døgn, og for det andet den Opgave at bestemme, af hvilke enkelte Episoder Døgnresultatet er sammensat.

Metoden med de kortvarige Respirationsforsøg beskæftiger sig udelukkende med den sidste Art af Undersøgelser; man maa derfor ikke af dens Resultater alene lade sig forlede til at drage vidtgaaende Slutninger over Størrelsesordenen af den Forandring, Næringsoptagelsen kan bevirke i Stofomsætningen for et Døgn.

For den praktiske Ernæringslære har i hvert Fald

kun Døgnresultaterne Betydning, og utvivlsomt udlignes en Del af de episodiske Stigninger ved Næringsoptagelsen gennem kompenserende Sænkninger af Stofskiftet paa de Tider, hvor ingen Næring optages.

Fodringslæren har derfor kun at gøre med de Resultater, der er vundet ved Stofskifte- og Respirationsforsøg, som har været udstrakt over mindst et helt Døgn, saaledes at Resultatet indbefatter alle Episoder i dette.

Gennem saadanne Forsøg er det da nu imidlertid ogsaa fastslaaet, at Stofskiftetigningen ved Næringsoptagelse ikke alene er en teoretisk Kuriositet, men faktisk betyder en Forøgelse af Udgifterne ved Ernæringen, som ikke kan lades ude af Betragtning ved den praktiske Fodringslære.

RUBNER er her gaaet i Spidsen. Men KELLNERS Stivelsesværdier er jo faktisk intet andet end netop Udtrykket for, at Fodermidlerne ikke har den Værdi til Fedning af Kreaturer, som kunde ventes efter deres Indhold af fordøjelige Næringsstoffer, men en noget mindre, fordi der gaar en Del Stof tabt, og da først og fremmest ved selve Fordøjelsesarbejdet samt ved den særligt store, hidtil uforklarede Stigning af Stofskiftet, som Tilførsel af Proteinstoffer medfører.

Hertil kommer endvidere for Drøvtyggernes Vedkommende de omfangsrige Gæringsprocesser, der foregaar i disse Dyrs Fordøjelseskanal, særligt i Vommen, og som medfører betydelige Tab, større end man i Almindelighed forestiller sig.

Da Tabet ved Fordøjelsesarbejdet kun kan bestemmes med en for Praxis tilstrækkelig Nøjagtighed i Respirationsapparatet eller Respirationskalorimetret, saaledes som henholdsvis KELLNER og RUBNER har gjort det, og Resultatet af Gæringsprocesserne i Vommen overhovedet ikke kan overses uden et af disse Apparater, fordi den betydeligste Del af Tabet sker ved Afgang af Stoffer i Luftform, ses det tydeligt, at hele den praktiske Metodik er utilstrækkelig, saasnart det gælder en grundlæggende Bestemmelse af Fodermidlernes Næringsværdi og dermed deres virkelige Værdi i Handel og Vandel, ligeledes underlegen er den tillige, naar man ønsker en virkelig nøjagtig Bestemmelse af, hvor meget Foder et Dyr skal bruge, for at dække sit Forbrug til Vedligeholdelse eller til en eller anden Produktion. Man kan, som foran sagt, gennem praktiske Forsøg ved at fodre saaledes, at Legems-

vægten og den givne Produktion opretholdes, faa en tilnærmet Forestilling om, i hvilke Mængder de enkelte Fodermidler under bestemte Betingelser kan ombyttes med hverandre, uden at Produktionen synker (Erstatningstal), men man kan ikke skaffe noget rigtigt Udtryk for deres virkelige Værdi til den paagældende Produktion, fordi Enheden for Sammenligningen er usikker og fordi man ikke kan se, om Fodermidlerne virkelig udnyttes saa økonomisk, som de kan. Bedst gaar det som sagt med Fedningsforsøgene. Næsten uhjælpelig staar man derimod overfor Mælkeproduktionen paa Grund af dens komplicerede Forhold. Til Bunds kan Spørgsmaalet kun løses ved det totale Stofskiftebalanceforsøg og det dertil knyttede Respirationsforsøg.

Yderligere skal endnu ganske særligt paa dette Sted fremhæves, hvad der i og for sig er en Følge af det foregaaende, at overalt, hvor vi har at gøre med Drøvtyggere, er det ikke alene til Bestemmelsen af et Fodermiddels virkelige Næringsværdi, at Respirationsapparatet er nødvendigt, men ogsaa til en saa simpel Ting som Bestemmelsen af dets Indhold af fordøjelige Næringsstoffer. Vi kan i den moderne Tid ikke længere nøjes med at trække Gødningens Indhold af Næringsstoffer fra Foderets, da vi med Sikkerhed kan sige, at de saaledes fundne Fordøjelighedstal er mellem 10 og 20 % for høje, idet Tabet ved Gæringen i Vommen andrager denne Størrelse. Da Gæringerne er forskellige for de forskellige Foderblandinger i Vommen, kan man ikke engang sammenligne Fordøjelighedstallene for to Foderstoffer, der er undersøgt paa den gamle Maade. Sammenligningen kan være fuldstændig misvisende. Vi har saaledes Eksempler paa, at et Foderstof har vist højere Fordøjelighedstal end et andet, og dog er den resorberet mindre af det, fordi der er gaaet mere tabt ved Tarmgæringen. Ethvert Fordøjelighedsforsøg med Drøvtyggere, der kun giver os Differencen mellem Næring og Gødning, er derfor altid meget usikkert.

I de nu fremdragne Forhold er der da allerede, om ikke andre Faktorer ogsaa spillede med, tilstrækkelig Begrundelse for, at man i den moderne Tid overalt, hvor det lader sig gøre, indfører Respirationsapparatet i Tjeneste for det praktiske Landbrugs Fodringslære. I Tyskland og Amerika, hvor man længe har erkendt Betydningen af den virkelig eksakte

Løsning af Fodringsproblemerne, har man, som bekendt, for længe siden taget Respirationsapparaterne i Brug, og i Erkendelse af denne Undersøgelsesmetodes virkelige Betydning for Praksis har det danske Forsøgslaboratorium da ogsaa nu taget den til Hjælp, for at den danske Fodringslære ikke skal komme til at staa tilbage overfor Udlandets i Eksakthed, i Præcision og dermed ogsaa i praktisk Værdi.

Vi vender igen tilbage til Begrebet Næringsværdi, som vi endnu ikke har faaet givet en almindelig Definition.

I det foregaaende har jeg omtalt, hvorledes FJORD og KELLNER har søgt at komme udenom Vanskelighederne, der hidrører fra Næringsoptagelsens Virkning paa Stofskiftet, samt at det lykkedes KELLNER at løse dette Spørgsmaal eksakt, idet han bestemte Fodermidlernes Næringsværdi ved at maale den Stofaflejring, specielt den Fedtaflejring, en bestemt Mængde af dem kunde frembringe i Organismen.

KELLNER udtrykte alle Fodermidlernes »Fedtaflejringsevne« i Forhold til Stivelsens, definerede altsaa deres Næringsværdi som deres »Stivelsesværdi«. De amerikanske Forskere, der er fulgt nøje i RUBNERS, KELLNERS og ZUNTZ's Fodspor, benævner den »availability« eller »net availability«.

Hvad enten den ene eller den anden af disse Betegnelser anvendes, ligger der altid en og samme Forestilling til Grund for dem. De forskellige Betegnelser dækker kun over ganske udvortes Forskelligheder, hidrørende fra de forskellige Betingelser, hvorunder Maalingerne er udførte.

Alle Maal for »Næringsværdi« grundes i Virkeligheden paa een fundamental Erkendelse, som er den moderne Ernæringslæres allervigtigste Erhvervelse, nemlig den, at man kan maale et Fodermiddels Næringsværdi ved den Mængde *Energi*, som det under givne Betingelser kan stille til Organismens Disposition.

Alle Maal for Næringsværdi har da en fælles Generalnævner, som er Maalet for Energi.

Denne Betragtning kræver en nærmere Forklaring. Vor samlede moderne Naturerkendelse hviler som bekendt i sidste Instans paa to fundamentale Principper, nemlig Lovene om Massens og Energiens Konstans.

Erkendelsen af det første Princip og det første tilnærmede Bevis for dets Gyldighed skylder vi den store franske Forsker LAVOISIER. Princippet siger som bekendt, at det vejelige Stof, Materien, er uforgængeligt, at det vel kan optræde under forskellige Former og indgaa i forskellige Processer, men at det lige saa lidt kan tilintetgøres, som det kan opstaa af intet. Nu til Dags finder man det vel næsten naivt at gentage denne Sætning. For Biologien har den imidlertid haft uhyre Betydning. Erkendelsen af den rev den første store Flænge i det Slør af Mystik, der indtil da omgav de Processer, som foregik i den levende Organisme, og bragte næsten med et Slag LAVOISIER og hans Samtid til at forstaa, at Stofskifteprocesserne ikke var Resultatet af en mystisk Livskraft, der herskede over den døde Natur og forvandlede og tilintetgjorde Grundstoffer, men at det drejede sig om kemiske Processer, der maatte betragtes under samme Synspunkt som dem, der foregik udenfor Organismen.

Allerede tidligere havde Forskere som MAYOW og THOMAS WILLIS udtalt sig for, at Aandedrættet kunde betragtes som en Forbrændingsproces. LAVOISIER stillede Hypotesen klart op og viste, at Forholdet mellem den optagne Ilt og den udaandede Kulsyre stemmede med Hypotesen, idet 1 Rumfang Ilt forenede sig med Kulstof til 1 Rumfang Kulsyre, ganske som udenfor Organismen. Siden LAVOISIER's og hans Medarbejderes Undersøgelser har vi da vidst, at det dyriske Stofskifte bestaar i en langsom Forbrænding af Næringsstofferne i Organismen.

LAVOISIER vovede imidlertid endvidere den dristige Hypotese, hvis Princip forøvrigt ogsaa har været anet af en Del af hans Forgængere, at denne Forbrænding var Kilden til den dyriske Varme. Sammen med LAPLACE søgte han at eftervise Hypotesens Rigtighed ved at undersøge, om der var Overensstemmelse mellem den Mængde Varme, et Dyr faktisk udviklede, og den, der kunde beregnes af dets Kulsyreudskilning. De to Forskere fandt, at det passede tilnærmelsesvist. Her har vi da for første Gang en tydelig og eksperimentelt begrundet Forestilling om, at de kemiske Processer i Organismen er Kilden til Optrædelsen af Kræfter, her Varme. Sammen med SEGUIN undersøgte LAVOISIER Stofskiftet ved

Muskelarbejde og mente i Virkeligheden, at Forbrændingsprocessen ogsaa var Kilden til det mekaniske Arbejde, Musklene udførte, vistnok overhovedet til alle de Kræfter, der optraadte i Organismen.

LAVOISIER'S Undersøgelser over Varmen blev i nogen Grad støttet af en Englænder, der hed CRAWFORD, men da hans Hypotese dog, som RUBNER engang har bemærket, mere var et genialt Gætteværk end egentlig sikkert eksperimentelt begrundet, blev den skudt noget i Baggrunden, da man efterhaanden fandt en hel Række specielle Processer i Organismen, Nerveledning, Nerveelektricitet, Muskelirritation o. s. v., som man tilskrev Varmedannelsen.

Saa udsatte Pariserakademiet imidlertid endelig en Prisopgave om Kilden til den dyriske Varme. Den blev besvaret 1823 af to Forskere, DEPRETZ og DULONG. Den første fik Prisen, men DULONGS Arbejde er senere bleven anset for det bedste. DEPRETZ'S Undersøgelser var væsentligt en Bekræftelse af LAVOISIER'S Hypotese, medens DULONG fandt, at Forbrændingen alene ikke slog til, og derfor antog, at andre Processer ogsaa maatte være Varmekilder.

Trods DULONG'S Arbejde blev LAVOISIER'S Anskuelse, vel væsentlig paa Grund af LIEBIG'S og CLAUDE BERNARD'S Autoritet, betragtet som rigtig, og Problemet om Varmedannelsen i Dyreorganismen ansaas vistnok ret almindeligt for at have faaet en baade tilfredsstillende og eksperimentelt tilstrækkelig begrundet Løsning. Selv om ogsaa Forestillingerne var noget forud for Eksperimenterne, var man dog herved ikke naaet længere end netop til Kilden for Varmedannelsen. Man gik i Almindelighed ud fra, at den Energi, der opstod ved Forbrændingsprocesserne, kun forlod Organismen i Form af Varme. Saa kom ROBERT MAYER, COLDING og JOULE, de tre unge Forskere, der ganske vist ikke var Fysikere af Fag, idet den første var Læge, den anden Ingeniør og den tredje Brygger, men hvem vi ikke desto mindre i første Linie skylder det andet fundamentale Princip i vor Naturerkendelse, Loven om Kraftens, Energiens Konstans.

Kræfter er Aarsager, siger MAYER i sin første Afhandling fra 1842, og Aarsager er lig Virkning. Naar en Aarsag frembringer en vis Virkning, betyder det, at den selv ophører at eksistere, den er bleven til sin Virkning. I en Kæde af Aar-

sag og Virkning kan intet Led nogensinde blive lig Nul. En Kraft kan altsaa gaa over til en anden Kraft, men den kan ikke forsvinde, lige saa lidt som den kan opstaa af ingen Ting. »Kræfter er altsaa kvantitativt uforgængelige, men kvalitativt foranderlige Objekter«. I den første Athandling behandlede han Forholdet mellem Tyngden og det frie Fald og udviklede, hvorledes Udtrykket for levende Kraft kunde udledes af den afmindelige Lov om Kraftens Konstans.

I 1857 behandlede han Forholdet mellem mekanisk Arbejde og Varme og udviklede, hvorledes man ved at maale den mekanisk udviklede Varme og den til Udviklingen forbrugte Arbejdskraft altid fandt, at disse to Størrelser stod i et simpelt konstant Forhold til hinanden, samt at dette Forhold blev det samme, naar Processen vendtes om. Heraf drog han da den naturlige Slutning, at Varme og mekanisk Arbejde kan omdannes til hinanden, at Varme kan blive til mekanisk Arbejde og omvendt.

Det mekaniske Arbejde, der skal udføres for at opvarme en bestemt Vægtmængde Vand 1^0 , kaldte MAYER Varmens mekaniske Ækvivalent. Han fandt, at det var lig det Arbejde, der udføres ved at hæve den samme Vægtmængde Vand 400 m i Vejret.

Ganske samme Tankegang finder vi i Danskeren COLDING's og Englænderen JOULE's af MAYER uafhængige Arbejder fra 1843. Den første grunder sine Ideer paa Undersøgelser over Varmeudviklingen ved Gnidning af to Legemer mod hinanden. Den anden paa Forsøg over Varmeudviklingen ved elektrisk Strøm og over dennes Frembringelse ved mekanisk Arbejde. Ingen af de tre Mænds Arbejder synes dog at have slaaet igennem og faaet afgørende Indflydelse paa Samtidens Fysik. Naar Læren om Energiens Konstans endelig blev forstaaet og trængte igennem, skyldes det efter Fagmænds Anskuelser i Virkeligheden Fysiologen og Lægen HELMHOLTZ's berømte Arbejde: »Über die Erhaltung der Kraft 1847«, der viste, at Princippet om Energiens Konstans kunde udstrækkes til at omfatte alle kendte Kræfter i Fysikken, samt CLAUSIUS's Paavisning af Sammenhængen mellem dette Princip og den anden Hovedsætning i Varmelæren, det saakaldte CARNOT'ske Princip.

Den biologiske Betydning, som Læren om Energiens Kon-

stans har haft, er ganske overordentlig stor. Overført paa Stofskiftelæren betød den, at ikke blot Varmedannelsen, men alle de Kræfter, der optraadte i Organismen og forlod denne, kunde føres tilbage til en eneste Aarsag, nemlig til Forbrændingen, til Omdannelsen af de optagne Næringsstoffer. Det eksperimentelle Bevis for, at Loven om Energiens Konstans gælder for den levende Organisme, blev først ført af RUBNER, der ved sine kalorimetriske Undersøgelser viste, at den Mængde Næring, der forbrændte i et Dyrs Organisme, netop var i Stand til at udvikle saa megen Varme, som Dyret faktisk afgav til Omverdenen, naar dets egen Temperatur forblev konstant. Afgivelsen mellem den af de omsatte Næringsmængder beregnede Varmedannelse og den faktisk fundne Varmeafgift fra Dyret var i Gennemsnit af en hel Række Forsøg, anstillet baade under Hunger og Næringsstilsørsel kun 0.47 %. Siden er dette bleven bekræftet ved talrige Undersøgelser, blandt hvilke Amerikanerne ATWATER'S og BENEDICT'S Arbejder har spillet en fremtrædende Rolle.

Ikke-Biologer vil maaske ofte synes, at disse Undersøgelser har været ret overflødige, da Loven om Energiens Konstans, som RUBNER selv har sagt, bestaar ogsaa uden dem. For Biologien, der værre end al anden Naturvidenskab har lidt under Mysticismens Tryk, har de dog haft en fremragende Betydning. De fjernede den sidste Rest af Mystik fra Stofskifteprocesserne i den levende Organisme. * Vi ved nu med Sikkerhed, at vi ved at bestemme Stofomsætningen tillige kan bestemme, hvor megen Energi der bliver frigjort i Organismen, hvor megen Kraft, der altsaa stilles til dens Disposition til Varme, til mekanisk Arbejde eller til en eller anden Form for Produktion.

RUBNER fandt nu endvidere, at Tilsørsel af en vis Mængde Næring til et hungrende, hvilende Dyr ved almindelig Stuetemperatur meget nær beskyttede en saa stor Mængde Legemsfedt fra Nedbrydning, som var i Stand til ved Forbrænding at levere den samme Mængde Varme som den forøjede Næring, samt at de enkelte Næringsstoffer, ligeledes hos hvilende Dyr, ved almindelig Stuetemperatur erstattede hinanden ved Stofomsætningen i Mængder, der meget nær var lig med de Mængder af dem, der indeholdt samme Energi, altsaa ved Forbrænding kunde levere samme Mængde Varme.

Disse sidste Iagttagelser er det, der udgør RUBNER's bekendte »Lov om de isodyname Værdier«. Senere Undersøgelser har vel vist, at de af RUBNER fundne Talforhold kun gælder under bestemte Forhold, men dette har intet forandret ved Gyldigheden af den almindelige Slutning, RUBNER drog af sine Forsøg: At Organismen altsaa værd-sætter Næringsstofferne efter deres Energiindhold, hvilket igen vil sige, at man kan maale dens Næringsværdi ved den Mængde Energi, som de kan stille til Organismens Disposition, og da Energi maales i Varmeenheder, i Kalorier, kan vi altsaa bestemme et Næringsstofs Næringsværdi i Organismen ved at maale det Antal disponible Kalorier, det kan tilføre Organismen.

Denne Ide er det, der tillader os at samle alle vore ellers usammenhængende Oplysninger om forskellige Næringsstoffers og Næringsstofmængders Virkning og Betydning i Organismen under et fælles Synspunkt, det vi kalder den energetiske Betragtning. Denne betyder altsaa ikke blot, som det ikke saa sjældent antages, at man i den moderne Tid har fundet paa at regne Næringsstoffer om i Kalorier, men den betyder Erkendelsen af, at Organismen ved sine Omsætninger virkelig regner med Næringsstoffernes Energiindhold, at altsaa de kemiske Processers Art i Hovedsagen er ligegyldige, at det, det kommer an paa, i Hovedsagen er, hvor megen Energi der frigøres ved Processerne.

Den hovedsagelige Gyldighed af dette Princip støttes yderligere af den Iagttagelse, at Størrelsen af det hungrende, hvilende Pattedyrs Stofskifte er meget nær proportional med dets Legemsoverflade, altsaa aabenbart staar i bestemt Forhold til Betingelserne for Varmeafgiften for Dyret.

Vi siger imidlertid ogsaa hovedsagelig, thi det maa aldrig glemmes, at den gamle Ide om, at Fodermidlernes Næringsværdi afgjordes af deres kemiske Sammensætning, for saa vidt er rigtig, som et Indhold af en vis Mængde Protein er nødvendigt. Derfor er det, som foran fremhævet, den moderne Ernæringsfysiologis vigtigste Opgave paa alle Omraader at forene den stofflige og den energetiske Betragtning af Omsætningsprocesserne i Organismen.

At Fodermidlerne skal indeholde en vis Mængde Protein betyder, at Organismen altsaa paa dette begrænsede Omraade

regner ikke alene med Energiindhold, men med Tilstedeværelsen af bestemte kemiske Forbindelser. Vor Definition paa Næringsværdi kommer derfor rigtigt udtrykt til at lyde: Ved et Fødemiddels Næringsværdi forstaar vi den Mængde Energi, som det kan stille til Organismens Disposition under Forudsætning af, at dennes Minimumsforbrug af Protein er dækket*).

Dette er faktisk den bedste, den eneste altomfattende Definition paa Næringsværdi, som derfor ogsaa Praksis efterhaanden bør gaa over til at anvende i Erkendelsen af, at Navnene disponible Kalorier, Nettoeffekt, dynamisk Energi ikke er sværere at tale om og regne med end f. Eks. Betegnelsen Foderenheder eller Mælkeproduktionsværdier, og at det altid kun kan være til Nytte for Fodringslæren, at man regner med den samme Enhed for Næringsværdi, som Organismen benytter.

Betydningen af en saadan almindelig Enhed for Næringsværdi fremgaar tydeligt, naar vi vender tilbage til vort Udgangspunkt: Stivelseværdierne.

Gennem KELLNERS Undersøgelser kender vi da nu en stor Mængde Fodermidlers Værdi til Fedning af Kvæg, maalt ved deres Fedtproduktionsevne. Vi ved altsaa ret god Besked om, hvor stor en Mængde af de forskellige Fodermidler vi skal give Kvæget for at faa aflejret en vis Mængde Fedt.

Vender vi os nu imidlertid til Spørgsmaalet om Fodermidlernes Værdi til Vedligeholdelse og Mælkeproduktion og spørger, om de undersøgte Fodermidler har samme Værdi til disse to Funktioner som til Fedning eller en anden, større eller mindre Værdi, er det straks indlysende, at en saadan Sammenligning kun er mulig, naar Maalet for Næringsværdi er fælles. Man kan ikke spørge om et Fodermiddel kan producere lige saa meget Mælk, som det kan aflejre Fedt. Derimod kan man meget vel spørge, om det kan afgive en lige saa stor Mængde Energi til Mælkeproduktion, som det kan afgive til Fedning eller til Vedligeholdelse af Dyret.

*) Det forudsættes naturligvis her, at Behovet af Vand og Salte er dækket. Definitionen gælder kun de organiske Næringsstoffer. Om de anorganiske ved vi foreløbig for lidt.

KELLNER og J. HANSEN har ganske vist begge forsøgt at anvende Stivelseværdierne ved Beregningen af Foder til Mælkeproduktion og har fundet, at Foderstoffer lader sig ombytte i Malkekoens Foder efter deres Stivelseværdier, uden at Mælkeproduktionen forandres nævneværdigt. I Virkeligheden betegner disse Undersøgelser imidlertid ikke noget Fremskridt fremfor f. Eks. vor Foderenhedsberegning, idet Enheden igen er vilkaarligt valgt, og den Virkning, man bruger til Maal for Næringsværdi til Mælkeproduktion, faktisk fysiologisk set ikke har noget med Mælkesekretionen at gøre. Man kan ikke paa fysiologisk Grundlag beregne et Fodermiddels Næringsværdi til Mælkeproduktion i Stivelseenheder, fordi man faktisk opererer med uensbenævnte Størrelser. Det rigtige er derfor utvivlsomt at benytte den Enhed, der til syvende og sidst dog ligger skjult i Stivelseværdien, nemlig Maalet for Energi og da altsaa udtrykke, hvor mange disponible Kalorier et Fodermiddel kan tilføre Organismen til Vedligeholdelse, til Arbejde, til Dannelse af Fedt og til Mælkeproduktion.

Nettoeffekten, den dynamiske Energi, bliver da altsaa den Mængde af Næringsstoffets Energi, der kan gaa over i Grundstofskiftet, eller kommer ud i mekanisk Arbejde, Fedt eller Mælk. I denne Betragtning er alle Størrelser ensbenævnte og kan sammenlignes, og den kan, naar der tages Hensyn til, i hvilket Forhold Fodermidternes Kvælstof indgaar i den nødvendige N-Omsætning i Organismen, udstrækkes universelt.

Den moderne energetiske Betragtning kræver imidlertid endnu en yderligere Forklaring for ikke at misforstaaes.

Indenfor de Kredse, hvor man har forstaaet, at den ikke alene bestaar i at regne Næringsstoffer om i Kalorier, men faktisk grundes paa Organismens fysiske Konstitution, er den da ofte i større eller mindre Udstrækning bleven identificeret med RUBNER's Lov om de isodyname Værdier, hvilket navnlig indenfor Husdyrbrugets Ernæringslære har affødt ikke ringe Forvirring.

RUBNER selv har straks i sine første Arbejder hævdet, at den isodyname Erstatning var fundet under visse bestemte Omstændigheder. Til Brug for sine Undersøgelser har han imidlertid som almindeligt bekendt bestemt den Varmemængde,

som de enkelte Næringsstoffer kan udvikle ved Forbrænding i Organismen. Ved Forbrænding af Fedt og Kulhydrat er det nøjagtigt den samme, som udvikles ved Forbrænding i en kalorimetrisk Bombe. For Proteinstoffernes Vedkommende er det Differensen mellem den Varmedannelse, der findes i den kalorimetriske Bombe og Forbrændingsvarmeu af de N-holdige Stoffer, der udskilles i Urinen og Gødningen. Saaledes bestemt fandt RUBNER, at de tre forskellige Slags Næringsstoffer pr. g maatte kunde præstere følgende Varmemængde ved Forbrændingen i Organismen:

1 g Fedt : 9.46 Kal.

1 g Protein: 4.10 Kal.

1 g Stivelse: 4.18 Kal.

Da RUBNER ved sine Undersøgelser over Loven om Energiens Konstans havde vist, at Organismen faktisk ved Forbrænding af disse Stoffer afgiver den Varmemængde, som kunde beregnes af disse saakaldte Standardtal, syntes det pludseligt, som om Ernæringslærens gamle Drøm om at kunne beregne de forskellige Næringsmidlers Næringsværdi af deres Indhold af fordøjelige Næringsstoffer, nu var gaaet i Opfyldelse, og dette gav Anledning til, at Loven om de isodyname Værdier blev givet en i Virkeligheden ganske uberettiget Udstrækning, som den desværre har bibeholdt helt op i vore Dage.

Man oversaa, at Standardtallene vel tillader at beregne, hvor megen Energi der kan frigøres i Organismen, men ikke hvor meget af denne Energi, der kan stilles til Organismens Disposition til Vedligeholdelse eller til en eller anden Form for Produktion.

Der tales og skrives den Dag i Dag om, at et Næringsstof i al Almindelighed erstatter isodyname Mængder Fedt, at et bestemt Energiforbrug f. Eks. ved en eller anden Form for Produktion dækkes af en bestemt angiven Mængde fordøjeligt Næringsstof, ganske som om dette var noget, der gjaldt uafhængigt af de forskellige fysiologiske Betingelser, hvorunder Organismen lever.

Og dog har denne Lære om den isodyname Erstatning kun en meget begrænset Gyldighed.

Vi har foran omtalt, at de forskellige Næringsstoffer ved

Optagelsen i Organismen alle bevirker en Stigning af Stofskiftet, vel væsentlig hidrørende fra Fordøjelsesarbejdet. Denne Stigning betyder som antydnet kun en forøget Varmedannelse i Organismen, den frigjorte Energi bliver ikke omsat i produktivt Arbejde.

I alte Tilfælde, hvor Organismen ikke har Brug for den producerede Varme, repræsenterer denne et direkte Tab af Energi.

Det er da indlysende, at en isodynamisk Ombytning af to Næringsstoffer kun kan finde Sted, naar Energiforbruget ved Fordøjelsen er det samme for dem begge, eller under den ganske bestemte Betingelse, at Organismen har Brug for al den ved Fordøjelsesarbejdet frembragte Varme, saaledes at selv et Stof, der giver et stort Fordøjelsesarbejde, dog ikke bevirker nogen unyttig Varmedannelse. Under disse Omstændigheder gælder RUBNER'S Lov, ellers ikke!

Vi føres herved ind paa en Behandling af en anden af de Tanker, der ligger til Grund for hele det moderne Syn paa Stofskiftetsfysiologien, nemlig den Idé, at man for at forstaa Reglerne for Energiomsætningen til Bunds maa søge en Forening af Stofskiftelæren med Læren om Varmeregulationen.

Det er en almindelig bekendt Sag, at de saakaldte varmblodede Dyr er i Stand til indenfor visse Grænser at holde deres Egentemperatur uafhængig af Omgivelsernes. Indenfor et ganske snævert Temperaturinterval sker denne Regulation alene ved rent fysisk-mekaniske Midler. Naar Omgivelsernes Temperatur stiger, udvides Hudkarrene, og der sker en forøget Vandfordampning fra Hudoverfladen, hvorved en stor Mængde Varme føres bort fra Organismen.

Synker den omgivende Temperatur, vil Hudkarrene kontraheres saaledes, at Blodet i større eller mindre Udstrækning drives bort fra Hudoverfladen ind mod de indre Organer (særligt Leveren og Tarmkanalen), hvis Karsystem samtidig udvides. Bliver Temperaturen i Omgivelserne ved at synke, kommer der imidlertid et Punkt, hvor denne rent fysiske Regulation ikke længere slaar til. Dyret kan ikke mere beskytte sig tilstrækkeligt mod Varmeafgift ved Kontraktion af sine Hudkar. Det maa fra nu af producere mere Varme for at holde sin Egentemperatur oppe. Den Temperatur, hvorunder

denne forøgede Varmedannelse finder Sted, kalder vi den kritiske Temperatur. Fra dette Punkt sker der en Stigning af Dyrets Stofskifte alene for Varmeproduktionens Skyld.

Har vi nu at gøre med et hungrende Dyr, vil dette som bekendt nedbryde Stoffer af sin egen Krop. Befinder det sig ved den kritiske Temperatur, indenfor det Interval, hvor Varmeregulationen kun sker ved fysiske Midler, vil det kun nedbryde saa meget Stof, specielt Fedt, som medgaar til at dække de for Livet aller nødvendigste Omsætninger i dets Organisme. Ligger Omgivelsernes Temperatur imidlertid under den kritiske Temperatur, vil det nedbryde Legemsvæv ogsaa for at producere Varme.

Tilfører man nu et saadant Dyr Næring, vil Stofskiftet forblive uforandret, indtil man har tilført en saa stor Mængde, som er i Stand til at frigøre netop saa meget Varme, som Organismen mangler, idet det hidtil for Varmedannelse nedbrudte Legemsfedt nu vil spares. Under den kritiske Temperatur, hvor den samlede frigjorte Energi til sidst kommer ud som Varme, vil Næringsstofferne altsaa erstatte hinanden i isodyname Mængder. Er der nedbrudt f. Eks. 100 g Legemsfedt for Varmedannelse, vil dette nøjagtig erstattes af 100 g Næringsfedt eller af 227 g Stivelse. Under denne Grænse gælder altsaa RUBNER'S Lov.

Befinder det sultende Dyr sig imidlertid over den kritiske Temperatur, hvor den Varmedannelse, der hidrører fra Grundstofskiftet, i sig selv er tilstrækkelig til at dække dets Varmeforbrug ved Egentemperaturen, vil enhver Næringsoptagelse bewirke en unyttig Forøgelse af Varmedannelsen i Kroppen, og Forøgelsen vil netop svare til den Stofskiftestigning, som Arbejdet ved Fordøjelsen og Omsætningen medfører. Denne Varmemængde, som RUBNER kalder den specifikke dynamiske Virkning, gaar tabt, fordi den ikke længere beskytter noget Legemsfedt fra Hænfald; og da de forskellige Næringsstoffer giver en forskellig Stofskiftestigning, vil altsaa en forskellig Procentdel af den Energi, de hver for sig kan frigøre i Organismen, gaa tabt som Varme og saaledes unddrages Anvendelsen til Dækning af Grundstofskiftet.

Følgen er da, at man for at dække Hungerstofskiftet og helt hindre Nedbrydning af Legemsfedt, maa tilføre mere

end den isodyname Mængde Næring, nemlig saa meget mere, som dækker Energitabet ved Fordøjelse og Omsætning.

For de rene Næringsstoffer fandt RUBNER, at man for at dække en Hungeromsætning paa 100 Kal. over den kritiske Temperatur, maa tilføre Organismen følgende Energimængder i de 3 Næringsstoffer: Kød, Fedt og Rørsukker.

	Kal.	Overskud	Specifikke dynam. Virkn. %
Rent Kød: 140.2		+ 40.2	30.9 %
Fedt : 114.5		+ 14.5	12.7 %
Rørsukker: 106.4		+ 6.4	5.8 %

Altsaa over den kritiske Temperatur lader en energetisk Balance sig ikke opretholde, hvis man ombytter en vis Mængde Fedt med isodyname Mængder Protein eller Kulhydrat, men kun hvis den ombyttes med Mængder, der staar i samme Forhold til dens Energiindhold, som de her anførte Tal 106.4 og 140.2 staar til 114.5. Disse Tal er da Erstatningstallene over den kritiske Temperatur. Under denne sker Erstatningen efter isodyname Værdier, saa snart Temperaturfaldet er saa stort, at Varmedannelsen ved Fordøjelses- og Omsætningsarbejdet ikke overstiger den Varmeproduktion, Organismen er nødt til at præstere for at holde sin Egentemperatur konstant. Det følger heraf, at da Kød giver den største Stofskiftestigning, vil Loven om den isodyname Erstatning for dette Stof først gælde ved lavere Temperaturer end for Fedt. For Kulhydrat, hvor Stofskiftestigningen er ringe, gælder den isodyname Erstatning straks under den kritiske Temperatur. For øvrigt er Stigningen for dette Stofs Vedkommende saa ringe, at man i Praxis næppe vilde begaa betydningsfulde Fejl ved at regne med Gyldigheden af den RUBNER'ske Lov, i hvert Fald for saa vidt det drejer sig om at beskytte Legemsfedt fra Henfald ved Tilførsel af Kulhydrat.

Da man under praktiske Forhold i Reglen kan regne med, at »den omgivende Temperatur« som Følge af Haarbeklædning, Klæder, kunstig Opvarmning o. s. v. ligger ved eller over de paagældende Dyrs kritiske Temperatur, ses det, at vor Viden om Varmeregulationens Betydning for Stofskiftet om muligt endnu tydeligere, end det før blev fremstillet, viser, at det ogsaa i Praxis er nødvendigt at tage Hensyn til Stof-

skiftestigningen ved Fordøjelses- og Omsætningsarbejdet, at altsaa en Beregning af Næringsværdi alene ud fra de fordøjede Stoffers Forbrændingsvarme ikke er tilladelig. Under almindelige Forhold kan Næringsstofferne ikke ombyttes i Foderet efter deres isodynamie Værdier uden at den energetiske Balance forrykkes. Og dette gælder saa meget mere, naar vi har med Planteædere at gøre, fordi Fordøjelsesarbejdet her ikke alene retter sig efter Indholdet af de forskellige Næringsstofgrupper, men ogsaa efter selve Foderets fysiske Karakter.

Videre er det klart, at jo mere æggehviderigt et Fodermiddel er, desto større Fejl begaar man ved at regne med isodynam Erstatning, og endelig er det indlysende, at man ved alle Bestemmelser af Næringsværdi maa tage Hensyn til Temperaturen og i Virkeligheden bør angive ved hvilken Temperatur Bestemmelsen er udført, eller i det mindste om den er udført indenfor det Interval, hvor Varmeregulationen kan ske alene ved fysiske Hjælpemidler.

Indenfor den menneskelige Ernæringslære har den energetiske Betragtning siden RUBNER'S Undersøgelser været anlagt anlagt overalt, og de amerikanske Forskere har alle nu akcepteret den baade for Laboratorierne og Husdyrbrugets Praksis. ARMSBY og FRIES har paa dette Grundlag prøvet, om KELLNER'S Stivelseværdier omregnet i udnyttelig Energi passede, naar Foderstofferne anvendtes til Vedligeholdelse. Resultatet er foreløbig blevet det ret ejendommelige, at koncentrerede Foderstoffer, Kraftfoder, synes at have samme Næringsværdi til Fedning som til Vedligeholdelse, medens derimod Raafoderstoffer som Timothehø og Kløverhø viser større Udnyttning til Vedligeholdelse end til Fedning. For Raafoder synes da altsaa KELLNER'S Udnytningsværdier, som de angives af Stivelseværdierne, at være for lave, naar der er Tale om Anvendelse til Vedligeholdelse.

At komme nærmere ind paa en Forklaring af disse Forhold, samt en Redegørelse for de amerikanske Landbrugsforskeres Terminologier for de forskellige Former af Energiforbrug vilde føre os for vidt i denne Afhandling, og vel

ogsaa være forhastet, da det endnu ikke kan overses, hvilke Betegnelser der er de mest anvendelige.

Imidlertid er det almindeligt bekendt, at vi nu gennem KELLNER's og Amerikanernes Undersøgelser ved nogenlunde Besked med, hvor stor en Mængde af de forskellige Næringsstoffer og deri indeholdt Energi en Tyr, en Stud og Dels en Goldko skal bruge til Vedligeholdelse, og gennem KELLNER's og flere af vore hjemlige Forsøg ved, hvor meget de samme Dyr skal have for at kunne aflejre en vis Mængde Fedt. Derimod er det lige saa bekendt, at vi staar ret famlende, saa snart det drejer sig om Malkekvæg. Det er ganske karakteristisk, at medens vi har fuldt op af Erstatningstal, Stivelseværdier og Mælkeproduktionsværdier at regne med, naar vi vil ombytte de forskellige Foderstoffer men hinanden, griber alle Forfattere, KELLNER, Forsøgslaboratoriet, NIELS HANSSON, HAECKER, ARMSBY og GOLDSCHMIDT, naar det gælder at besvare det fundamentale Spørgsmaal om, hvor meget af de forskellige Næringsstoffer eller, i fuldt moderne Sprog, hvor meget Protein og Energi, der skal tilføres en Malkeko, naar den leverer en vis Mængde Mælk, tilbage til Værdier, der er vundet ved, at man har prøvet sig frem i Praksis. En eksakt Fastsettelse af, hvor meget disse Dyr virkelig bruger til deres Mælkeproduktion, mangler faktisk ganske. Vi har Forsøg af HENNEBERG, KÜHN og KELLNER over Kvælstof og Kulstofbalancer hos Malkekøer, men en virkelig rationel Maaling af, hvor meget disse Dyr skal bruge til Produktion af forskellige Mængder Mælk under forskellige Omstændigheder, foreligger ikke, og spørger vi om Næringsværdi og dermed altsaa om Udnyttningen af de enkelte Fodermidler til Mælkeproduktion, har vi kun Teori, intet objektivt at støtte os til, fordi vore Erstatningstal ikke refererer sig til en Enhed, hvis Udnyttning vi har maalt.

Naar hertil yderligere kommer den Omstændighed, at man, som foran omtalt, ikke kan lægge de simple Fordøjelseskvotienter til Grund for Bedømmelsen af Fodermidlernes Udnyttning i Tarmkanalen, men ogsaa maa maale den dannede CO_2 og CH_4 , vil det ikke synes mærkeligt, at det danske Forsøgslaboratorium nu forsøger ved Respirationsapparatets Hjælp at skaffe sig lige saa eksakte Værdier for Fodringsnormer til Malkekvæg og for Fodermidlernes Nærings-

værdi til Mælkeproduktion, som vi gennem KELLNER's, ARMSBY's og ZUNTZ's Undersøgelser har for ikke malkende Kvæg til Vedligeholdelse og til Fedtproduktion.

Nu er det jo, som jeg allerede foran har antydnet, saaledes, at man ved ethvert Forsøg paa at løse de to omtalte Problemer, om Fodringsnormer til Malkekqvæg og om de enkelte Næringsstoffers Handelsværdi ved Mælkeproduktionen, kommer til at arbejde med nogle af de mest komplicerede Forhold, Fysiologien rummer. Der er derfor til en Begyndelse ikke andet at gøre end at søge at borteliminere en Del af de Faktorer, der gør sig gældende, og først søge at løse Problemerne med en bestemt Begrænsning for paa denne Maade at faa eksakte Værdier, selv om disse kun kommer til at gælde for en ganske bestemt Problemstilling.

I 1914 har H. MØLLGAARD i »Tidsskrift for Landøkonomi« udkastet Hovedtrækkene af en Plan for saadanne Forsøg.

Planen gik i Hovedsagen ud paa at simplificere Problemet ved i første Linie at spørge om, hvor stort Minimumsforbruget af Protein og Energi ved Produktionen af 1 kg Mælk vel kan være eller, for at anlægge den stofflige Betragtning, hvor meget N-holdigt og N-frit Næringsmateriale en Malkeko af en vis Legemsvægt skal resorbere, for at holde sig i Ernæringslignevægt og producere 1 kg Mælk, altsammen gældende for bestemte definerede Omstændigheder, nemlig en bestemt Korace, en bestemt Mælkemængde, et bestemt Tidspunkt i Laktationsperioden og endelig for Dyret i relativ Hvile. Ved denne Problemstilling elimineres Spørgsmaalet om Tårmgæringen foreløbig, idet det alene gælder Resultatet af Fordøjelsen og ikke selve Omsætningen i Kroppen.

I Energiomsætningen hos den hvilende Malkeko medgaar imidlertid ogsaa Værdier for selve Fordøjelsen og Omsætningsarbejdet, saaledes som det fremgaar af den foregaaende Udvikling.

Da dette Arbejde ikke er lige stort for alle Foderstoffer, vil man paa Forhaand indvende mod den anførte Problemstilling at den ikke giver nogen almindelig Løsning, idet de ved et Forsøg fundne Værdier kun gælder for de Foderstoffer, der er anvendt ved dette.

Imidlertid er Forholdet nu det, at en stor Del af Foder-

stofferne faktisk giver meget nær samme Fordøjelses- og Omsætningsarbejde for den samme Mængde resorberet N-holdig og N-fri Næring. Det er saaledes bekendt, at KELLNER ved sine Undersøgelser over Stivelseværdierne viste, at man for Mel og Bomuldsfrø, Jordnødder, Palmekager og Linoliekager finder næsten Overensstemmelse mellem den af det resorberede Protein, Fedt og Kulhydrat (inkl. fordøjet Raacellestof) beregnede Fedtaflejring og den virkelig ved Dyreforsøget observerede. Den største Afvigelse udgjorde 2 % af den beregnede Værdi. KELLNER's »Wertigkeits-Faktor« er for Bomuldsfrøkager af afskallede Frø 97, for Jordnødkager 98, for Linoliekager 97, for Palmekager 100, for Sesamkager 97, for Soyabønner 98 og for Rapskager og Solsikkekager 95.

Da KELLNER's »Wertigkeits-Faktor« i Virkeligheden angiver, hvor stort et Fordøjelsesarbejde de enkelte Foderstoffer fordrer ud over det, som kan beregnes af deres Indhold af de forskellige Næringsstofgrupper, ses det, at man for de almindelige Kraftfoderstoffers Vedkommende med Undtagelse af de to sidstnævnte ikke vil begaa nogen praktisk betydningsfuld Fejl ved foreløbig at regne med, at de kan erstatte hinanden hinanden efter deres Indhold af fordøjelige N-holdige og N-fri Næringsstoffer, naar man blot sørger for, at Dyrets Behov af Protein altid er dækket.

Ved et nogenlunde fornuftigt Valg af Grovfoderet (f. Eks. Roer og Halm) vil man da kunde opnaa, at de vundne Resultater kan gives en ret vid Udstrækning, idet de med tilstrækkelig Tilnærmelse vil gælde for det undersøgte Grovfoder og flere Slags forskelligt Kraftfoder.

Gaar man derimod fra et Grovfoder til et andet, kan Fordøjelsesarbejdet og derved Energitabet naturligvis blive et helt andet. Forsøgene maa da gøres om for de vigtigste Grovfoderarter, saafremt man da ikke kan finde et fælles Synspunkt for hele Spørgsmaalet, hvad jeg ikke anser for helt umuligt.

Naturligvis er det den endelige Opgave saa vidt muligt at fjerne ogsaa andre Unøjagtigheder, men som allerede tidligere antydnet, har Praksis ingen som helst Interesse af at regne med forskellige Energitab for de forskellige Fodermidler i de Tilfælde, hvor Forskellene er saa smaa, at de falder indenfor de Variationer, de forskellige Dyrs Stofskifte frembyder, naar Foderet og Mælkeproduktionen er konstant, en Regel, som

man for øvrigt uden Skade kunde tage sig til Indtægt paa en Del Laboratorier.

Det er da indlysende, at ligesom man kan maale Energiomsætningen ved Muskelarbejde ved at sammenligne Stofskiftets Størrelse hos samme Individ under Hvile og under forskellige Grader af Muskelarbejde, saaledes kan man ogsaa maale de tilsvarende Størrelser for Mælkekirtlens Arbejde ved at sammenligne Stofskiftet hos samme hvilende Ko i gold Tilstand og under forskellige Mælkeydelser paa forskellige Tidspunkter i Laktationsperioden.

Ved at undersøge tilstrækkelig mange Køer, vil man indenfor visse Grænser kunne drage almindelige Slutninger af Forsøgene, ligesom for Muskelarbejdets Vedkommende. Sammen med Bestemmelsen af Mælkeproduktionens Størrelse og Energiomsætningen faas ved en bestemt Forsøgsanordning tillige Udnyttningen af de enkelte Foderstoffers »omsættelige Energi«, og hermed er det første Skridt gjort til Bestemmelsen af deres Værdi til Mælkeproduktion. Helst skulde ogsaa Forsøgslaboratoriets Erstatningstal kunne anvendes, naar Udgangspunktet er fastslaaet. Et Forhold kommer man dog selvfølgelig ikke ud over, nemlig det, der beror paa, at medens et Muskelarbejdes Størrelse er uafhængig af den tilførte Næringsmængde, er Mælkekirtlens Ydelse i høj Grad afhængig heraf, saaledes at et stort Mælkeproduktionsarbejde kun opretholdes, naar der tilføres tilstrækkelig Næring til at dække de dermed forbundne Udgifter. Dette Forhold bevirker naturligvis, at et Dyr maa resorbere mere Næring, naar det giver en stor, end naar det giver en lille Mælkemængde, og altsaa ogsaa udføre et større Fordøjelsesarbejde for at levere den store Mælkemængde. Men det betyder igen, at den Forøgelse af Energiomsætningen, som følger med en Forhøjelse af Mælkeproduktionen, altid, naar den bestemmes paa den ovenfor angivne Maade, tillige indeholder Værdien for Stofskiftets Stigning som Følge af det forøgede Fordøjelsesarbejde.

For denne Værdi kan man til en vis Grad korrigere gennem Undersøgelser af Fordøjelsesarbejdets Størrelse ved forskellige Mængder af samme Foderblanding hos Goldkøer. For den praktiske Brugbarhed af Forsøgene spiller dette Moment imidlertid ikke nogen Rolle, da man i Praksis faktisk for den højere Mælkemængde maa betale ikke blot den Fodermængde,

der kræves til at fremstille Tilvæksten i Mælkemængden, men ogsaa den, der medgaar til at levere Energien til det forøgede Fordøjelsesarbejde. Denne sidste Værdi medgaar i Praksis altid i Omkostningerne ved Produktionen af den større Mælkemængde.

Nu er det imidlertid klart, at hvis Forsøgenes Resultater, som foran omtalt, skal kunne generaliseres, betyder det, at de maa kunne udstrækkes til at gælde forskellige Dyr, ikke blot med forskellig Mælkeydelse, men med forskellig af denne Ydelse uafhængig Stofskifteintensitet, idet det er almindelig kendt, at Malkekøers Energiforbrug, som andre Dyrs, kan frembyde Forskelle i Størrelse af flere Grunde, som intet har med Mælkekirtlens Virksomhed at gøre.

Men dette betyder igen, at vi i hvert Fald maa kunne skille det Energiforbrug, der er afhængigt af Mælkesekretionen, fra hele det øvrige. Paa den første Del af Energiforbruget kan vi ved Beregningen af Foderet til Dyret anvende de Værdier, vi finder for Minimumsproteinforsbruget og Minimumsenergiomsætningen ved Mælkeproduktionen, paa den anden Del derimod ikke.

Vi maa altsaa, som forøvrigt almindelig kendt, finde en brugelig Inddeling af Energiforbruget og dermed af Foderet i fysiologiske Grupper efter den Anvendelse, der gøres af det i Organismen.

I Almindelighed plejer man i Stofskitefysiologien at dele Stofskiftet i to fysiologiske Hovedgrupper: Grundomsætningen og Funktionstilvæksten.

Ved Grundomsætningen forstaas da det Minimum, som Stofskiftet har, naar samtlige Organer, undtagen netop dem, hvis vedvarende Virksomhed er absolut nødvendig for Livets øjeblikkelige Opretholdelse (f. Eks. Respirationsmuskler, Hjerte, Nervesystem), er i Hvile.

Til Funktionstilvæksten regnes i Almindelighed ogsaa Stofskiftetigningen ved Fordøjelsesarbejdet. Dette Synspunkt kan anlægges for de Pattedyrs Vedkommende, som ikke er Drøvtyggere, og navnlig meget vel for de kødædende Dyr, idet Fordøjelsen her forløber indenfor visse overskuelige Tidsrum af Døgnet.

For Drøvtyggernes Vedkommende er en saadan Betragtning

derimod i Virkeligheden umulig at gennemføre, idet disse Dyr som Følge af deres Mavetarmkanals komplicerede Bygning og Funktion i Grunden befinder sig i et permanent Fordøjelsesarbejde. Ganske vist er der Remissioner i dette Arbejde, men det vil altid være yderst vanskeligt at afgøre, hvornaar de indtræder, og hvor længe de varer.

Det er muligt, at man ved en bestemt Forsøgsanordning rent matematisk kan udlede den virkelige Grundomsætning hos disse Dyr. Men lykkes dette ikke, er der vistnok ingen anden Mulighed end for Drøvtyggernes Vedkommende at regne Fordøjelsesarbejdet pr. 24 Timer med som et uundgaaeligt Led i Grundomsætningen. Hvis man saa ved 24 Timers Respirationsforsøg finder en Stofskiftestigning, der har sin Grund i, at et givet Foder giver større Fordøjelsesarbejde (heri indbefattet Tyggearbejdet) end et andet, maa man føje Stigningens Værdi til som en Korrektion for Grundstofskiftets Størrelse, idet man tager sit Udgangspunkt fra dets Værdi ved Fodring med det lettest iordøjelige Foder.

Endvidere maa vi af praktiske Grunde medregne i Grundstofskiftet Omsætninger ved en vis rimelig Grad af Muskelarbejde, der under normale Forhold vil være nogenlunde lige store fra Døgn til Døgn og hidrører fra uundgaaelige Legemsbevægelser, væsentlig bestaaende i, at Dyret rejser sig op og lægger sig ned samt bevæger sig lidt i Stedet.

Sammenfatter vi da foreløbig den Mængde Protein og Energi, en Drøvtygger bruger til at bestride sine Funktioner i relativ Hvile indbefattet Fordøjelsesarbejdet, under én fysiologisk Kategori, som vi kalder Vedligeholdelsesstofskiftet, saaledes som jeg har gjort det i en tidligere Afhandling, vil en Funktionstilvækst for en Malkeko under praktiske Forhold kun skyldes følgende Faktorer: Muskelarbejde, Mælkesekretion Graviditet og Fødsel.

Ser vi foreløbig bort fra Spørgsmaalet om Anvendelsen af Malkekøer til mekanisk Arbejde, har vi kun at gøre med de tre sidste Faktorer. Af disse giver Fødselsarbejdet sikkert en voldsom Stigning af Stofskiftet, der let kan bestemmes, men kun repræsenterer en periodisk tilbagevendende, kortvarig Stigning, som vi kan se bort fra, naar Talen er om almindelige Regler for Fodring af malkende Kvæg. Tilbage har vi da Graviditet og Mælkesekretion.

I almindelig Praksis er det, som bekendt, brugt at regne den samlede Mængde Foder, en Malkeko bruger udover sit Vedligeholdelsesfoder, ind under een fysiologisk Gruppe, Produktionsfoderet, hvis Størrelse man saa beregner proportional med Mælkemængden. I den foran omtalte Afhandling har MØLLGAARD vist, at denne Betragtningssmaaede ikke er holdbar. Der blev derfor foreslaaet en Inddeling af Foderomkostningerne ved Mælkesekretionen i hvert Fald i 2 Grupper, en, som bibeholdt Navnet Produktionsfoder, og som omfattede den Mængde Næringsstof, der direkte anvendes til Mælkedannelsen (gaar ud i Mælken som Mælkestoffer), og som derfor altid vil være direkte proportional med den dannede Mælkemængde med gennemsnitlig Sammensætning; og en anden, der benævnedes Arbejdsfoderet, og som omfattede den Mængde Næringsstof, der medgaar til at levere selve Energien til Mælkesekretionsarbejdet, heri indbefattet Stofskiftetigningen som Følge af den af Mælkesekretionen afhængige Forøgelse af Fordøjelsesarbejdet (sml. foran Side 197).

Denne Inddeling maa under alle Omstændigheder følges, til vi ved, i hvilket Forhold Energiforbruget ved Mælkesekretionen staar til Mælkens Mængde og Indhold af faste Stoffer. Men den er ikke tilstrækkelig i Praksis, idet Dyrene her i Almindelighed vil være drægtige igennem den største Del af Laktationsperioden. Foruden Mælkesekretionen har vi da altsaa at gøre med et stadig voksende Foster, der for det første bruger en stor Mængde N-holdigt Stof, men for det andet, hvis det forholder sig som andre Pattedyrfostre, fra Midten af Drægtighedstiden har et selvstændigt Stofskifte, der pr. Kilogram Legemsvægt er lige saa stort som Moderdyrets. Trækker vi altsaa Vedligeholdelsesfoder plus Produktionsfoder fra en given malkende Kos samlede Foderforbrug, bliver der tilbage en Størrelse, der dels rummer Omkostningerne ved Mælkedannelsen og dels Omkostningerne ved Fosterets Vækst og Stofskifte. Da disse sidste ikke er smaa og ikke staar i noget som helst Forhold til Mælkekirtlens Virksomhed, maa de udskilles som en særlig Kategori, hvis Størrelse maa bestemmes for sig og beregnes efter Fosterets Størrelse paa det givne Tidspunkt. Den Stigning, som Stofomsætningen lider som Følge af Fosterets Vækst og Udvikling, kalder vi Drægtigheds-

stigningen, og de Foderomkostninger, som den betinger, Drægtighedsfoderet.

Vi faar da 4 Kategorier, hvis Antal maaske kan formindskes i Praksis (det vil Forsøgene vise), men som altid maa holdes afsondrede ved enhver rationel Undersøgelse over Fodring af Malkekvæg.

- 1) Vedligeholdelsesfoderet = Den Mængde Næringsstoffer, der bruges ved Funktionerne i relativ Hvile, indbefattet Fordøjelsen.
- 2) Produktionsfoderet = Den Mængde Næringsstoffer, der udskilles i Mælken som Mælkestoffer.
- 3) Arbejdsfoderet = Den Mængde Næringsstoffer, der bruges til at levere Energien til Mælkesekretionen og den af denne direkte afhængige Forøgelse af Fordøjelsesarbejdet.
- 4) Drægtighedsfoderet = Den Mængde Næringsstoffer, Fostret bruger for at vokse og dække sit eget Stofskifte.

Et Maal for Energiomsætningen eller, hvad der altsaa er det samme, for Omsætningen af N-holdige og N-fri Næringsstoffer faar vi ved at bestemme den Mængde O_2 , der optages, og den Mængde CO_2 , der udskilles gennem Dyrets Lunger, samt den Mængde C og N, der udskilles i Urin og Mælk. Paa Grundlag af disse Data kan vi i Hovedsagen beregne Stofomsætningens Art og Omfang.

For at Stofskifteforsøget imidlertid skal give Værdierne for Minimumsomkostningerne ved Mælkeproduktionen, kræves der, som MØLLGAARD udførligt har gjort Rede for i den foran omtalte Afhandling, og som det for øvrigt er umiddelbart indlysende, visse bestemte Arbejdsbetingelser, nemlig følgende:

- 1) Dyret skal befinde sig nær ved N-Minimum.
- 2) Dyret skal være i N-Ligevægt.
- 3) Dyret skal være i Kalorieligevægt.
- 4) Dyret skal holde sin Mælkemængde konstant inden for den ret lange Forsøgstid.

De to første og den sidste af de nævnte Betingelser maa altid opretholdes saa nær som muligt. Derimod er Kravet om fuldkommen Ernæringslignevægt ikke saa absolut, naar der foretages en eksakt Bestemmelse af O_2 -Forbrug og CO_2 -Udskilning, idet vi herigennem, naar de andre Betingelser er opfyldt, faar et Maal for Omsætningen af de N-fri Næringsstoffer, uafhængigt af, om der aflejres eller tabes lidt Fedt fra Dyrets Krop. Betydelige positive Afvigelser fra Kalorielignevægten med Aflejring af store Mængder N-frit Stof giver dog naturligvis for høje Værdier for den af Mælkeproduktionen afhængige Energiomsætning, væsentlig fordi Fordøjelsesarbejdet stiger. Da det tillige, som foran antydte og senere nærmere omtalt, altid er meget ønskeligt at kontrollere ethvert stofligt Balanceforsøg ved en direkte Opgørelse af den kaloriske Balance for Dyret, og denne Kontrol, for at være effektiv, i Grunden kræver Ernæringslignevægt, bør man trods de store Besværligheder, man paa Grund af Vanskeligheden ved en udstrakt Anvendelse af rene, koncentrerede Næringsstoffer netop ofte møder ved Forsøg med Drøvtyggere, dog saa vidt muligt søge ogsaa at realisere Kalorielignevægten.

Samler vi nu alt, hvad vi har sagt i det foregaaende, stiller da ethvert Forsøg paa en rationel Løsning af Spørgsmaalet om Minimumsudgifterne af N-holdige og N-fri Næringsstoffer ved Mælkeproduktionen Fordring om følgende Undersøgelser til den videnskabelige Teknik.

- 1) En Bestemmelse af N i samtlige indfodrede Næringsstoffer og samtlige faste og flydende Stofskifteprodukter.
- 2) En Bestemmelse af C i samme Udstrækning som N-Bestemmelsen.
- 3) En Bestemmelse af den O_2 , der optages gennem Lungerne.
- 4) En Bestemmelse af den CO_2 , der udskilles gennem Lungerne.
- 5) En Bestemmelse af Energiindholdet i Foder og Stofskifteprodukter, til Brug ved Kontrollen af den stoflige Balance.
- 6) Endelig er det for den nærmere Udredning af Stofskiftets Detailler ønskeligt at foretage en Adskillelse af

den totale Mængde N i N fra »Renprotein« og N fra andre kvælstofholdige Stoffer, samt at udføre en Bestemmelse af Foderets og visse Stofskifteprodukters Indhold af enkelte andre større Næringsstofgrupper (Fedt, Sukker, Stivelse, Cellulose o. s. v.).

Et Hovedpunkt i denne Sammenstilling er Bestemmelsen af det respiratoriske Stofskifte (den optagne O_2 og den udskilte CO_2). Da der ved Gæringsprocesserne i Tarmkanalen, foruden brændbare Luftarter, dannes betydelige Mængder af CO_2 , kræver en nøjagtig Bestemmelse af det respiratoriske Stofskifte en saa vidt mulig fuldkommen Adskillelse mellem Tarmluft og Lungeluft, der under almindelige Forhold blandes allerede i Dyrets Mundhule.

Vi kan altsaa i vore teoretiske Betragtninger kun da skyde Tarmgæringsprocesserne hen i anden Linie, saaledes som det var Meningen efter den foran udviklede Plan, naar vi teknisk er i Stand til at skille dem ud fra Dyrets respiratoriske Stofskifte.

Denne Adskillelse tillige med en eksakt Bestemmelse af den forbrugte Mængde O_2 bliver da i Virkeligheden Hovedopgaverne ved Bygningen af et moderne Respirationsapparat til Stofskifteundersøgelser paa Drøvtyggere. For saa vidt det drejer sig om mælkegivende Dyr, kommer dertil en tredje Opgave, der repræsenteres af Spørgsmaalet om Gennemførelsen af en fuldt paalidelig Malkning uden Forstyrrelse af Stofskifteforsøget, et Problem, hvis Løsning naturligvis er absolut nødvendig for Forsøgenes Gennemførelse.

I det følgende skal vi nu give en Fremstilling af, hvorledes vi har løst de foreliggende Opgaver ved Indretning af det Respirationsapparat, til hvis Bygning der bevilgedes Forsøgslaboratoriet de nødvendige Pengemidler paa Finansloven 1914—15, og som siden har været underkastet et stort Antal Justeringer og Prøveforsøg, samt med hvilket der nu er anstillet saa mange virkelige Stofskifteforsøg, at dets Ydedygtighed saa nogenlunde kan overses, og dets Anvendelighed til Forøg paa Løsningen af det foreliggende Problem i Hovedsagen kan konstateres.

METODISK OG TEKNISK REDEGØRELSE
FOR
ET PETTENKOFERSK RESPIRATIONS-
APPARAT
TIL FORSØG MED MALKENDE KVÆG

AF

HOLGER MØLLGAARD og A. C. ANDERSEN.

I. Almindelige Principper for den ved Respirationsforsøgene
anvendte Teknik.

Som foran omtalt, bestaar den første Hovedopgave ved Bygningen af et Respirationsapparat til Drøvtyggere i at frembringe en effektiv Adskillelse af respiratorisk Stofskifte og Tarmgæring.

ZUNTZ og hans Elever, PÄCHTNER, DAHM, KLEIN, har søgt at gennemføre dette ved Hjælp af den i Øjeblikket eneste brugbare Metode, nemlig Anlæggelsen af en Trakealkanyle, der bringes til at slutte tæt i Luftrøret, saaledes at hele Lungerespirationen foregaar gennem Kanylen, og den samlede Eksspirationsluft ved dertil indrettede Ledningssystemer kan ledes gennem Maaleapparater (Berlinerlaboratoriet anvendte et stort Gasur), ligesom der ved Hjælp af Kviksølv-aspiratorer kan tages Prøver ud af Eksspirationsluften til Analyse for CO_2 og O_2 .

KLEIN behandlede nu sin Okse paa lignende Maade, som ZUNTZ, LEHMANN og HAGEMANN har gjort med Heste, d. v. s. han anbragte Dyret i Laboratoriets store Respirationskammer og førte Ledningerne fra Trakealkanylen ud gennem Kammerets Væg. Resultatet bliver da, at Stofskiftet gennem Lungerne kan bestemmes ved Apparater uden for Respirationskammeret, medens der i dette opsamles alle de luftformige Produkter, der udskilles fra Tarmkanalen og Huden.

En fuldstændig Adskillelse mellem Tarmgæring og respiratorisk Stofskifte opnaas ganske vist ikke paa denne Maade, idet Tarmgæringsprodukterne formeres med de fra Hudrespirationen hidrørende Luftarter. Den herved fremkomne

Forhøjelse af Værdierne for Tarmgæringen kompenseres imidlertid i nogen Grad derved, at en Del af dennes Produkter, navnlig CO_2 , resorberes og udskilles gennem Lungerne. Hvad det respiratoriske Stofskifte taber gennem Huden, vindes derfor helt eller delvis ved denne Resorption.

Hvor vidt Kompensationen strækker sig, er for Øjeblikket umuligt at afgøre for Kulsyrens Vedkommende. Derimod er der Forsøg af KLEIN, der tyder paa, at indtil en Trediedel af den dannede Methan undertiden kan resorberes. Hvis dette skulde vise sig at være en Regel, vil man ved at udelade en Analyse for brændbare Luftarter i Respirationsluften, hvilket vi paa Grund af den ringe Koncentration mangler tekniske Hjælpemidler til, begaa en Fejl, som medfører, at Værdierne for Tarmgæringens luftformige Produkter bliver noget for lave, men som dog ikke spiller nogen væsentlig Rolle for Stofskiteforsøget, idet den Mængde C, der overhovedet udskilles som CH_4 , kun udgør $1/16$ — $1/20$ af den samlede C-Udskilning fra Dyret.

Under alle Omstændigheder har vi foreløbig ingen bedre Metode til at udføre den ønskede Adskillelse, og medens en Beregning af Energiomsætningen bliver umulig ved saa godt som alle Stofskiteforsøg med store Drøvtyggere, naar Produkterne fra Tarmgæring, Hud og Lungerespiration blandes, giver Trakealkanylemetoden, som det senere skal ses, rimelige og for Praksis fuldt ud brugbare Resultater.

Ved de paa ZUNTZ's Laboratorium anstillede Forsøg anvendtes imidlertid en simpel, saakaldt Tamponkanyle, der bringes til at slutte tæt i Trakea ved Opblæsning af en Gummisæk, der omgiver Kanylen. Dette Apparat medfører den Ulempe, at de anstillede Forsøg bliver ret kortvarige, 3 til 4 Timer, da man ikke uden at risikere Nekrose af Trakealslimhinden kan lade Tamponen være opblæst i meget længere Tid. Da hverken det respiratoriske Stofskifte eller Udskilningen af Luftarterne fra Tarmkanalen foregaar helt regelmæssigt i Løbet af Døgnet, kan en Beregning af Døgnværdier paa Grundlag af saadanne kortvarige Forsøg, saaledes som KLEIN har gjort det, undertiden medføre ikke ubetydelige Fejl.

I hvert Fald bliver Værdierne først virkelig paalidelige, hvis man kan foretage en permanent Adskillelse af Lunge-

respiration og Tarmgæring, saaledes at Trakealkanyle-forsøgene kan fortsættes gennem 24 Timer eller længere.

Ved vorø Respirationsforsøg har vi løst denne Opgave paa følgende Maade:

Omtrent en Maaned før Kælvningen blev Forsøgsdyrets Trakea under lokal Novocain-Adrenalinanæstesi skaaret tværs over paa Midten af Halsforløbet. I den øverste Stump indlagdes lige under Cartilago cricoidea en dobbeltbranchet Tra-

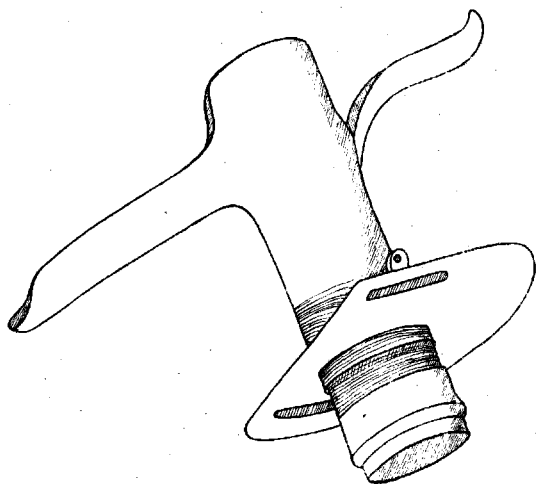


Fig. 1.

kealkanyle, der i Hovedsagen er konstrueret efter MØRKEBERGS Princip, men forsynet med en Skive, der bærer Gevind til Paaskrning af en bøjelig Metalslange (se nedenfor). Den nederste Ende af denne Stump lukkedes derpaa ved en Silkesutur, efter at der var udskaaret et kileformet Stykke Brusk paa Forsiden af den nederste Trakealring. Derpaa indlagdes tæt nede mod Bringen en

ny Kanyle af den paa Fig. 1 afbildede Form, og den øverste Ende af den nederste Trakealstump lukkedes paa samme Maade som før beskrevet. Derpaa forenedes Muskel- og Hudsaaret i to Etager med Aluminiumbronce. At hele Operationen gennemførtes under den strengeste Aseptik, er en Selvfølge. Saarene helede primært i Løbet af 14 Dage, og efter Forløbet af 1 Maaned sluttede den nederste Kanyle fuldstændig lufttæt i den her ret lange af Muskulatur, Fedtvæv og Hud dannede Kanal.

Straks efter Operationen viste det sig, at Dyret, som til at begynde med aandede frit gennem den nederste Kanyle, aad saa uregelmæssigt, at det vilde forstyrre Forsøgene i betydelig Grad. Ved nærmere Iagttagelse blev det evident, at Grunden hertil var, at Trakeotomien, som venteligt, i stor Udstrækning

HOLGER MØLLGAARD og A. C. ANDERSEN, ET PETTENKOFERSK RESPIRATIONSAPPARAT.

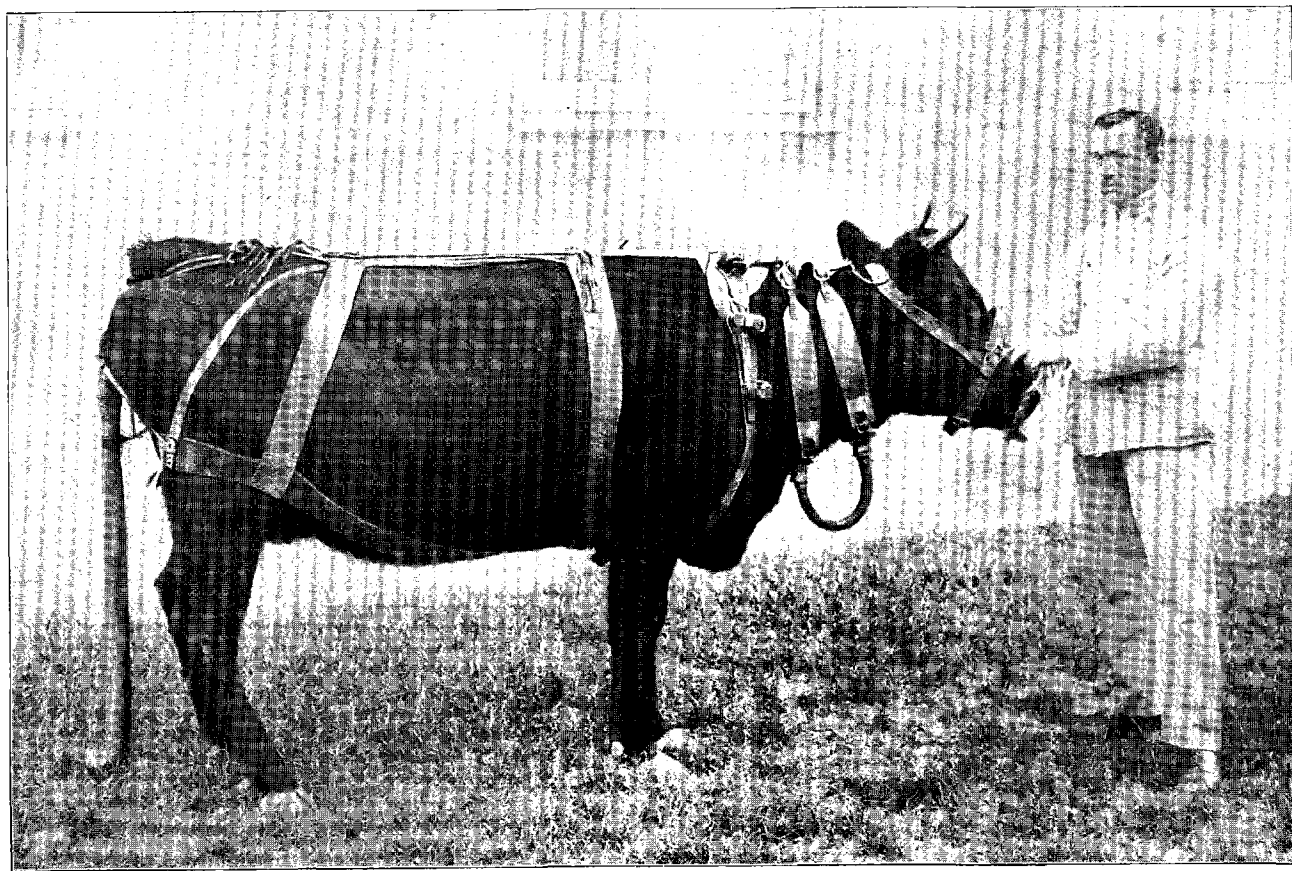


Fig. 2.

berøvede Dyret Lugtesansen, og at denne Defekt generede det i høj Grad. Vi forenede derfor de to Kanyler udvendigt ved en let bøjelig Metalslange med Aluminiumpaaskruninger, saaledes at Luften nu ved Inspirationen passerede gennem Dyrets Næse, Svælg hoved og øverste Trakealstump ud gennem den øverste Kanyle og videre gennem Metalslangen og den nederste Kanyle ned i Lungerne (se Fig. 2). Efter at denne Forening var etableret, aad Dyret sit Foder rent op hver Dag som en normal Ko. Under et Stofskifteforsøg, der, som siden nærmere skal omtales, varer 3 Uger, delt i Perioder paa 8 Dage, staar det med Metalrøret paa i al den Tid, det befinder sig i Stalden. Under selve Respirationsforsøgene fraskrues dette derimod, for at den nederste Kanyle kan forbindes med dertil indrettede Respirationsledninger. I de 48 Timer, hvert enkelt Respirationsforsøg har varet, har Dyret da engang imellem levnet lidt af sit Foder, men ikke saa meget, at det virkede forstyrrende paa Beregningen af Stofskiftet.

Kanyler og Metalrør støttes endelig ved en Ophængning i brede Gummirenne til den Sele, Dyret bærer. Denne Ophængning, der ses paa Fig. 2, er absolut nødvendig, da der ellers meget snart fremkommer Tryknekrose af Trakealslimhinden og paafølgende Dannelse af Granulationer, der snart giver Stenose.

Kanylen har med sin nuværende Façon gennemgaaende kunnet ligge ca. 3 Maaneder uden at skiftes. I denne Tid er den blevet rensat et Par Gange om Ugen ved Udskrabning med en bøjet Curette. Efter Forløbet af den angivne Tid har der efterhaanden dannet sig saa store Granulationer omkring Kanylens nederste Branche, at vi har maattet tage den ud og glatte Kanalens Vægge af ved at bortskære Slimhindegranulationerne og forlænge Branchen lidt. Kanylen er derfor i sin nuværende Form ikke helt tilfredsstillende, og da vi for Øjeblikket eksperimenterer med en anden Façon, der har bedre Chancer for at bringe den endelige Løsning paa det vigtige Spørgsmaal om den permanente, tætsluttende Trakealkanyle, skal vi foreløbig ikke anbefale nogen bestemt Form til Efterligning. Dog bør det bemærkes, at den her beskrevne Kanyle har fungeret saa godt, at vi nu i ca. 1 Aar har kunnet arbejde med Dyret, uden at der er fremkommet den mindste Utæthed, trods flere Skiftninger af Kanylen.

For nu at gennemføre selve Bestemmelsen af Lungerespirationens og Tarmgæringens Omfang, har vi med vort Forsøgsdyr gjort noget lignende som KLEIN med sin Okse. Vort Respirationskammer er delt i to Afdelinger, et Hovedkammer, hvor selve Dyret staar, og hvori Produkterne fra Tarmgæring og Hudrespiration opsamles, og et Forkammer, hvortil og hvorfra Dyret aander igennem to med Ventiler forsynede Respirationsledninger, der, som foran antydte, forbindes lufttæt med den nederste Trakealkanyles Skjold. Forkammeret ventileres, som det fremgaar af den nærmest følgende Fremstilling, paa samme Maade som Pettenkoferapparatet, og ved Analyse af den udsugede Luft bestemmes det respiratoriske Stofskifte. Hovedkammeret ventileres ikke. Produkterne fra Tarmgæringen opsamles efterhaanden i det, og for at hindre enhver Undvigelse af Luft holdes der permanent et ringe Undertryk i Kammeret. Hvorledes dette sker, skal senere omtales. Metoden tillader at udstrække en adskilt Undersøgelse af Lungerespirationen paa den ene Side og Tarmgæring og Hudrespiration paa den anden Side over et Tidsrum af 48 Timer, uden at det synes at volde Dyret den ringeste Ubehagelighed.

Den anden Hovedopgave var, som omtalt, Udførelsen af en eksakt Bestemmelse af Dyrets Iltforbrug.

Af alle hidtil konstruerede Apparater til Forsøg med store Dyr (Heste, Kvæg) tillader kun de, der er bygget efter det af REGNAULT, REISET og HOPPE-SEYLER oprindelig angivne Princip, en paalidelig Iltbestemmelse.

Disse Apparater har imidlertid flere ikke ubetydelige Ulemper. For det første bliver deres Dimensioner, naar de f. Eks. skal anvendes til store Drøvtyggere, saa kolossale, at Omkostningerne ved Bygningen og Driften naar op til ofte uhyggelig store Summer. For det andet er det ved alle Forsøg efter det lukkede Systems Princip absolut nødvendigt at træffe særlige Forholdsregler mod Tab af Luft fra Kammer og Ledninger. Det bedste i saa Henseende er naturligvis at bygge Apparatet helt lufttæt overalt. Dette lader sig ogsaa gøre med mindre Apparater, men hvor der er Tale om Dimensioner af den Størrelse, vi skal bruge til Kvæget, er en saadan absolut Tæthed praktisk talt uopnaaelig, i hvert Fald med blot nogenlunde rimelige Midler.

ZUNTZ har søgt at komme ud over denne Vanskelighed ved under hele Forsøget stadig at holde Undertryk i Kammeret og Ledningssystemerne. Der trænger da kun atmosfærisk Luft ind i Apparatet, og Mængden af den hermed indførte O_2 kan beregnes ved en Bestemmelse af den indtrængte Mængde N. Da Dyret imidlertid under Forsøget stadig opvarmer Luften i det lukkede System, kræves der for at holde dette Undertryk ved Siden af selve Respirationsapparatet et stort Køleanlæg, hvilket naturligvis fordyrer Indretningen stærkt.

Fremdeles stiller det lukkede System den Fordring til Teknikken, at al den Kulsyre, Forsøgsdyret danner i Løbet af de 24 Timer, Forsøget maa vare, skal fjernes fra Systemet. For mindre Dyr og for Menneskers Vedkommende lader dette sig dog gøre uden alt for store Vanskeligheder, saaledes som ATWATER og BENEDICT har vist ved Bygningen af deres Respirationskalorimetre. Hvor der derimod er Tale om store Dyr, som Køer og Heste, er det i Virkeligheden en meget vanskelig Sag.

ZUNTZ har løst Opgaven ved at lade Luften passere gennem et kæmpemæssigt Absorptionstaarn, hvori der cirkulerer Kalilud. Ved at udtage Prøver af Luden og analysere dem for CO_2 kan den i Forsøget producerede CO_2 -Mængde beregnes. At Kulsyrebestemmelsens Nøjagtighed lider under denne Fremgangsmaade, spiller mindre Rolle for Beregningen af Energiomsætningen, da Apparatet tillader en paalidelig Iltbestemmelse. Men selve Taarnanlægget synes, om end meget smukt i sin Indretning, dog ret kolossalt og uhaandterligt.

Endelig har de lukkede Systemer den Fejl, at de i Grunden kun egner sig til Forsøg i 24 Timer og derfor ved kortvarige Forsøg, der ofte er nødvendige, f. Eks. hvor det drejer sig om at maale Muskelarbejdets Virkning paa Stofskiftet, maa kombineres med helt andre Metoder.

I Erkendelsen af disse Forhold har JAQUET allerede i 1903 til Brug for Forsøg med Mennesker søgt at indrette det Pettenkoferske Respirationsapparat, der med sit aabne System undgaar alle de ovennævnte Vanskeligheder, saaledes, at det tillader en eksakt Iltbestemmelse. JAQUET maalte den ud-sugede Luft paa et nøjagtig kalibreret Gasur og tog samtidig gennem en Sideledning en Gennemsnitsprøve af Luften ved

Hjælp af en Kviksølvaspirator, hvis Gang var absolut synkron med Gasurets. Luften analyseredes paa et Petterson-Bohrs Analyseapparat. Kontrollforsøgene viste, at Fejlene paa Apparatets Iltbestemmelse laa inden for 5 %. Der anstilledes saavel kortvarige Undersøgelser som Forsøg med en Varighed af 12—24 Timer.

I 1910 har GRAFE yderligere forbedret JAQUETS Apparatur og opnaaet en betydelig større Nøjagtighed paa Iltbestemmelsen.

I begge Tilfælde drejer det sig dog om Apparater med forholdsvis smaa Dimensioner og, hvad der er endnu vigtigere, med en i Forhold til Apparatets Rumfang ret ringe Ventilation (i GRAFES Forsøg 25 l pro Minut for et Rumfang af 2.6 m³), saaledes at der ved Anvendelse af en kraftig roterende Ventilator er Tid nok til at frembringe en i hvert Fald næsten fuldstændig Blanding af Luften i Kammeret, hvilket naturligvis er en absolut Betingelse for, at den aspirerede Prøve kan blive en virkelig Gennemsnitsprøve af den udsugede Luft.

Skønt det Respirationsapparat, vi skulde bygge, maatte blive af ganske andre Dimensioner og have en meget større Ventilation, mente vi dog, at JAQUETS og GRAFES Resultater var saa gode, at man, i Betragtning af de store Omkostninger og Vanskeligheder ved Bygningen af et Regnault-Apparat, maatte gøre et Forsøg paa at indrette det nye Apparat efter Pettenkofertypen, en Tanke, vi ogsaa bestyrkedes i gennem Erfaringer fra de amerikanske Respirationskalorimetre af denne Type (ARMSBY).

Som det senere nærmere skal omtales, lykkedes det os nu imidlertid ikke ved vort store Apparat at faa brugelige Resultater med den Jaquetske Prøvetagningsmetode, rimeligvis fordi Chancerne for en virkelig Blanding af Luften nødvendigvis maa blive ringere her end i de mindre Apparater. Derimod er det lykkedes os at udarbejde en ny, paa et helt andet Princip beroende Metode til Iltbestemmelse, og denne har ved Kontrollforsøg vist sig at give os Værdier, der er lige saa nøjagtige som de, der vindes med de lukkede Apparatsystemer. Som Følge heraf har vi ment det forsvarligt at bygge Respirationsapparatet helt efter Pettenkofersystemets Hovedprincipper, dog med Anvendelse af den ved de amerikanske Respirations-

kalorimetre i Almindelighed anvendte Metode til Kulsyrebestemmelse, der for Resten er meget nær beslægtet med det oprindelige af PETTENKOFER selv anvendte Princip.

Den tredie Hovedopgave var Malkningen af Dyret. Det gælder her at finde en Metode, der uden Skade for Forsøgene, d. v. s. uden at der slipper Luft ud af Kammeret, tillader en fuldstændig Renmalkning af Køerne. En Malke-maskine kan ikke anvendes, da Dyret i saa Fald maatte staa med Pattevorterne i de paagældende Receptorer under hele Forsøget, hvilket for det første ikke er ufarligt for Yveret og for det andet vilde hindre Dyret i at lægge sig ned under Forsøget. Efter en Del Søgen er vi blevet staaende ved en Metode, der gaar ud paa at malke Dyrene ved Anvendelse af lange, tykke Gummihandsker, der føres ind gennem Væggen i en speciel Indbygning i Kammeret, og anbringes lufttæt her samt paa en saadan Maade, at man bekvemt kan arbejde med Yveret og uden Vanskelighed malke Dyret helt rent. Metoden, hvis Detailler skal beskrives senere, har gennem talrige Forsøg staaet sin Prøve fuldkomment.

Endelig skal vi til Slut gøre opmærksom paa, at vi til Ventilation af Apparatet anvender en Kviksølvklokkepumpe efter det af BLAKESLEE først udviklede og senere af ATWATER, BENEDICT, ROSA og ARMSBY benyttede Princip, idet vi ikke har turdet gaa til den fra anden Side anbefalede Anvendelse af et stort Gasur, blandt andet fordi vi ikke har ment at have effektive Midler til under saa langvarige Forsøg, som her er Tale om, at beskytte det mod betydelige Kaliberændringer som Følge af Nedslag af Vand paa Grund af Fortætning af de store Masser af Vanddamp, et Dyr af en Kos eller en Hests Størrelse udaander gennem sine Lunger og sin Hud.

Hermed har vi givet en Skitse af vort Respirationsapparats Hovedprincipper og skal derefter gaa over til en mere udførlig Beskrivelse af dets enkelte Dele samt en Redegørelse for dets Funktion og Fejlkilderne ved dets Anvendelse.

II. Beskrivelse af Respirationsapparatet.

Apparatet bestaar af et todelt Respirationskammer, en stor dobbelt Kviksølvklokkepumpe med tilkoblede Prøvetagnings-

pumper, fire Gasure til Maaling af de udtagne Luftprøver, endelig Absorptionsapparater til CO_2 -Bestemmelse, Forbrændingsapparater af ny Type til O_2 -Bestemmelse og endelig Apparat til Analyse af Tarmgæringsprodukterne.

Kap. I. Respirationskammeret.

Som foran omtalt, bestaar Respirationskammeret af et Hovedkammer og et Forkammer. Begges Form og Dimensioner fremgaar tydeligt af Fig. 3, 4 og 5, der repræsenterer henholdsvis et Længdesnit, en Grundplan og et Tværsnit af Respirationskammeret.

Begge Afdelinger er bygget af blødt Staal til Skibsbrug. Skelettet bestaar af Vinkeljern, samlede ved Autogensvejsning. Uden paa Skelettet er der nittet en Beklædning af 4 mm Plader, som er samlet indbyrdes ved Overlægning. Overlægget er 22 mm bredt, og til Samlingen er anvendt 6 mm Staalnagler, der vender Hovedet indad og er nittet i Undersænkning udvendigt. Nagleafstanden er 30 mm.

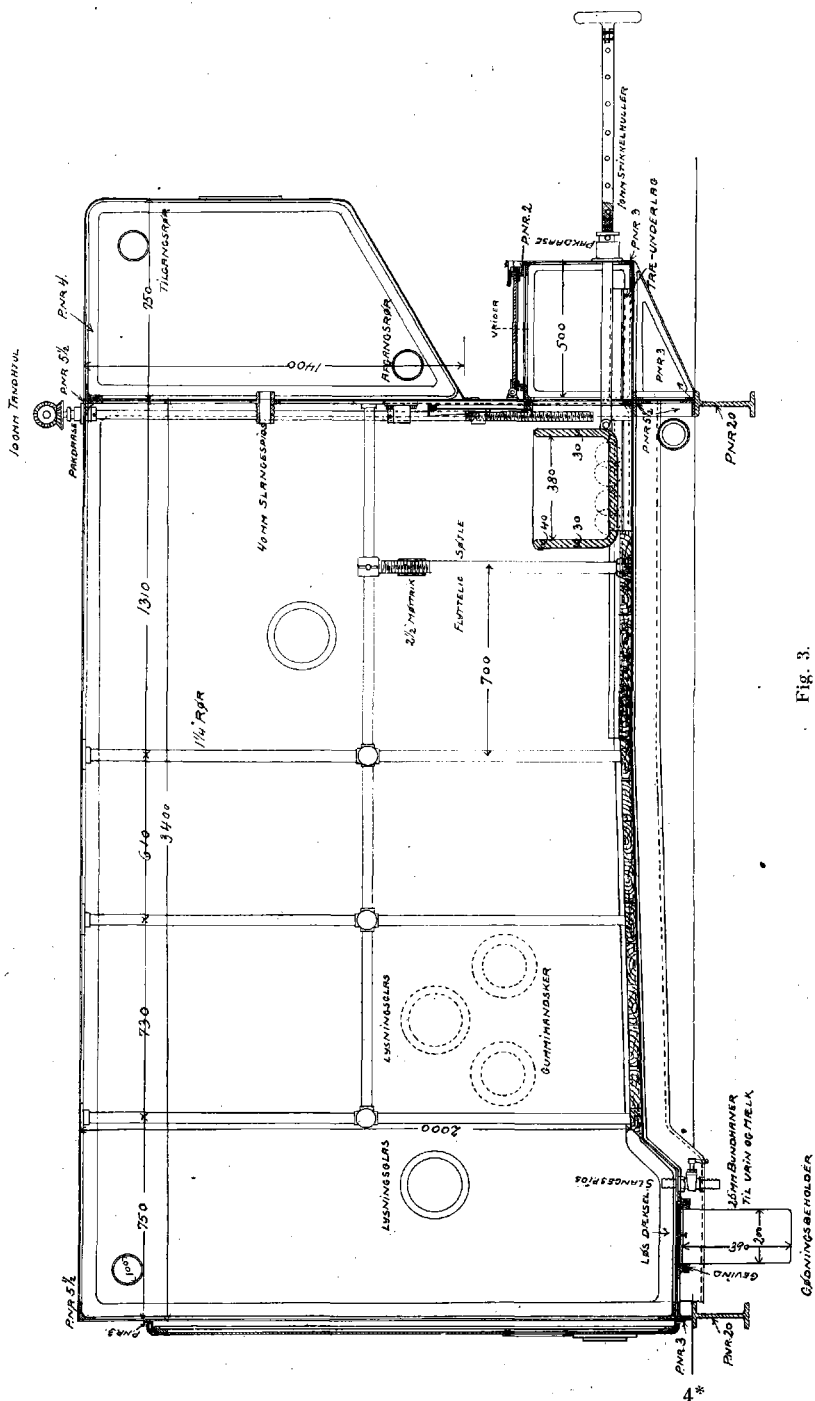
§ 1. Hovedkammeret.

Hovedkammeret er 3.400 m langt, 1.940 m bredt og ca. 2 m højt¹⁾. Dets Rumfang er 13.130 m³.

I Bagvæggen findes en stor Indgangsdør, hvis yderste Kant er bøjet ind, saaledes at den sammen med en Γ formet Skinne danner en Fals, hvori der er anbragt en tyk Gummi-strimmel. Omkring Indgangen til Kammeret er der nittet et Vinkeljern med en fremstaaende ret skarp Kant, der, naar Døren lukkes, glider ind i Falsen og ved Fotvridere presses mod Gummiunderlaget i denne. Paa denne Maade bringes Døren til at lukke helt lufttæt (Fig. 3).

Lige inden for Døren findes en 55 cm bred Græbning, hvis Gulv ligger 16 cm under den bageste Kant af Gulvet i den øvrige Del af Hovedkammeret. Gennem Græbningens Gulv fører et 20 cm stort Hul ned til en lufttæt sluttende, aftagelig Gødningsbeholder, samt en Slangestuds til Gennemløbning af Urin. Hullet kan lukkes lufttæt med et Laag, og Studsen er forsynet med en god Hane.

¹⁾ Det nøjagtige Maal kan ikke angives med eet Tal for Højdens Vedkommende, da Gulvet ligger skraat og ikke er plant.



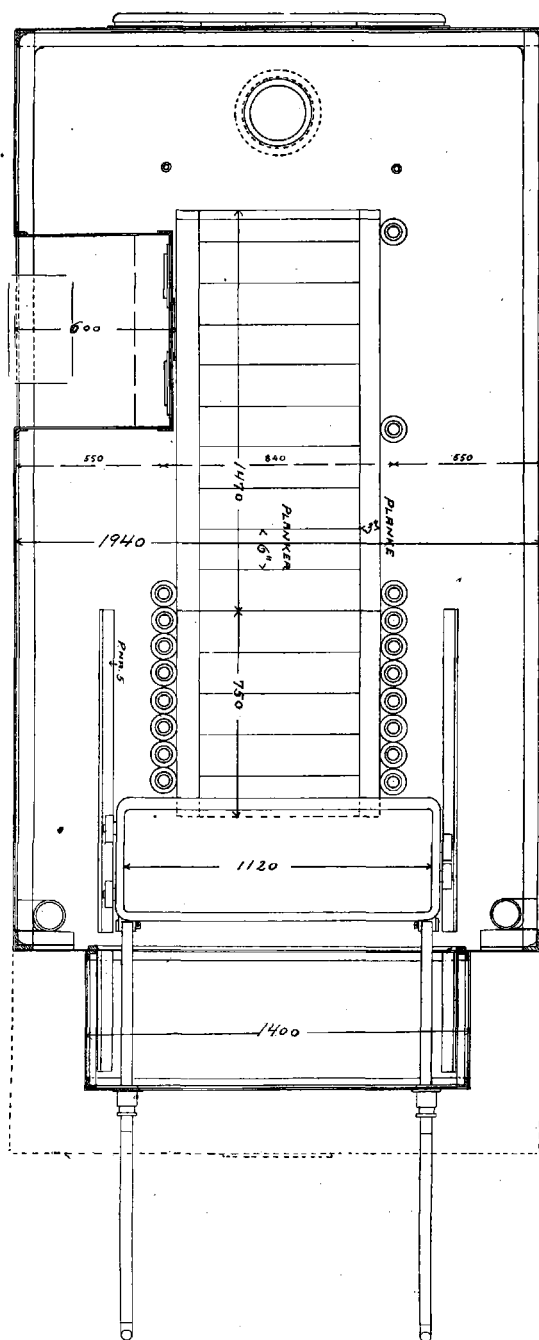


Fig. 4.

Efter Græbnin-
gen følger den Del
af Hovedkammeret,
hvor Dyret staar un-
der Forsøget. Staal-
gulvet er her be-
klædt med et tykt
Lag af Planker,
som igen er dæk-
ket med en Kokos-
maatte. Mod For-
enden af Kammeret
stiger Gulvet jævnt
4 cm i Højden.
Midt i Kammeret
staar der to Rækker
Søjler (Fig. 4), der
naar fra Loftet til
Gulvet (Fig. 3) og
hver paa sin Side
er forbundet ind-
byrdes ved længde-
løbende Stænger,
saaledes at de til-
sammen afgrænser
Baasen, hvori Dy-
ret staar. Baasen
er 84 cm bred, saa
at Dyret har nogen-
lunde Bevægelses-
frihed og god Plads
til at lægge sig ned,
hvorimod det ikke
kan stille sig paa
tværs af Kammeret.
Langs hver Side af
Baasen er der en
Gang, bred nok til,
at en Person med
Lethed kan bevæge

sig frem og tilbage i Kammeret, stadig beskyttet mod eventuelle Angreb fra Dyrets Side ved de omtalte Søjler og Stænger.

Det forreste Søjlepar tjener til Opbinding af Koen og er flytteligt, saaledes at Baasen forkortes eller forlænges i sin Forende, alt efter Dyrets Størrelse. Bagpartiet staar da altid paa samme Sted, hvilket, som senere omtalt, er nødvendigt for Udførelsen af Malkningen.

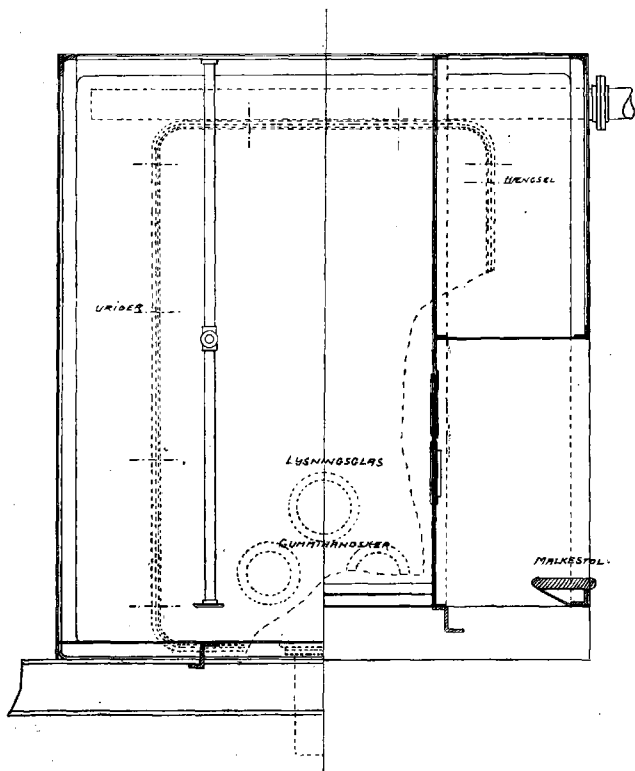


Fig. 5.

I Hovedkammerets Forende findes nede ved Gulvet en Udbygning, ligesom Kammeret selv nittet i Staalplader og lukket udadtil ved en Dør med en gummiklædt Fals, der ved Forvridere presses ned mod en skarp, langs Aabningen opstaaende Kant af Vinkeljern. Fra denne Udbygning fører Jernskinner ind i Hovedkammeret. Paa disse kører Foderkrybben, der er bygget af Jernbeton og stillet inden i et Jernskelet, der bærer to Hjul paa hver Side. Som Fig. 3 gør umiddelbart

indlysende, kan Krybben ved Hjælp af en gennem en lufttæt Pakdaase førende Styrestang køres frem og tilbage mellem Udbygningen og Hovedkammeret, uden at der aabnes for de to Rum¹⁾. Hvis man altsaa kan lukke lufttæt mellem Udbygningen og Hovedkammeret, bliver det muligt, blot ved at trække Krybben ud i Udbygningen, midt under Forsøget at tilføre Dyret Foder, uden at der tabes anden Luft fra Hovedkammeret end den, der staar i Krybbe og Udbygning, og for dette Tab kan der korrigeres ved en Analyse af Kammerluften før Fodringen.

Aflukningen til Hovedkammeret sker ved Hjælp af den paa Fig. 3 tydeligt viste Sluseanordning. To Spindler, der fører gennem lufttætte Pakdaaser i Kammerets Loft og kan drejes udvendigt fra ved Hjælp af Tandhjulsudvekslinger og Kædetræk, driver en Slusedør, omgivet af en planhøvlet Jernramme, ned mod Kammerets Bund lige bag Udbygningen. Dens Flader glider under denne Bevægelse mod ligeledes planhøvede Flader, der er fastgjort omkring Aabningen ind til Udbygningen, og da Slusedøren tillige paa hver af sine to korte Sider bærer en skraa Kileflade, der glider mod en anden i Kammerbunden faststaaende Kileflade, presses dens Jernramme under Lukningen fastere og fastere ind mod den tilsvarende Ramme paa Hovedkammeret. Naar Slusedøren er i Bund, lukker den da lufttæt af mellem Hovedkammeret og Udbygningen. Ved Fodringen trækkes altsaa Krybben ud i Udbygningen, Slusen lukkes, og derefter kan Laaget over Udbygningen aabnes uden Fare for Forsøget. Naar Foderet er fyldt i Krybben, lukkes Laaget igen lufttæt; Slusen aabnes, og Krybben køres ind i Hovedkammeret.

I højre Side af Hovedkammeret er der indbygget en Malkekasse, der, som det ses paa Fig. 4, strækker sig 60 cm ind i Kammeret og, som Fig. 5 viser, er aaben nedadtil, saaledes at den skærer et rektangulært Udsnit ud af Kammerets Gulv.

I Malkekassens Indervæg er der anbragt et rundt Lysningsglas (Fig. 5) i en saadan Afstand fra Kammerets Loft, at

¹⁾ Paa Fig. 4 er afbildet to Styrestænger. Faktisk har vi kunnet nøjes med een.

en voksen Mand bekvemt kan staa og se ind i Kammeret. Da Koens Bagkrop, som ovenfor anført, altid staar paa samme Sted i Hovedkammeret, ligegyldig hvor stort Dyret er, har man kunnet vælge Glassets Plads saaledes, at Yveret altid med Lethed kan overses.

Under Lysningsglasset, i samme Afstand fra dette som en voksen Mands Øjne er fjernet fra hans Skuldre, er der to Huller, hvis indbyrdes Afstand svarer til en voksen Mands Skulderbredde (Fig. 4). Hullerne er saa store, at en Arm mægtigt kan passere dem, og begge er forsynede med Spænderinge af omtrent den Type, der anvendes til Køjne paa Skibe. I Stedet for Køjets Glas er der her udspændt et Par svære Gummihandsker, saa lange, at de dækker en voksen Mands Arme til Skuldrene. Da Kammeret, som nedenfor nærmere beskrevet, staar over en Kælder, kan en Mand fra Kælderen gaa op i Malkekassen, stikke Hænderne ind i Handskerne og derpaa, da han kan se alt gennem Glasset, uden Besvær malke Dyret fuldstændig rent (Fig. 8).

Mælken malkes ned i en Tragt, der under Malkningen svinges hen under Yveret og, naar den er forbi, skydes uden for Baasen, saa at den ikke hindrer Dyret i at lægge sig ned. Fra Tragten fører en Slange hen til en Studs, der gaar gennem Kammerets Bund, og herigennem løber Mælken ned i en Flaske i Kælderen under Respirationskammeret.

I Indgangsdøren findes ligeledes et Par lange Gummihandsker og et Lysningsglas, alt anbragt paa samme Maade som i Malkekassen (Fig. 3 og 5). Ved Hjælp af disse Handsker kan Gødningen, som vi altid lader Dyret kaste ned i selve Græbningen, straks fejes ned i den nedenunder anbragte og lufttæt sluttende Gødningsbeholder, der under Forsøget er omgivet af Is og ind mod Kammeret kan lukkes tæt med et Laag, saaledes at man næsten helt hindrer Dannelsen af luftformige Spaltningsprodukter og Udstrømning af disse i Hovedkammeret. Paa denne Maade undgaar vi helt det store og usikre Apparat, som den tyske saakaldte »Kotbeutel« repræsenterer.

Urinen holdes under hele Forsøget saavel i Stalden som i Respirationskammeret adskilt fra Gødningen ved Hjælp af et Gummiurinale, der meget ligner den af de tyske Forsøgs-

stationer anvendte Model, men er modificeret noget, saaledes at man opnaar en virkelig effektiv Tilslutning til Vulvas Aabning. Dyret kan da frit lægge sig ned og rejse sig igen, uden at Urinalet flytter sig, saaledes at stadigt Tilsyn ikke mere er nødvendigt¹⁾.

Formen af Apparatet fremgaar af Fig. 6 og Anbringelsesmaaden af Fig. 2, der overhovedet illustrerer Ophængningen af de forskellige nødvendige Apparater til den Sele, Dyret altid bærer, saalænge det er i Forsøg.

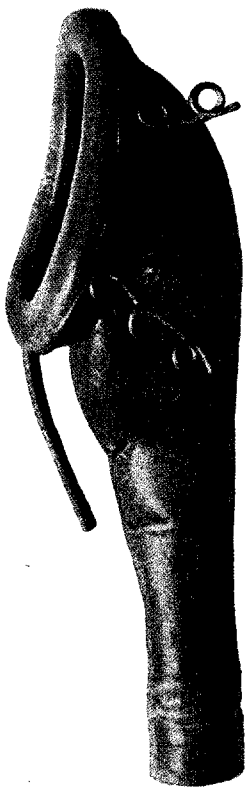


Fig. 6.

Fra Urinalet strømmer Urinen gennem en lang, vid Gummislange, der i Respirationskammeret fører til den foran omtalte Studs og herigennem ned i en Flaske i Kælderen (Fig. 8).

Til at regulere Temperatur og Tryk i Hovedkammeret under Forsøgene er der langs dets to Sider anbragt et stort Kølesystem, bestaaende af en Ribbeovn og en meget lang Rørslange. Ved Omstilling paa forskellige Haner kan man lede koldt Vand gennem hele Systemet paa een Gang eller gennem større og mindre Dele af det, saaledes at en passende Regulation altid er mulig (Fig. 8).

Til Slut skal endelig bemærkes, at hele Hovedkammeret staar over en Kælder, der er støbt helt af Beton. Kammeret bæres af to svære I-Jern, og Kælderen er saa dyb, at en voksen, middelhøj Mand kan staa oprejst i den. Fra dens Bund fører en Jerntrappe op i Malkekassen, og den tillader en bekvem Manipulation med Gødningsbeholderen og med Urin- og Mælkereservoirerne. Endelig rummer den et stort Isskab til Opbevaring af Genemsniitsprøver af de forskellige Stofskifteprodukter o. s. v.

¹⁾ Den oprindelige Model, hvorefter Modifikationen er fremstillet, har vi i sin Tid laant af Professor HARALD GOLDSCHMIDT, hvorfor vi bringer Professorens bedste Tak.

HOLGER MØLLGAARD OG A. C. ANDERSEN,
ET PETTENKOFERSK RESPIRATIONSAPPARAT.

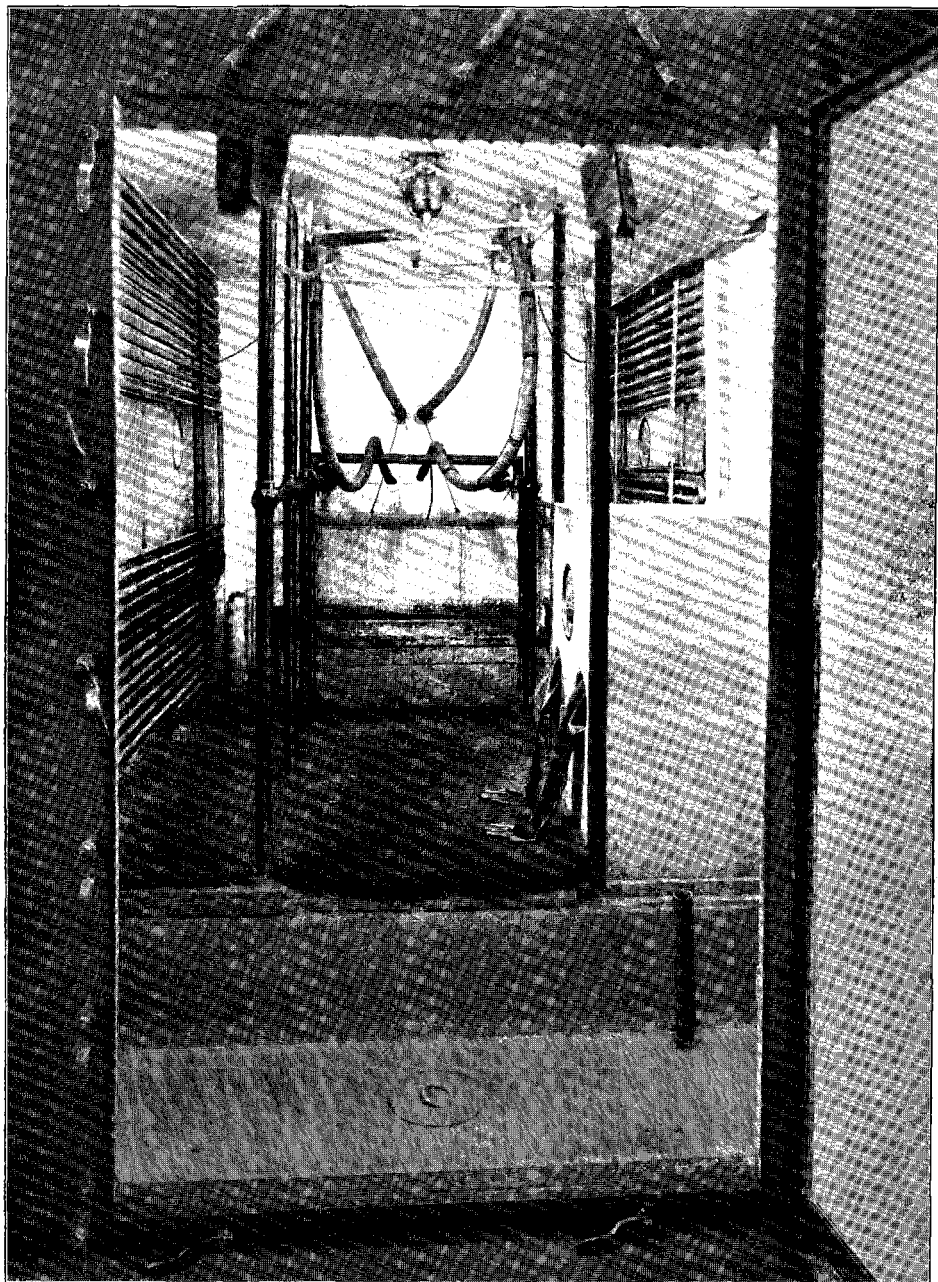


Fig. 8.

§ 2. *Forkammeret.*

Forkammeret er, som det ses paa Fig. 3, en Udbygning med trapezformet Tværsnit, der er nittet paa Hovedkammeret. Paa sin Forside bærer den et Dæksel, som lukker et Hul, der er saa stort, at en Mand, om nødvendigt, kan komme ind i Kammeret. Gennem Væggen ind til Hovedkammeret fører 2 Slangestudse, der er beregnet til Forbindelse med Respirationsledningerne fra Dyrets Trakealkanyle.

Under Forsøget bliver, som sagt, det bøjelige Metalrør, der forener Koens to Kanyler, fjernet, og i Stedet for skrues paa den nederste Kanyles Skjold det klokkeformede Apparat, der er fremstillet paa Fig. 7. Klokken bærer, som Figuren viser, to svære Siderør, der, naar den er skruet fast paa Trakealkanylen, forbindes med to vide, med Metaltraadsindlæg

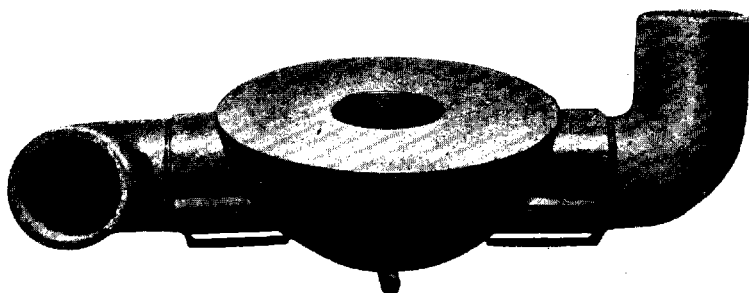


Fig. 7.

forsynede Gummislanger, som spændes fast paa Dyrets Sele ved Hjælp af Remme, der, som Fig. 2 viser, er anbragt paa Selens Brystgjord.

Fra Selen fører Slangerne i en stor Bue bagud op til Kammerets Loft, hvor de forbindes med henholdsvis en Ekspirations- og en Inspirationsventil, og herfra fører igen to Slinger ned til Studsene, der munder i Forkammeret.

Ved denne Indretning kan Dyret uden Gene for sig selv eller Apparaterne lægge sig og efter Behag rejse sig igen under Forsøget. Det aander da baade ind fra og ud i Forkammeret, og dette ventileres under Forsøget ganske som et Pettenkoferapparat. Herved fuldbyrdes da Adskillelsen mellem Lungerespiration og Tarmgæring plus Hudrespiration.

Da der uvægerligt fortættes Vand i Eksspirationsledningen, og dette da driver ned i Klokken paa Trakealkanylen, er der i dennes Bund anbragt et lille Rør (Fig. 7), der forbindes med en Gummislange, som løber langs Eksspirationsledningen til Kammerets Loft og herfra hen til en Studs, der fører ud gennem Kammerets Væg. Uden for Kammeret er Studsen forsynet med en tæt Hane og en Sugelange, saaledes at man naar som helst med en tæt Sprøjte kan suge eventuelt fortættet Vand op fra Klokken og saaledes hindre Ansamling af saa store Mængder, at det driver ned i Dyrets Lunger. I Almindelighed udsuges der $1-1\frac{1}{2}$ l slimblandet Vand under et Forsøg paa 48 Timer (Fig. 8).

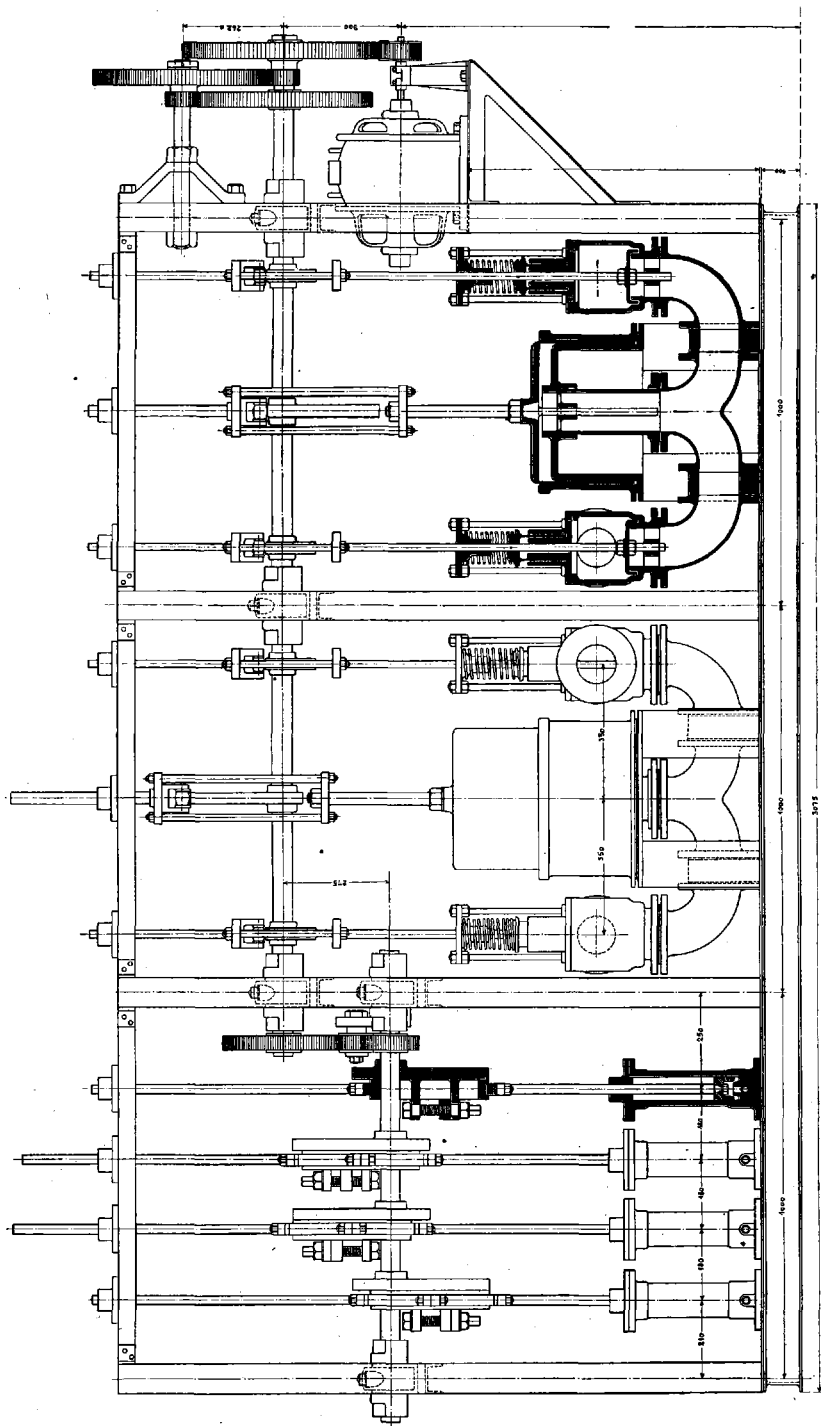
Kap. 2. Luftpumpeanlægget.

Som allerede bemærket under Redegørelsen for de almindelige Principper, hvorefter Respirationsapparatet er bygget, har vi undgaaet Anvendelsen af et stort Gasur til Ventilation af Kammeret, fordi vi ikke har ment ved Forsøg af saa lang Varighed som 24—48 Timer at kunne beskytte det mod forstyrrende Kaliberændringer som Følge af Fortætning af de store Mængder Vanddamp, Dyret udaander. Da det desuden overhovedet er ret vanskeligt at foretage en sikker Kalibrering paa et Gasur af den betydelige Størrelse (ca. 500 l), vi maatte anvende, og vi endelig af Hensyn til den senere omtalte Iltbestemmelsesmetode ikke undgaar Anvendelse af Trykpumper til Prøvetagningen, har vi benyttet en efter BLAKESLEES Hovedprincip konstrueret Kviksølvklokkepumpe, hvorved begge de omtalte Ulemper undgaas, idet dette Apparat er let at kalibrere, og dets Kaliber, naar det konstrueres rigtigt, er uafhængig af Vandnedslag i Klokker og Ledninger.

Vort Luftpumpeanlæg, hvis Hoveddele er afbildet paa Fig. 9 og 10, bestaar af en dobbelt Kviksølvklokkepumpe med selvstyrede Ventiler, samt af et Prøvetagningsapparat, der bestaar af fire Stempelpumper og er koblet til Pumpens Hovedakse ved Tandhjulsoverføring.

§ 1. Kviksølvklokkepumpen.

Som det fremgaar af Fig. 9 og 10 bestaar Kviksølvklokkepumpen af to ensbyggede Pumper, der begge, ligesom BLAKESLEES Pumpe, er bygget efter Spirometrets Princip, og hvis Klokker alternerer i deres Bevægelser.



Paa Figuren er Pumpesystemet paa højre Side fremstillet i Gennemsnit. Det fremgaar heraf, at selve Pumpen bestaar af tre Jernklokker inden i hinanden. Den inderste og yderste staar fast, og mellem dem findes en smal Rende, hvori den midterste bevægelige Klokke glider. I denne Rende er der fyldt Kviksølv, og for at hindre forstyrrende Niveauforskudninger af Kviksølvet under Klokkens Bevægelser, er der yderligere hældt saa meget Kviksølv i Pumpen, at det dækker den øverste Flade af den inderste Klokke, der med Henblik paa dette Forhold er noget lavere end den yderste. Ved denne Indretning fordeles den Mængde Hg, Klokken fortrænger, naar den gaar ned i Renden, over en stor Overflade, hvorfor Niveauforandringen naturligvis bliver yderst ringe, med de her foreliggende Dimensioner aldeles betydningsløs.

Klokken føres af en Spindel, der styres af to Lejer, et nede i Pumpen og et uden for denne paa Maskinens Stativ.

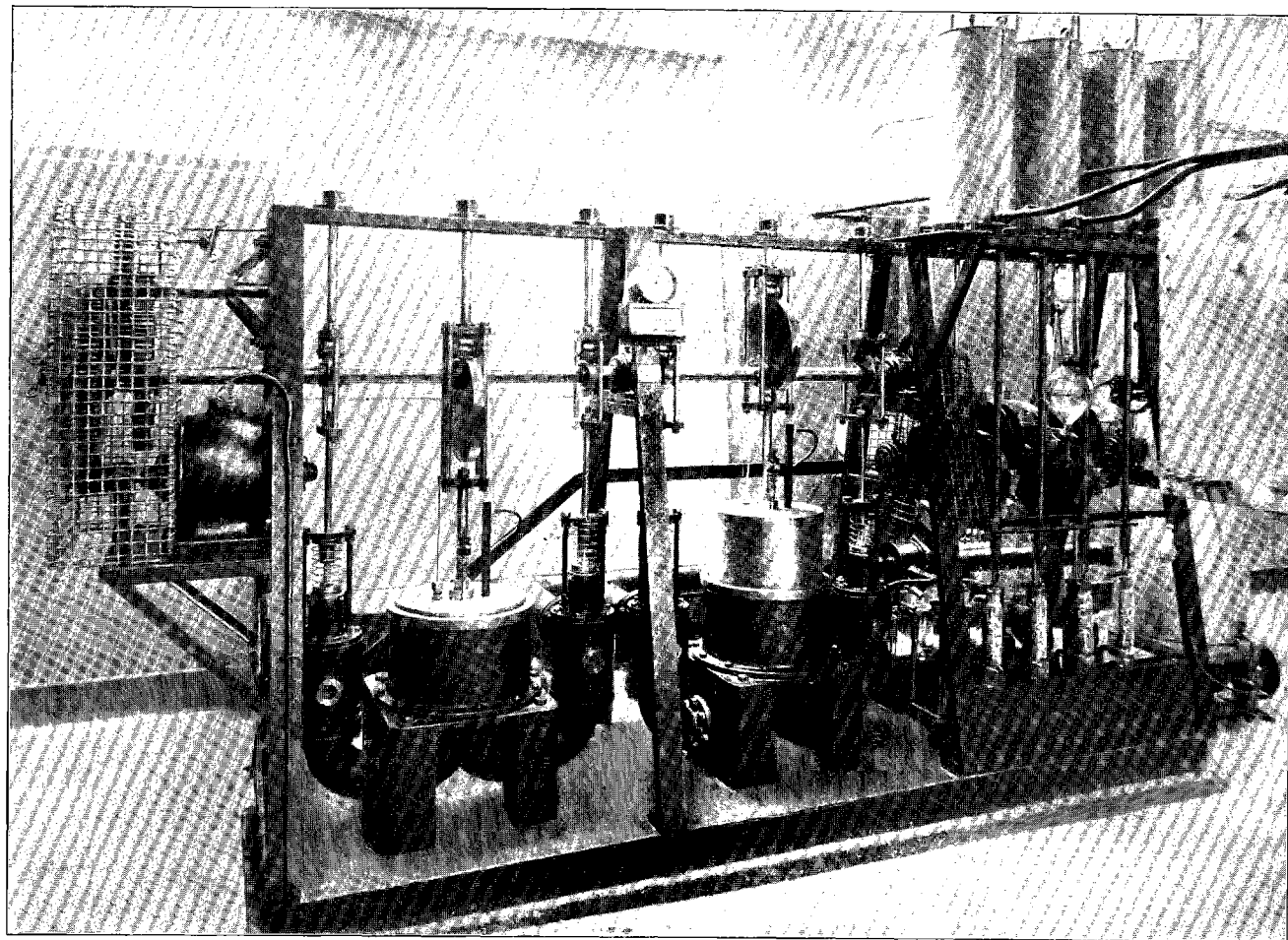
Op gennem den inderste Klokke fører et 100 mm Rør, der tjener baade som Indsugnings- og Udblæsningsledning. Under Klokken deler det sig i to krumme Rør, der bærer hver sit Ventilsystem.

Ventilerne, der bevæges alternerende og saaledes tjener henholdsvis som Indsugnings- og Udblæsningsventil, bestaar hver især af et Støbejernshoved, der er aabent opadtil og nedadtil samt paa den ene Side er ført ud i et kort 100 mm Rør, forsynet med Flanger til Sammenspænding med den tilsvarende Ledning fra Pumpen og Kammeret (Fig. 10 og 11).

Omkring den indvendige Rand af det nederste Rør er der støbt en ca. 30 mm høj og ca. 20 mm bred Rende, der fyldes med Kviksølv. Ned i Renden føres selve Ventilen, der bestaar af en Klokke, som dækker over Rørmundingen. Naar denne Klokke sænkes ned i Kviksølvet, lukkes der for Røret; naar den hæves op, aabnes der for Luftens Passage, henholdsvis ud af og ind i Ventilhovedet. Gennem Siderøret passerer Luften for Indsugningsventilens Vedkommende ind i dennes Hoved, for Udblæsningsventilens ud i fri Luft gennem en tilkoblet Ledning, der fører gennem Maskinhallens Væg.

Ventilhovedets øverste Aabning dækkes med et svært, lufttæt sluttende Laag, hvorigennem Spindlen, der bevæger Klokken, er ført. For at sikre sig, at Spindlen paa dette Sted passerer lufttæt og dog med et Minimum af Friktion, har man, som

HOLGER MØLLGAARD OG A. C. ANDERSEN, ET PETTENKOFERSK RESPIRATIONSAPPARAT.



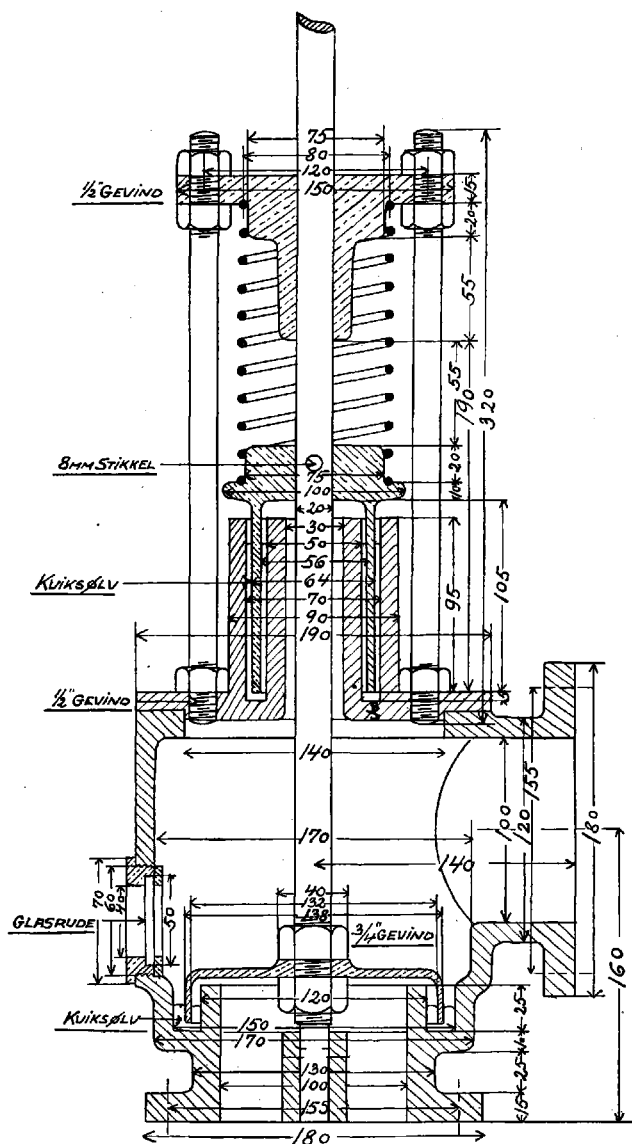


Fig. 11.

Fig. 11 viser, forsynet Ventilhovedets Laag med en Kviksøl-
laas i Form af en Klokke, der glider i en kviksølvfyldt Rende
og under Spindlens Bevægelser aldrig hæves op af Kviksølvet.

Over Kviksølvlaasen findes et af to Søjler baaret Leje og mellem det og Laasen en Spiralfjeder, der tjener til at trykke

den hævede Ventil ned i Kviksølvrenden igen. Spindlens nederste Ende styres af et Leje midt i Rørledningen, dens øverste af et lignende Leje, anbragt paa Maskinens Stativ.

Bevægelsen af saavel Klokkens som Ventilernes Spindler foregaar ved Hjælp af ekscentriske Skiver og Harper. Klokkepumpens Spindel har fire Søjler i Harpen, Ventilernes kun to (se Fig. 10). Til den øverste Travers paa hver Harpe er der fastgjort en med Kuglelejer forsynet Staalrulle, der løber paa den tilsvarende ekscentriske Skive under dennes Omdrejning.

Formen af Skiverne, der ses paa Fig. 12 og 13, er konstrueret ud fra følgende Overvejelser, hvis Rigtighed vi har sikret ved Forsøg.

For at en Klokkepumpe, som den her beskrevne, skal kunne give nøjagtig den samme Mængde Luft ved hvert Stempelslag, maa man saavidt muligt undgaa alle store Tryksvingninger i den, medens den bevæger sig, og den bør under alle Omstændigheder indrettes saadan, at der hersker Atmosfæretryk i den, naar den staar i sin øverste og nederste Stilling.

Naar dette sidste er Tilfældet, bestemmes Klokkens Kaliber ene og alene af Stempelslagets Størrelse og Klokkens Tværsnitsareal, men er uafhængig af Forandringer af Kviksølvniveauet i Pumpen, altsaa ogsaa af Vandnedslag.

Hvis derimod den sidste Fordring ikke tilfredsstilles, vil Klokkens Kaliber paavirkes af enhver Tryksvingning, der indtræffer under Gangen, og da eventuelt Vandnedslag paa Kviksølvoverfladen og i Rørledningerne forandrer Pumpens skadelige Rum, vil Kaliberen i saa Fald heller ikke være uafhængig af Vandnedslag.

For at tilfredsstille denne vigtige Fordring har vi for det første, som foran omtalt, givet Pumpen selvstyrede Ventiler, der tillader en vid Aabning for Ind- og Udførselsledningerne og saaledes hindrer større Tryksvingninger under Gangen, men dernæst er de ekscentriske Skiver, der bevæger Klokke og Ventiler, konstrueret paa følgende Maade:

Pumpeklokkens Ekscentrik er en Hjerteskive, hvis Form fremgaar af det polare Koordinatsystem paa Fig. 12.

Som det ses, er Skivens Periferi paa to Partier, der ligger henholdsvis længst fra og nærmest ved dens Akse, koncentrisk med denne. Naar Skiven drejer rundt, staar Pumpeklokken altsaa stille inden for disse to Intervaller. Paa den øvrige Del af Periferien foregaar, som Ordinaterne viser, en i Hovedsagen jævn opad- og nedadstigende Bevæ-

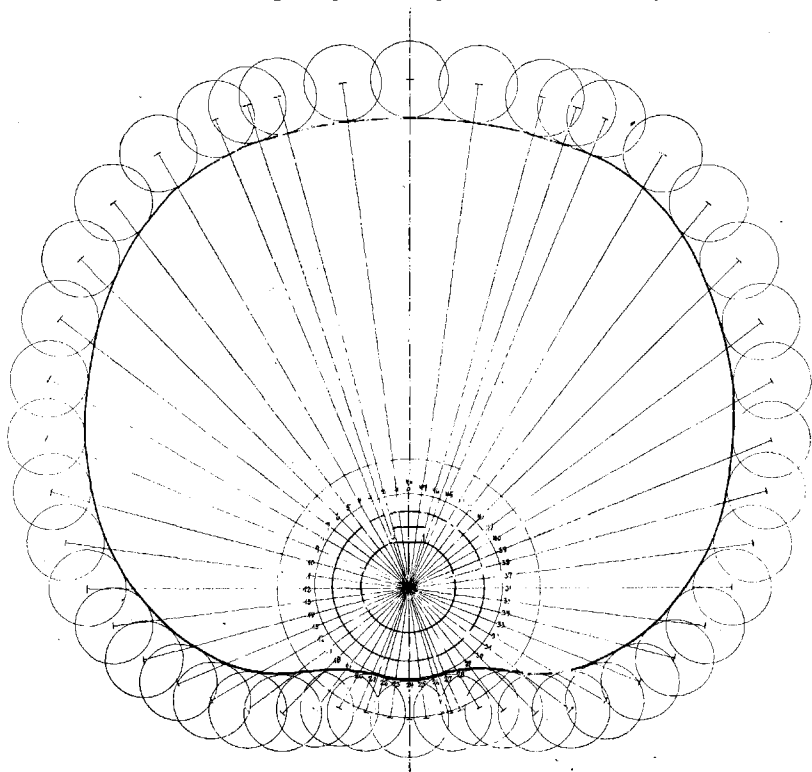


Fig. 12.

gelse. Kun ved Overgangene til de med X-Aksen parallelle Partier krummer Diagrammet af nærliggende mekaniske Grunde.

For Ventilekscentrikkernes Vedkommende er noget lignende Tilfældet; kun udgør de koncentriske Partier her et større Stykke af Periferien (se Fig. 13).

Paa Fig. 14 ses Diagrammerne for Bevægelsen af begge Pumpesystemer med tilhørende Ventiler. Maskinens Normalgang er her sat til 5 Omdrejninger pro Minut; men den kan naturligvis reguleres inden for vide Grænser.

Betragter man Bevægelsen for Stempel I, ses det tydeligt, at Ventilklokken hæves op af Kviksølvet, at der altsaa aabnes for Udblæsningsrøret, før Stemplet starter. Luften drives da straks i Bevægelsens Begyndelse ud af en forholdsvis stor Aabning, der yderligere forøges under den første Trediedel af Pumpeklokkens Bevægelse. Under den øvrige Del af den jævne Bevægelse staar Ventilen fuldt aaben. I det Øjeblik,

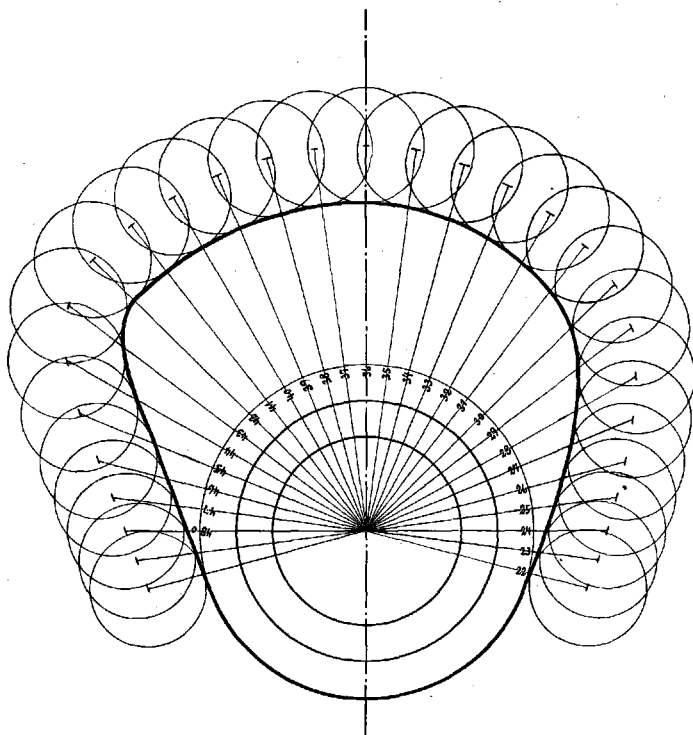


Fig. 13.

Klokkediagrammet forandrer Retning, begynder Udblæsningsventilen at synke, men Klokken naar i Bund, før Ventilen naar Kviksølvet i Ventilhovedets Rende, saaledes at Klokken staar stille og samtidig i vid Forbindelse med Atmosfæren i ca. $\frac{1}{2}$ Sekund. I denne Tid udlignes Trykket i Klokken til Atmosfæretryk.

I det følgende Sekund staar Klokken stadig stille, medens Indsugningsventilen er i Bevægelse opad. Efter $\frac{1}{2}$ Sekunds Forløb er denne sidste Ventil aaben, og igen $\frac{1}{2}$ Sekund senere starter Klokken sin opadgaende Bevægelse. Naar den øverste

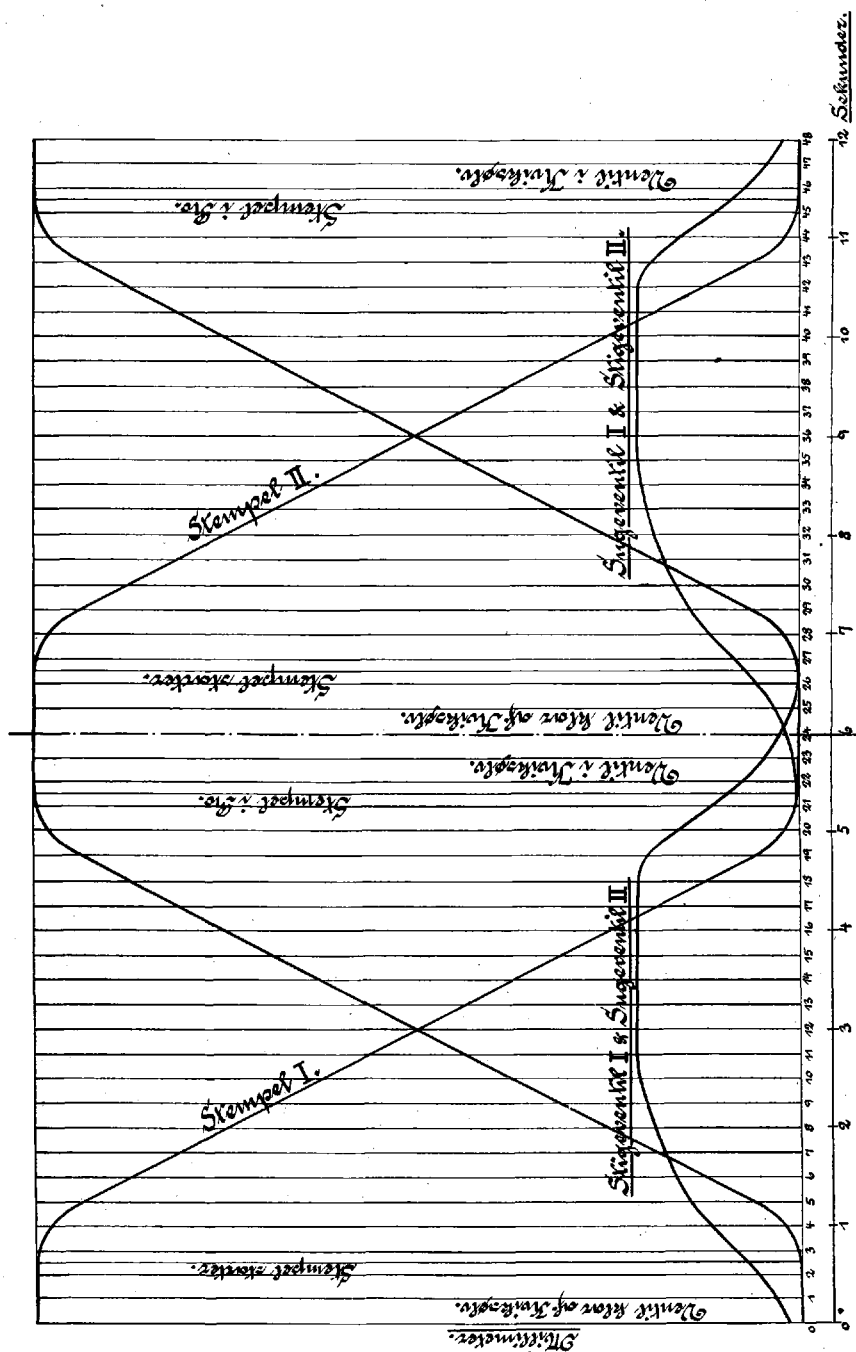


Fig. 14.

Stilling er naaet, staar den igen stille i $1\frac{1}{2}$ Sekund, og de lige beskrevne Forhold gentages for Ventilernes Vedkommen-de, blot i omvendt Orden.

Vi opnaar paa denne Maade faktisk, at Klokkepumperne stadig fyldes og tømmes under Atmosfæretryk og derfor altid arbejder med uforandret Kaliber under Forsøgene. Som det senere skal ses, giver dette sig et smukt Udtryk i en overordentlig ringe Middelfejl paa den enkelte Kalibrering af Pumpeslaget.

Ved Overføring af Stempelbevægelsen til et Tælleværk registrerer Maskinen automatisk sit Omløbstal, og af dette og Pumpekaliberen kan vi naturligvis beregne den Mængde Luft, der er passeret Pumpen, som denne altsaa har suget ud af Kammeret gennem de Ledninger, der nu skal beskrives.

§ 2. *Ledningerne fra Kammeret til Pumpen.*

Ledningerne fra Respirationskammeret til Pumpen bestaar af 100 mm Jernrør, der er samlet ved Autogensvejsning. De Ledninger, der fører frisk Luft til Kammeret, henter denne uden for Maskinhallen i fri Luft.

Saa vel de tilførende som de fraførende Ledninger er forsynet med Ventiler, saaledes at Pumpen kan stilles ind til at ventilere saavel Forkammeret som Hovedkammeret. Der kan altsaa ogsaa gøres Forsøg uden Trakealkanyler.

De to udgaaende Ledninger fra Forkammer og Hovedkammer samles til eet 100 mm Rør, der fører hen til Pumpen. Midt paa Røret er der indskudt et højt Taarn (Fig. 17), som indeholder Cinders, og gennem hvilket der stadig cirkulerer Vand, idet en roterende Kapselpumpe beforder Vandet op fra Bunden af Beholderen og sprøjter det ud over de nævnte Cinders. I dette Taarn mættes den fra Kammeret kommende Luft med Vanddamp ved en Temperatur, der er lidt højere end Stuetemperaturen. Vi undgaar herved at gøre den altid usikre Fugtighedsbestemmelse i den strømmende Luft, og Reduktionen af de maalte Luftrumfang simplificeres betydelig.

Da den indsugede Lufts Temperatur altid falder fra Forkammeret til Pumpeklokkerne, vil der i Reglen slaas en Del Vand ned oven paa Kviksølvet i Pumpen samt i de krumme

Rør. For Forsøget spiller denne Vandansamling, som omtalt, ingen Rolle, og efter dets Afslutning fjernes Vandet uden Besvær.

Lige efter Vandtaarnet er der i Ledningen indskudt en Blandingskasse, bestaaende af en Jerncylinder med to perforerede Skiver, hvis Huller er forstillet for hinanden, saaledes at Luftpartiklerne ved Gennemstrømningen tvinges til at krydse hinandens Baner. Bag den sidste Skive sidder et Siderør, hvorigennem Gennemsnitsprøverne af den udgaaende Luft tages.

Efter Blandingskassen deles Ledningen i to 100 mm Rør, svarende til de to Pumpesystemer. Rørene ender med Flanger, der er spændt til de tilsvarende Flanger paa de to Indsugningsventilers Hoveder.

§ 3. *Prøvetagningspumperne.*

De fire Prøvetagningspumper er, som Fig. 9 viser, almindelige Stempelpumper. Cylindrene er omhyggeligt uddrejede, og Stemplet har fire Spænderinge, hvis Aabninger er forskudt 90° for hinanden. Over Stemplet ligger et ca. 10 mm højt Kviksølvlag.

Stempelstangen har sit ene Leje i Pumpens Laag, sit andet paa Maskinens Stativ. Paa Midten bærer den en Harpe, hvori der løber en cirkulær Ekscentrik, hvis Slaglængde er indstillelig. Harpens Bevægelse er kontinuerlig.

Fra hver Pumpes Bund fører en Kanal ud gennem den støbte Fod. Ind i denne Kanal er der skruet et kort T-Rør, hvis to Arme staar i Forbindelse med almindelige Kviksølvventiler, der fungerer henholdsvis som Indsugnings- og Udblæsningsventil.

Prøvetagningspumperne benyttes nu saaledes, at de tre af dem tager Prøver af den Luft, der suges ud af Kammeret. Deres Indsugningsventiler er da forbundet med det foran omtalte Siderør paa Kammerledningens Blandingskasse. Den fjerde tager Prøve af den indgaaende Luft, idet dens Indsugningsventil er forbundet med et langt Jernrør, der udmunder i Kammerets indgaaende Ledning, lige hvor denne træder gennem Muren i Huset.

Samtlige Luftprøver føres gennem Udblæsningsventilerne

og dertil forbundne Jernrør op i de Spirometre, der, som Fig. 10 viser, er anbragt oven paa Pumpemaskinens Stativ, og for hvis Nytte der straks skal gøres Rede.

Af Fig. 9 fremgaar umiddelbart, at Prøvetagningsapparaternes Akse er koblet ved Tandhjul til Maskinens Hovedakse. Overføringen foregaar saaledes, at Prøvetagningspumperne arbejder dobbelt saa hurtigt som Klokkepumperne. Dette medfører den Fordel, at enhver Indsugning af en Prøve altid foregaar synkront med en opadgaaende Bevægelse af en Klokke, samt at der tages Prøve, hver Gang en af Klokkerne gaar op. Den Luftmængde, Prøvetagningspumperne udsuger af Ledningen, bliver da, hvad den skal være, en virkelig Gennemsnitsprøve af den Luft, Klokkerne suger ud af Kammeret.

Den udtagne Prøve udgør ved de hidtil anstillede Forsøg for hver Stempelpumpe ca. $\frac{1}{60}$ af den samlede Luftmængde, der er udsuget af Kammeret; men dette Forhold kan, som omtalt, varieres betydeligt. Som det ses paa Fig. 9, er Pumpens Ekscentriker indstillet saaledes, at de arbejder alternerende, dels for at opnaa en regelmæssig Gang af Maskinen og dels af Hensyn til bestemte, senere omtalte Forhold ved Analyserne af Gennemsnitsprøverne.

Hele Maskinen drives af en 220 Volts, 1.2 Ampères Motor, der ved Modstand dels i Magnetstrømmen, dels i Hovedstrømmen kan reguleres inden for ret vide Grænser. Dens normale Omløbstal er ca. 800, men nedsættes gennem Tandhjulsoverføringer til en Hastighed af 5 Omdrejninger pr. Minut for Hovedaksen. Begge Akser hviler i Kuglelejer. Maskinen løber næsten lydløst.

Kap. 3. Prøvetagningsledninger og Analyseapparater til Bestemmelse af CO_2 og O_2 .

Da vi, som nedenfor nærmere beskrevet, til Bestemmelse af CO_2 og O_2 i de udtagne Gennemsnitsprøver bruger Metoder, der arbejder kontinuerligt og derfor ikke samtidig med Analysen giver en Volumenbestemmelse af den analyserede Luft, maa vi foretage en nøjagtig Maaling af den Mængde Luft, Prøvetagningspumperne udsuger af Kammerledningen og den indgaaende Ledning.

Denne Maaling er det vanskeligste Punkt i hele Apparatets Teknik. Da vi som Følge af selve Analyseapparaternes Bygning ikke kan undgaa Tryksvingninger i Prøvetagningsledningerne, kan vi, selv om vore Stempelpumper er helt tætte, hvad de sikkert er, og selv om vi erstatter deres Kviksølvventiler med selvstyrede Ventiler, ikke maale de ud-sugede Prøver paa samme Maade som for de store Klokkepumpers Vedkommende, fordi Slagvolumenet ikke bliver konstant.

Vi har derfor ingen anden Vej end at benytte fintforarbejdede Gasure til disse Maalinger, og af disse Instrumenters Nøjagtighed afhænger da i Hovedsagen hele Apparatets Nøjagtighed.

§ 1. Gasurene.

Ved Arbejdet med disse Gasure (Bohr'ske Maalere) har det nu vist sig, at det er forbundet med langt betydeligere Vanskeligheder at faa dem til at holde en konstant Kaliber inden for et Forsøg paa 24—48 Timer, end vi havde ventet.

Vi har derfor maattet forandre Opstillingen af disse Ure flere Gange, inden vi naaede tilfredsstillende Resultater.

Det drejer sig her i Hovedsagen om, at Luften, der passerer Urene, skal være mættet med Vanddamp ved Urenes Temperatur. I modsat Fald sker der enten en Forøgelse af Kaliberen ved Vandfordampning eller en Formindskelse af Kaliberen ved Vandnedslag.

Det er denne Opgave, der har vist sig at være saa meget vanskeligere at løse, end vi ventede.

Straks fra Begyndelsen af havde vi anbragt alle fire Gasure i et fælles Vandbad (Fig. 17) og givet dem Forlag i Form af Taarne med stadig fugtede Pimpsten uden for Badet. Da det imidlertid viste sig, at de efter Forløbet af flere Kontrolforsøg ændrede deres Kaliber stærkt (indtil 2 %), gav vi dem Vandforlag i selve Badet og kalibrerede dem fra nu af systematisk før og efter hvert Forsøg og regnede med Middeltallet af de fundne Kalibre.

Herved opnaaede vi, som det senere skal ses, tilstrækkelig nøjagtige Maalinger, til at vi kunde gennemføre videre Kontrollforsøg, og da disse viste sig tilfredsstillende, yderligere en hel Forsøgsrække med en Malkeko.

Under disse Forsøg holdt Kalibersvingningerne sig gennemgaaende inden for 2 ‰ af Kaliberens Værdi, men af og til optraadte der dog Ændringer paa ca. 3 ‰, hvilket egentlig ikke er tilfredsstillende.

Efter Fuldførelsen af den første Forsøgsrække forandrede vi derfor igen Opstillingen af Urene, indsatte foran Vandforlagene lange Metalspiraler til Udligning af Forskellen mellem den indstrømmende Lufts og Urenes Temperatur og forsynede Vandbadet med en Ostwalds Termoregulator, der ved Hjælp af en Glødelampe og et fintmærkende Relais holdt det paa en Temperatur af 21° C. med en Svingning af $1/20^{\circ}$.

Denne Forandring var yderst betydningsfuld, idet den formindskede Fejlene paa vore Analyser med ca. Halvdelen af deres Værdi under de første Forsøg.

Vi benytter os nu stadig af denne Metode, men kalibrerer desuagtet altid vore Gasure før og efter hvert Forsøg og beregner Forsøget med Middeltallet af de fundne Kalibre.

Gasurene maaler ca. 3 l pr. Omdrejning. Hastigheden er ca. 1 Omdrejning pr. Minut. Antallet af Omdrejninger under Forsøget registreres automatisk, idet Urene, hver Gang de passerer Nulstillingen, slutter en elektrisk Kontakt. Strømmen løber gennem en Magnetspole, der tiltrækker et Anker, som fører en Fyldepen, der endelig sætter et Mærke paa en Papirstrimmel, der bevæges af en jævntløbende Kymograf.

Denne Metode har den meget store Fordel fremfor de ofte anbefalede Tælleværker, at man altid, i Tilfælde af at Magneten svigter, er i Stand til at indsætte de manglende Mærker, naar blot Kymografen stadig gaar jævnt, hvilket ikke er saa svært at opnaa, medens man mangler enhver Forestilling om, hvorvidt et Tælleværk virkelig har markeret samtlige Omdrejninger, eller maaske et Par Stykker er gaaet tabt. Ved et saa stort Apparat som det her foreliggende er det overordentlig værdifuldt altid at vide, at den Slags tekniske Forhold er i Orden, saaledes at man ikke behøver at søge efter eventuelle Fejl der.

Til Markeringsstrøm bruger vi Bystrømmen, fordi vi ved Anvendelsen af højspændt Strøm ingen Vanskeligheder har med

Overgangsmodstande. I Magnetstrømmen er indskudt en 50 Lys Kultraadslampe, og for at formindske Gnisten i Gasurkontakten er denne shuntet med en 10 Lys Lampe.

§ 2. *Ledningerne til Analyseapparaterne.*

Fra Gasurene føres Luften gennem 10 mm Jernrør til fire Zinkbeholdere, der staar i et Vandbad, hvis Temperatur ved Hjælp af Is, der fyldes direkte i Badet, holdes omkring 2—4° C. Her fortættes største Delen af den Vanddamp, Luften fører med sig¹⁾.

Fra Iskassens Zinkbeholdere udgaar der fire fraførende Ledninger, svarende til de fire tilførende. To af dem, der begge fører Luftprøver, som er taget fra den udgaaende Kammerluft, gaar til et Analysebord, hvor Apparaterne til O₂-Bestemmelse er opstillet. Der foretages altsaa altid Dobbeltbestemmelse af O₂-Indholdet, en Fremgangsmaade, der, som det senere skal udvikles, er yderst værdifuld for Kontrollen med Apparatets Gang.

De to andre Ledninger gaar til Analysebordet for CO₂-Bestemmelsen. Den ene fører en Luftprøve af den indgaaende atmosfæriske Luft, den anden fører den tredie Prøve af den udgaaende Kammerluft. CO₂- og O₂-Bestemmelsen foregaar altsaa, som Apparatet nu er bygget, hver paa sin Ledning, hvilket vi af forskellige Grunde har ment var nødvendigt, til vi havde gjort saa mange Forsøg, at den ny Iltbestemmelsesmetode helt kunde overses. Da vi imidlertid maa fjerne al CO₂ fra den Luft, der skal analyseres for O₂, er det af økonomiske Grunde rimeligt, hvis det lader sig gøre, nu at forene Apparaterne til CO₂- og O₂-Bestemmelse paa samme Ledning, dog med Bibeholdelse af den vigtige Dobbeltbestemmelse.

§ 3. *Apparaterne til CO₂-Bestemmelse.*

Bestemmelsen af CO₂-Indholdet i Luften udføres ved Absorption af Kulsyren i Kalilud og Natronkalk. Før Luftens Indtræden befries den helt for Vand ved Tørring i Klorkalciumtaarne. Efter disse er der indskudt et vejeligt U-Rør med CaCl₂. Dette Rør tjener til Kontrol paa den effek-

¹⁾ Mættede Vanddampes Spænding er 6.069 mm ved 4° C. mod 18.466 mm ved 21° C.

tive Tørring, idet vi forlanger, at det ikke maa tage mere paa end nogle faa Centigram.

Efter Kontrolrøret følger paa den Ledning, der fører Prøven af den udgaaende Kammerluft, og som derfor indeholder 1.0—1.5 % CO_2 i Luften, en Porcelænsbeholder, der indeholder 35 Procents Kalilud, og hvorigennem Luften drives i fine Bobler, saaledes at den frembyder en stor Overflade for Absorptionen. Største Delen af Kulsyren tages her. Det fordampede Vand fjernes ved et følgende U-Rør med CaCl_2 , og Resten af Kulsyren tages af tre U-Rør med Natronkalk. Til Slut i Rækken følger et U-Rør med CaCl_2 til at tage Reaktionsvandet fra Natronkalken. Porcelænsbeholderen og samtlige U-Rør vejes før og efter Forsøget. Tilvæksten er den i Luften indeholdte CO_2 .

For den anden Lednings Vedkommende er Opstillingen den samme, kun at der ikke anvendes nogen Porcelænsbeholder med Kalilud, idet den i Atmosfæren indeholdte Kulsyre med Lethed kan tages af to U-Rør.

§ 4. Apparaterne til O_2 -Bestemmelsen.

Bestemmelsen af O_2 i de to Prøver af den udgaaende Kammerluft foregaar ved en kontinuerlig Forbrænding af Ilten i et stort Overskud af ren Brint og Vejning af det dannede Vand.

Teknisk udføres denne Bestemmelse paa følgende Maade:

Prøvetagningsluften befries, ligesom for CO_2 -Bestemmelsens Vedkommende, først helt for Vand ved Tørring over CaCl_2 ; men dernæst maa den gøres CO_2 -fri, da Kulsyren ved Brint-Iltflammens Temperatur er næsten totalt dissocieret i CO og O_2 , saaledes at Halvdelen af dens Ilt vil kunne forene sig med Brinten og give en Vanddannelse, der ikke hidrører fra Luftens frie Ilt.

Kulsyren fjerner vi ved at lede Luften gennem Natronkalktaarne, og for at være sikker paa, at denne virkelig er helt fri for Vand og CO_2 , naar den træder ind i O_2 -Bestemmelsesapparaterne, er der indskudt 2 Kontrolrør med henholdsvis Natronkalk og CaCl_2 . Vi fordrer, at disse ikke maa tiltage mere end 1 Decigram i Vægt under et helt 24 Timers Forsøg.

Fra disse sidste U-Rør passerer Luften ind i det Apparat,

der er afbildet i Gennemsnit paa Fig. 15 og i Opstilling paa Fig. 16.

Apparatet er en specielt formet Knaldluftbrænder, forsynet med en elektrisk Tændingsmekanisme, gennem hvilken der, selv efter at Flammen er tændt, vedligeholdes en svag elektrisk Strøm. Under Forsøget brænder Flammen i en Atmosfære af Kvælstof og Brint.

Fig. 15 er tilstrækkelig til fuldkomment at vise alle De-tailler ved Konstruktionen. I Hovedsagen bestaar Apparatet af en ydre Messingkappe, inden i hvilken der er ført et

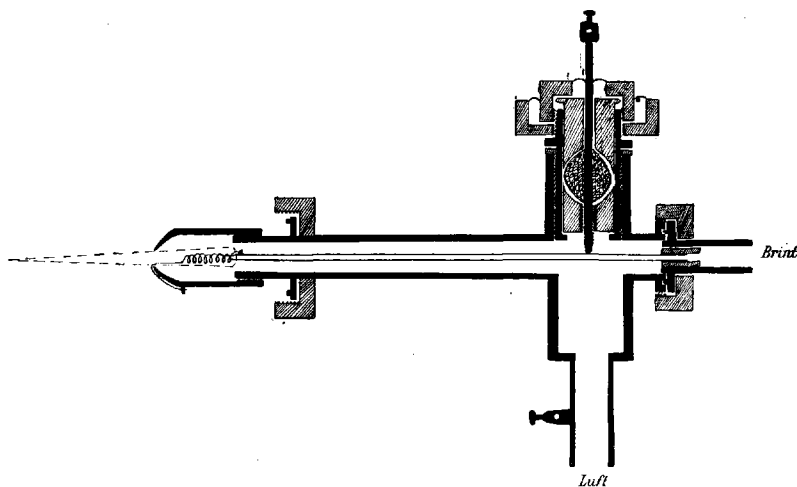


Fig. 15.

tyndt Messingrør, forsynet med en Staalspids, og hvori der tillige er anbragt en omhyggelig isoleret, lufttæt gennemført Kontakt, der fører en elektrisk Strøm til Centralrøret (se Fig. 15). Paa Enden af Messingkappen er der skruet en Staalkappe, der i Spidsen har et Hul, hvis Diameter kun er halv saa stor som Messingkappens.

Fra Spidsen af Centralrøret fører en Platinspiral ud til Staalkappen. Naar da de to Kontakter K_I og K_{II} forbindes med Polerne paa en elektrisk Strømgiver, vil der gaa en Strøm gennem K_I , Centralrøret, Platinspiralen og Messingkappen. Ved Anvendelse af tilstrækkelig stærk Strøm kan Platinspiralen naturligvis bringes til at gløde. Vi anvender altid By-strømmen (220 Volt) og regulerer Strømstyrken ved Hjælp af parallelt indskudte Kultraadslamper.

Luften, der skal analyseres for O_2 , føres ind i Apparatet gennem den ydre Kappe. Gennem det tynde Centralrør drives elektrolytisk udviklet Brint, der er befriet for Ilt ved Opvarmning til ca. 400° C. over Palladiumasbest i elektriske Ovne og renses for det dannede Vand samt Kulsyre ved Passage gennem et Klorkalciumrør og et Natronkalktaarn.

I Staalkappen blandes Luften og Brinten, idet denne sidste træder ud med stor Hastighed og river Luften med sig.

Fører man nu simpelt hen en brændende Tændstik op til Hullet i Staalkappen, vil der naturligvis dannes en Flamme paa dette Sted; men denne Flamme er ganske ubrugelig til Analysen, fordi den kun er stabil i atmosfærisk Luft. Saa snart den, som nedenfor angivet, bringes til at brænde i en iltfri Atmosfære, bliver den saa ubestandig, at selv smaa Stød i Luften kan blæse den ud.

Hvis man derimod bringer Platinspiralen til at gløde stærkt, tænder Flammen inde i selve Staalkappen og brænder som en lang spids Kegel paa den Maade, som er angivet ved de punkterede Linier paa Fig. 15. I denne Tilstand er Flammen meget stabil og bliver det fuldstændigt, naar Platinspiralen under hele Processen holdes varm af en svag elektrisk Strøm. Vi plejer at bruge Bystrømmen med en 50 Lys Kultraadslampe i Serie med Spiralen.

Under disse Forhold kan man endog lukke en kort Tid for baade Brinten og Luften; saa snart man aabner, tænder Flammen af sig selv igen. Tilfældige Stød i Luften fra Maskinens Gang eller fra Trykforandringer ved Omskiftning af Ledninger generer den ikke det mindste.

Da Flammen endvidere fylder hele Hullet i Kappen, er det indlysende, at de mekaniske Betingelser for en Undvigelse af Ilten er yderst ringe.

Naar Flammen er tændt, føres den, som det fremgaar af Fig. 16, ind i en lille Riffelovn, idet Brænderen fastskrues lufttæt til denne med den Møtrik og Pakningsring, der sidder lige bag Staalkappen. Pakningsringen presses mod en Asbestpakning paa Riffelovnen.

Riffelovnen er helt igennem autogensvejset og bærer fortil et Udløbsrør, hvortil der ligeledes ved Møtrik og Pakning er spændt en Messingkøler, som ender med en svær Tregangshane, der har to Udløbsrør.

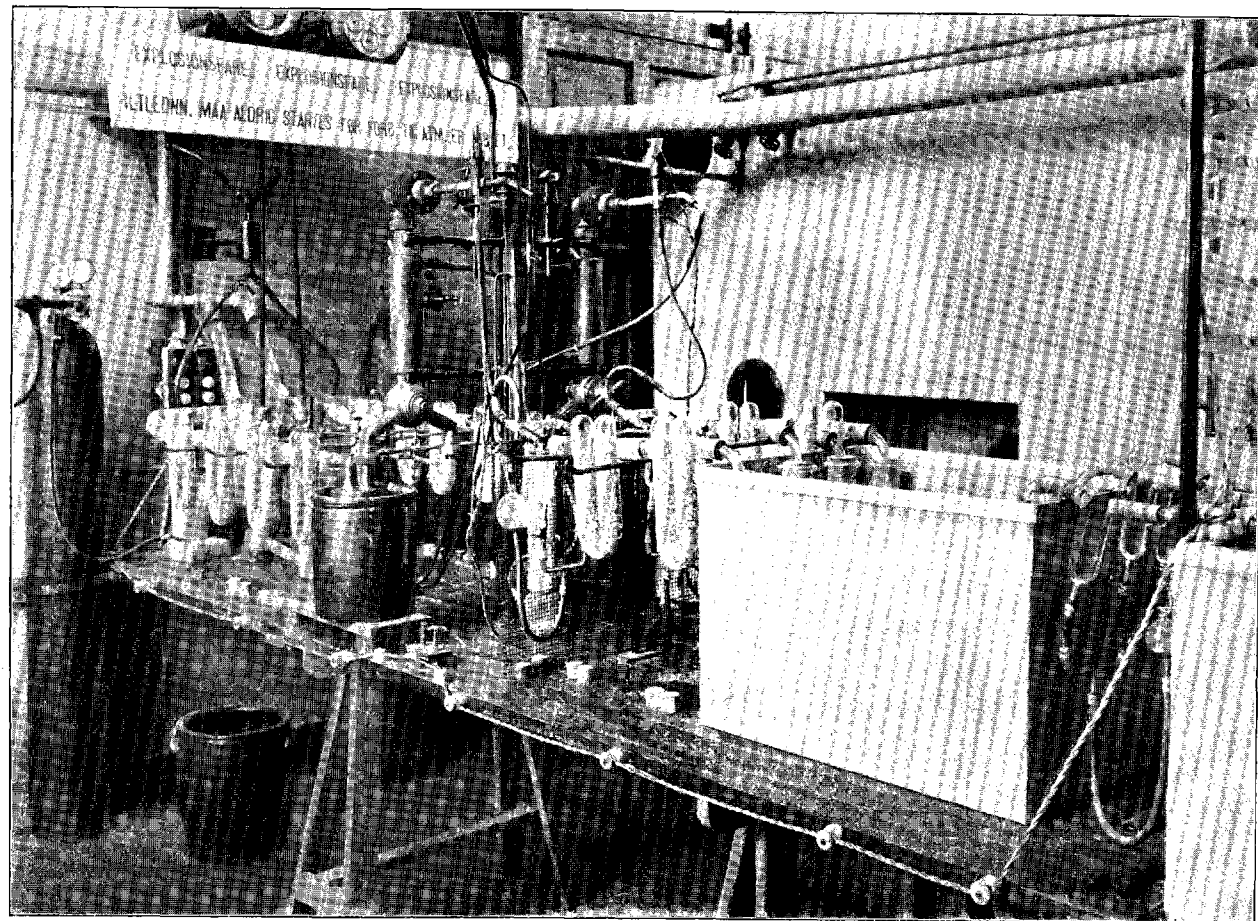


Fig. 16.

I Riffelovnen vil Flammen efter Forløbet af faa Sekunder brænde i en Atmosfære af Brint og Kvælstof, idet vi gennem Centralrøret leder en betydelig større Mængde Brint end den til Forbrændingen af Ilten beregnede. Hidtil har Overskuddet omtrent været lig med Halvdelen af den beregnede Mængde.

Den dannede Vanddamp fortættes for største Delen i Køleren. Til hvert af de to Udløbsrør fra Tregangshanen kan der skrues en Messingbøtte, der ompakkes med Is. I denne samles langt den største Mængde af Vandet, for et 24 Timers Forsøg ca. 1.2 kg Vand. Resten, nogle faa Gram, tages i Klorkalciumrør.

Saavel Messingbøtte som U-Rør vejes før og efter Forsøget. Tilvæksten er det dannede Vand, og heraf beregnes Ilten.

Da Køleren har to Udløb, kan man naar som helst gaa over fra et Forsøg til et andet, blot ved at dreje Hanen. Metoden tillader altsaa ogsaa at skære kortere Tidsrum ud af Forsøgstiden. Hvor korte de kan gøres, afhænger naturligvis af Vandopsamlingens og Vejningernes Nøjagtighed, hvorfor der vil blive gjort Rede i Kapitlet om Justeringen af Apparaterne.

Kap. 4. Apparater til Analyse af Produkterne fra Tarmgæring og Hudrespiration.

Som omtalt foran, foretages der ikke nogen egentlig Ventilation af Hovedkammeret, hvori Produkterne fra Tarmgæring og Hudrespiration, altsaa væsentlig CO_2 og CH_4 , udskilles. Vi lader disse Luftarter for største Delen opsamles i Kammeret.

For imidlertid at hindre ethvert Tab af Luft fra Kammeret holder vi under hele Forsøget et ringe Undertryk i dette ved stadig at suge en langsom Luftstrøm ud. Større Trykssvingninger, der indtræder pludseligt som Følge af Ændringer i Dyrets Stilling eller Lejeforhold, bekæmpes ved Køleapparatet, som foran beskrevet.

Den udsugede Luft tørres over CaCl_2 og trækkes derpaa igennem Beholdere med Kalilud og U-Rør med Natronkalk og Klorkalcium. Ved Vejning af disse Absorptionsapparater findes den Mængde CO_2 , der er suget ud af Kammeret.

En Analyse af Kammerluften ved Forsøgets Begyndelse og Slutning giver, naar Kammerets Rumfang er bekendt, den

Mængde af den i Forsøgstiden udskilte CO_2 og CH_4 , som er blevet staaende i Kammeret. Sammen med den paa Udsugningsledningen absorberede CO_2 er der imidlertid udsuget noget CH_4 , som ikke absorberes. Den herved tabte Mængde CH_4 beregner vi af den absorberede CO_2 ved at foretage Analyser af Kammerluften paa mindst fire forskellige Tidspunkter under Forsøget. Det har da næsten altid vist sig, at Forholdet mellem den udskilte CO_2 og CH_4 er omtrent konstant i Forsøgstiden. Ved Hjælp af Middelværdien for de fundne Kvotienter $\frac{\text{CH}_4}{\text{CO}_2}$ beregnes den Mængde CH_4 , der er tabt paa Sugeledningen.

Endelig udføres de nødvendige Korrektioner for den CO_2 og CH_4 , der tabes under Fodringen af Dyret.

Analyserne af Kammerluften for CO_2 og CH_4 , eventuelt for H_2 , foregaar paa et Bohr-Tobiesen-Apparat, der er forsynet med en Forbrændingspipette, som er helt af Glas. Selve Forbrændingsanalysen foregaar under Hensyn til de af KLEIN angivne Regler¹⁾.

III. Justeringen af Apparaterne.

Fejlteoretiske Betragtninger over Kalibreringer og Analyser.

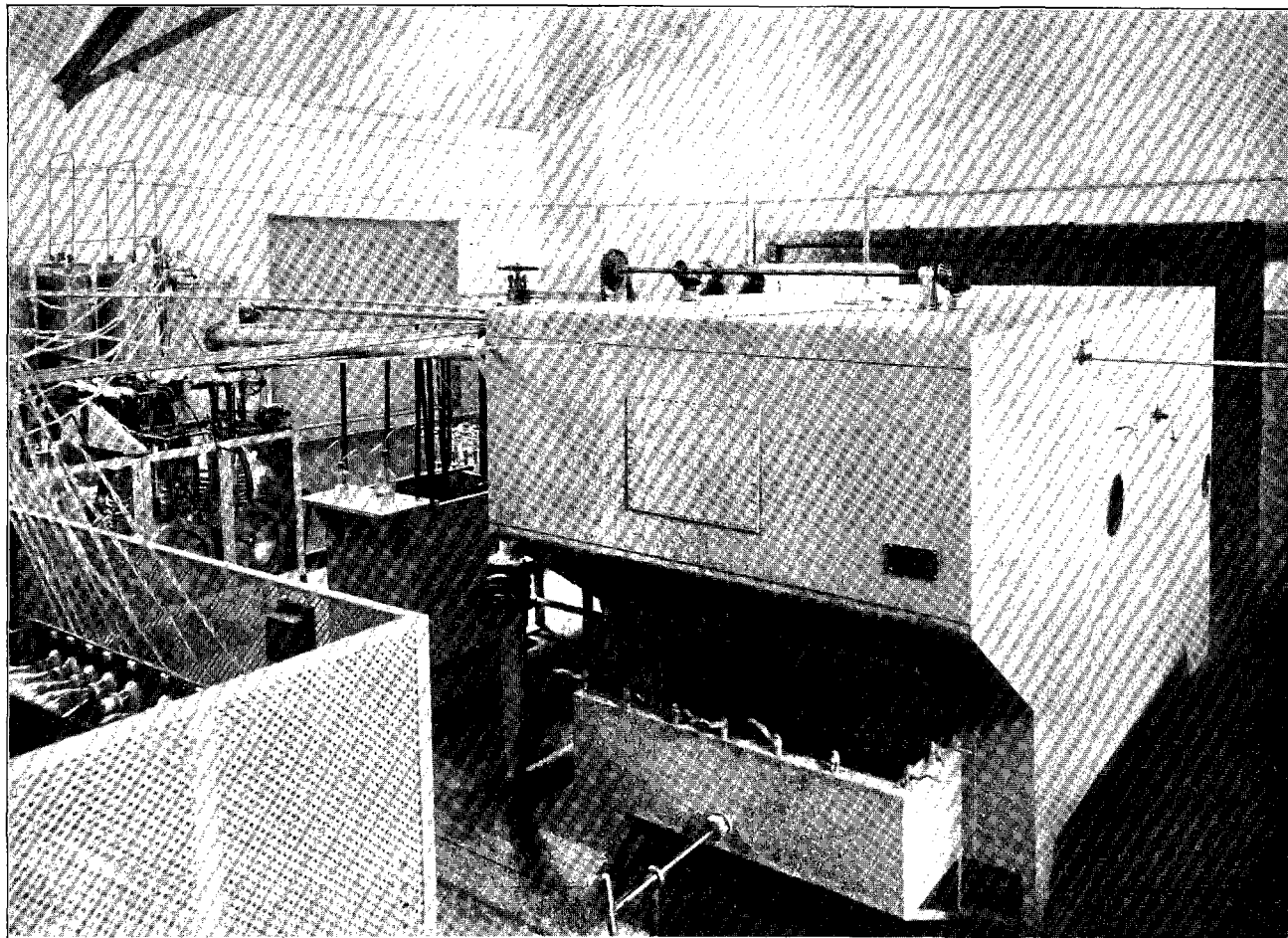
Kap. 1. Kalibreringen af Kviksølvklokkepumpen.

Bestemmelsen af Klokkepumpernes Kaliber er foretaget ved Hjælp af et nøjagtigt Gasur, der er kalibreret før, under og efter Bestemmelserne af Pumpekalibrene. Luften drives fra Pumpen gennem Gasuret, idet Udblæsningsledningen lukkes lufttæt. Temperaturen af Maaleren, der staar i et Vandbad med Forlag, som foran beskrevet, indstilles paa den undersøgte Klokkes Temperatur.

Som Eksempel paa en saadan Kalibrering skal vi anføre nedenstaaende 50 Bestemmelser for hver af de to Klokkepumper.

¹⁾ Landwirtschaft. Versuchsstationen 79, 80; Biochem. Zeitschrift, 72. Bd., 1915, S. 245.

HOLGER MØLLGAARD og A. C. ANDERSEN, ET PETTENKOFERSK RESPIRATIONSAPPARAT.



Tabel 1. Kalibrering af Klokke A.

Fundet Kaliber i Liter			10 ³ d			10 ⁴ d ²		
20.37	20.31	20.28	+8	+2	-1	64	4	1
20.31	20.26	20.27	+2	-3	-2	4	9	4
20.31	20.28	20.28	+2	-1	-1	4	1	1
20.35	20.25	20.31	+6	-4	+2	36	16	4
20.34	20.31	20.29	+5	+2	±0	25	4	0
20.23	20.25	20.26	-6	-4	-3	36	16	9
20.30	20.32	20.25	+1	+3	-4	1	9	16
20.35	20.30	20.26	+6	+1	-3	36	1	9
20.32	20.28	20.34	+3	-1	+5	9	1	25
20.32	20.28	20.27	+3	-1	-2	9	1	4
20.28	20.32	20.30	-1	+3	+1	1	9	1
20.31	20.33	20.29	+2	+4	±0	4	16	0
20.28	20.32	20.34	-1	+3	+5	1	9	25
20.30	20.26	20.23	+1	-3	-6	1	9	36
20.24	20.31	20.32	-5	+2	+3	25	4	9
20.29	20.27	20.26	±0	-2	-3	0	4	9
20.28	20.31		-1	+2		1	4	

$$M = 20.29 \quad 10^4 \Sigma d^2 = 527$$

$$N = 50 \quad \sigma = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{527}{49}} = \pm 0.033 \quad m = \pm \frac{0.033}{\sqrt{50}} = \pm 0.005$$

Tabel 2. Kalibrering af Klokke B.

Fundet Kaliber i Liter			10 ² d			10 ⁴ d ²		
20.57	20.54	20.51	+3	±0	-3	9	0	9
20.54	20.52	20.52	±0	-2	-2	0	4	4
20.54	20.57	20.54	±0	+3	±0	0	9	0
20.53	20.52	20.52	-1	-2	-2	1	4	4
20.49	20.47	20.56	-5	-7	+2	25	49	4
20.52	20.55	20.57	-2	+1	+3	4	1	9
20.53	20.48	20.59	-1	-6	+5	1	36	25
20.57	20.54	20.53	+3	±0	-1	9	0	1
20.52	20.52	20.57	-2	-2	+3	4	4	9
20.57	20.52	20.52	+3	-2	-2	9	4	4
20.54	20.52	20.57	±0	-2	+3	0	4	9
20.53	20.52	20.53	-1	-2	-1	1	4	1
20.56	20.56	20.55	+2	+2	+1	4	4	1
20.52	20.53	20.56	-2	-1	+2	4	1	4
20.47	20.53	20.52	-7	-1	-2	49	1	4
20.50	20.57	20.53	-4	+3	-1	16	9	1
20.54	20.56		±0	+2		0	4	

$$M = 20.54 \quad 10^4 \Sigma d^2 = 363$$

$$N = 50 \quad \sigma = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{363}{49}} = \pm 0.027 \quad m = \pm \frac{0.027}{\sqrt{50}} = \pm 0.004$$

Tabel 3. Kalibreringer af det til Pumpekalibreringerne anvendte Gasur.

Fundet Kaliber i Kubikcentimeter	10 d	10 ² d ²
990.9	+ 11	121
991.2	+ 14	196
989.0	— 8	64
989.0	— 8	64
989.2	— 6	36
989.7	— 1	1

$$M = 989.8 \quad 10^2 \Sigma d^2 = 482.$$

$$N = 6. \quad \sigma = \pm 10^{-1} \sqrt{\frac{482}{5}} = \pm 0.97 \quad m = \pm \frac{0.97}{\sqrt{6}} = \pm 0.40$$

Af disse Tabeller fremgaar det tydeligt, at Middelfejlen paa den enkelte Kalibrering af de to Klokker er ca. 1.5 ‰ af Kaliberens Værdi. Da Middelfvigelsen paa den enkelte Kalibrering af det anvendte Gasur er ± 0.97 paa en Kaliber af 989.8, dækkes Middelfejlen paa Klokkernes Rumfang altsaa ikke ganske af Maalervariationen. Der foregaar da aabenbart Svingninger i Klokkekalibrene, rimeligvis som Følge af Unøjagtigheder i selve Maskinens Gang, men disse Svingninger er saa smaa, at de maa siges at være betydningsløse.

Middelfejlen m paa Middeltallet af 50 Kalibreringer er for Klokke A 5 cm³ og for Klokke B 4 cm³ paa en Kaliber af henholdsvis 20.29 og 20.54.

I Overensstemmelse hermed bliver den Mængde Luft, der befordres ud af Respirationskammeret pr. Omdrejning af Pumpen:

$$20.29 + 20.54 = 40.83 \text{ l}$$

$$m_s = \pm \sqrt{0.005^2 + 0.004^2} = \pm 0.0064$$

$$\frac{m_s \cdot 1000}{40.83} = 0.16 \text{ ‰}$$

Det ses heraf, at Fejlen paa Maalingen af den udsugede Luft er saa ringe, at den i Virkeligheden kan lades ude af Betragtning.

Kap. 2. Kalibreringen af Gasurene.

Kalibreringen af Gasurene foregaar paa følgende Maade: I samme Vandbad som Urene staar en Flaske, der indeholder ca. 14 l destilleret Vand. I Bunden af Flasken findes en Tubus, hvorfra et Rør fører ud gennem Vandbadets Væg og her udenfor ender med et tykvægget Glasrør, der krummer nedefter, og som i Spidsen har en Lysning paa ca. 1 mm i Diameter. I Flaskens Prop sidder et Termometer, der rager ned i Vandet, og et kort Glasrør, som ved Hjælp af en lang Gummislange kan sættes i Forbindelse med en af de udførende Tuber paa Gasuret. Naar denne Forbindelse er bragt til Veje, lukkes den anden udførende Tubus, og naar man nu lader Vandet løbe ud gennem den store Flaskes nederste Tubus og Udløbsrør, vil Uret naturligtvis gaa rundt, idet Luften suges gennem det over i Flasken.

Naar Uret kalibreres under stadig Gang og gaar helt jævnt, saaledes at Trykket i Sugeledningen stadig er det samme, vil den udløbne Vædskes Volumen, da Temperaturen i Flasken og Uret er den samme, være lig med det gennem Uret passerede Luftrumfang. For at overbevise os om, at Trykket virkelig er konstant hele Tiden, har vi indskudt et meget følsomt Manometer (Petroleumsmanometer) i Sugeledningen. Vi tillader en Svingning af ca. 2 mm Petroleum ved Skiftningen af Kamrene i Gasuret. Vandets Volumen bestemmes ved Vejning af det udløbne Vand og Korrektion af det fundne Tal ved Hjælp af den for Maaleren og Flasken fælles Temperatur; ved Division med 3 faas da den Faktor (lig Maalerkalibren), hvormed det af Maaleren registrerede Luftrumfang skal multipliceres for at være udtrykt i Liter. Af rent praktiske Grunde anføres sædvanligt Tal, der er 1000 Gange større, altsaa f. Eks. 973.7 i Stedet for 0.9737 (sml. Tabellerne).

Som foran omtalt, har vi under Anvendelse af denne Kalibreringsmetode udført to store Forsøgsrækker, den ene uden Termoregulation af Vandbadet, den anden efter at dette var forsynet med et temperaturregulerende Apparat, der holdt det paa 21° C. med Svingninger af $\frac{1}{20}^{\circ}$.

Tabel 4 A og B viser Resultaterne af Kalibreringerne af Maalerne, der er benyttet til O₂-Bestemmelse under den første Forsøgsrække, hvor vi ikke havde Termoregulation paa

Maalerbadet. Afdeling A gælder for 10 Timers Kontrollforsøg, B for 48 Timers Stofskiftforsøg. For den teoretiske Behandling er vi nødt til at skille Værdierne i disse to Grupper. Hver enkelt Værdi er Middeltal af 3 Kalibreringer, hver svarende til en hel Omdrejning af Maaleren.

Tabel 4. Kalibreringer af Maalerne uden
Termoregulation.

A) for 10 Timers Kontrollforsøg.

Maaler III			Forsøg Nr.	Maaler IV		
Kaliber	$10d$	$10^2 d^2$		Kaliber	$10d$	$10^2 d^2$
973.7	8	64	32	988.9	4	16
974.5 >				< 989.3 >		
978.4 >	40	1600	42	< 989.8 >	15	225
974.4 >				< 988.3 >		
972.9	15	225	43	< 988.5 >	2	4
972.7 >	19	361	45	< 987.4 >	12	144
974.6				< 988.6 >		
976.8 >	21	441	48	< 988.0 >	9	81
978.9				< 988.9 >		
976.5 >	8	64	50	< 988.6 >	1	1
977.3 >	11	121	51	< 988.7 >	2	4
978.4				< 988.9 >		
989.8 >	17	289	60	< 980.4 >	4	16
988.1 >				< 980.8 >		
991.0	29	841	61	< 982.0 >	12	144
992.9 >	2	4	62	< 983.4 >	11	121
993.1 >				< 984.5 >		
992.6	5	25	63	< 983.4 >	11	121
979.0 >	23	529	29	< 980.7 >	19	361
981.3 >				< 982.6 >		
980.9 >	4	16	30	< 983.0 >	4	16
976.1	48	2304	31	< 982.2 >	8	64

$$N_d = 14 \quad 10^2 \Sigma d^2 = 6884$$

$$\mu_m^2 = \frac{\Sigma [(\frac{1}{2}d)^2 + (\frac{1}{2}d)^2]}{N \cdot 2(2-1)}$$

$$\mu_m = \pm 10^{-1} \sqrt{\frac{6884}{4 \cdot 14}} = \pm 1.1.$$

$$N_d = 14 \quad 10^2 \Sigma d^2 = 1318$$

$$\mu_m^2 = \frac{\Sigma [(\frac{1}{2}d)^2 + (\frac{1}{2}d)^2]}{N \cdot 2(2-1)}$$

$$\mu_m = \pm 10^{-1} \sqrt{\frac{1318}{4 \cdot 14}} = \pm 0.5$$

B) for 48 Timers Stofskifteforsøg.

Maaler III			Forsøg Nr.	Maaler IV		
Kaliber	10 δ	10 ² δ^2		Kaliber	10 δ	10 ² δ^2
974.5 >	19	361	35	< 989.3 >	23	529
976.4 >	4	16	36	< 987.0 >	21	441
976.0 >	12	144	37	< 989.1 >	13	169
974.8 >	27	729	38	< 987.8 >	13	169
972.1 >	51	2601	39	< 986.5 >	17	289
977.2 >	13	169	40	< 988.2 >	4	16
975.9 >	5	25	41	< 987.8 >	6	36
976.4 >				< 987.2 >		
972.3 >	4	16	44	< 987.9 >	5	25
972.7 >				< 987.4 >		
974.6 >	6	36	46	< 988.6 >	15	225
975.2 >	16	256	47	< 987.1 >	9	81
976.8 >				< 988.0 >		
978.9 >	24	576	49	< 988.9 >	3	9
976.5 >				< 988.6 >		

$$N_{\delta} = 11 \quad 10^2 \Sigma \delta^2 = 4929$$

$$\mu_m^2 = \frac{\Sigma \delta^2}{4N}$$

$$\mu_m = \pm 10^{-1} \sqrt{\frac{4929}{4 \cdot 11}} = \pm 1.1$$

$$N_{\delta} = 11 \quad 10^2 \Sigma \delta^2 = 1989$$

$$\mu_m^2 = \frac{\Sigma \delta^2}{4N}$$

$$\mu_m = \pm 10^{-1} \sqrt{\frac{1989}{4 \cdot 11}} = \pm 0.7$$

Af disse to Tabeller 4 A og B fremgaar det, at begge Maalere under Forsøgene gennemgaaende har forandret deres Kaliber med Størrelser, der udgør ca. 2 ‰ af dennes Værdi. For Maaler III's Vedkommende har vi i enkelte Tilfælde, endog, noget større Svingninger. Mærkeligt nok synes Kaliberændringerne ikke at være synderlig større i de 48 Timers Forsøg end i de 10 Timers. Der maa formodentlig da foregaa en Slags Udligning i Løbet af den lange Forsøgstid.

Ved Beregningen af Forsøgene har vi, som foran omtalt, altid regnet med Middeltallet mellem de Værdier, der er fundet ved Kalibreringen før og efter de enkelte Forsøg. Under Tabellerne har vi beregnet Gennemsnitsværdien for Middelfejlens Kvadrat, μ_m^2 , svarende til Middeltallet mellem to og to Kalibreringer. Heraf faas igen Middelfejlen, μ_m , paa dette Middeltal for den paagældende Tabel.

Det ses, at μ_m har en Værdi, der for begge Tabellers

Vedkommende udgør ca. 1 ‰ af Urenes Kaliber. I den første Forsøgsrække, der svarer til de anførte Kalibreringer, har vi altsaa ved vor Fremgangsmaade til Bestemmelse af Urenes Kaliber under Forsøget overført en Middelfejl af omtrent denne Størrelse i Forhold til Maalerkaliberen paa Bestemmelsen af Ilten i Prøvetagningsluften.

I Tabel 5 har vi endelig sammenstillet Kalibreringerne af de to samme Maalere, som er behandlet i Tabel 4, men svarende til den sidste Forsøgsrække, hvor vi har forsynet Maalerbadet med Termoregulation.

Tabel 5. Kalibreringer af Gasurene med
Termoregulation.
48 Timers Stofskifteforsøg.

Maaler III		Maaler IV	
Kaliber	10 δ	Kaliber	10 δ
998.0 >	9	988.4 >	12
998.9 >	4	989.6 >	14
999.3 >	13	988.2 >	22
998.0 >	5	990.4 >	
998.5 >	8	974.1 >	3
999.3 >	18	974.4 >	8
1001.1 >		973.6 >	23
		975.9 >	

Det synes at fremgaa af Tabellen, at Kalibersvingningerne gennemgaaende er noget mindre end i Tabel 4 B. Til nogen Fejlregning (μ_m) er Materialet dog ikke stort nok. At Termoregulationen har sat Maalerfejlen ned, er dog utvivlsomt. Som det senere skal ses, giver dette sig tydeligt Udslag i en Forminskelse af Afvigelserne mellem Dobbeltbestemmelserne af Ilten i den udgaaende Kammerluft, og her er en Fejlregning mulig, da der til hver Kalibreringsdifferens, δ , svarer to Analyser af Luften, saaledes at Antallet af Værdier her bliver mere rimeligt.

Som Resumé af den nu afsluttede Fremstilling af vore Justeringsarbejder paa Gasurene fremgaar det da, at vi i første Forsøgsrække, hvor der ingen Termoregulation var, kan regne med, at Maalingen af Gennemsnitsprøven overfører en

Middelfejl, der udgør ca. 1 ‰ af Kaliberens Værdi, paa Iltbestemmelsen i den udgaaende Luft; i anden Forsøgsrække synes Fejlen at ligge omkring 0.7 ‰ af Kaliberens Værdi.

Kap. 3. Bestemmelsen af Iltprocenten i den indgaaende og udgaaende Kammerluft ved Forbrændingsanalysen.

Som foran omtalt, bestemmer vi Ilten i den udgaaende Kammerluft ved at brænde den i Overskud af ren Brint og veje det dannede Vand.

Vi har allerede i denne Afhandlings andet Afsnit, under Redegørelsen for vort Respirationsapparats almindelige Principper, sagt, at denne Metode er ny, og at vi anvender den, fordi vi ikke har kunnet opnaa brugelige Resultater med den af JAQUET og GRAFE benyttede Metode. Vore Resultater er i saa Henseende i Overensstemmelse med de Erfaringer, der er gjort af alle andre Forskere, der hidtil har arbejdet med Respirationsapparater til store Dyr. Saavel gennem Litteraturen som gennem mundtlige Konferencer med tyske og amerikanske Laboratoriers Ledere og Medarbejdere var det, allerede før vi skred til Bygningen af Apparatet, blevet os bekendt, at et Pettenkoferapparat til store Dyr i Almindelighed blev anset for uanvendeligt til en eksakt Iltbestemmelse, i hvert Fald med de Metoder, der indtil da stod til Raadighed. Naar vi alligevel byggede Apparatet efter Pettenkofertypen, var det, fordi vore Kontrolforsøg med den ny Metode viste os, at vi, selv om virkelig de gamle Principper svigtede, saa dog paa denne maa-ske lidt komplicerede Maade havde Sikkerhed for at kunne gøre en tilstrækkelig sikker Iltbestemmelse.

Da imidlertid GRAFES Resultater syntes os saa forbavsende gode, at de gav Haab om Jaquet-Metodens Anvendelse ogsaa for vort Apparat, og denne Metode er langt billigere end vor, har vi anset det for vor Pligt at gøre Forsøg paa at anvende den, inden vi blev staaende ved vor egen nye og ret kostbare Metode.

§ 1. *Kontrolforsøg med Jaquet-Metoden.*

Vi har anstillet disse Forsøg saaledes, at vi ledte CO₂ ind i Forkammeret, lod Klokkepumperne gaa og samtidig en af Prøvetagningspumperne suge en Gennemsnitsprøve ud af Luf-

ten. Den udsugede Luft førtes gennem den tilsvarende Maaler og derfra gennem CO_2 -Absorptionsledningen, som foran fremstillet. Før Indtrædelsen i denne Lednings Klorkalciumtaarne toges nøjagtig synkront med Prøvetagningspumpernes Gang en Prøve ud i en Kviksølvaspirator, der rummede 100 cm^3 og tømtes i Løbet af $1\frac{1}{2}$ —3 Timer. Aspiratoren var helt blæst i Glas og forsynet med en Kviksølvlaas, hvorigennem Luften boblede, saaledes at der ikke kan være Tale om Tab af CO_2 ved Diffusion gennem Gummislanger. Dens Hane var altid omhyggelig fedtet og var fuldstændig blank og klar gennemsigtig i sin Slibning. Det er da indlysende, at den CO_2 -Procent, der findes ved Vejning af Absorptionsrørene og Maaling paa Gasuret af den Mængde Luft, der er passeret Prøvetagningsledningen, skal være lig den CO_2 -Procent, der findes ved direkte Analyse af Aspiratorens Indhold paa Luftanalyseapparat. Da Vejefejlen er forsvindende og Maalerfejlen højst 2‰ , maa Afgivelsen i hvert Fald ikke være større end Fejlen paa Luftanalyseapparatet, d. v. s. 1 i anden Decimal eller ved et Indhold af 2‰ CO_2 i Luften ikke over 0.5‰ af Kulsyremængden. Resultaterne af disse Forsøg med Forkammeret fremgaar af nedenstaaende Talangivelser, om hvilke det dog udtrykkeligt maa fremhæves, at de repræsenterer de bedste af de udførte Forsøg.

Forsøg 66 a¹⁾. Tømning af Kviksølvaspiratoren i Løbet af $1\frac{1}{2}$ Time.

Passeret Maaler III: 238.5 l Luft

Fundet CO_2 ved Absorption: $9.56 \text{ g} = 4.86 \text{ l} = 2.037\text{‰}$ CO_2

Fundet CO_2 ved Luftanalyse: $\quad\quad\quad = 2.016\text{‰}$ CO_2

Diff.: $-0.021 = 1.03\text{‰}$

Forsøg 66 b. Tømning af Kviksølvaspiratoren i Løbet af 3 Timer.

Passeret Maaler III: 508.7 l Luft

Fundet CO_2 ved Absorption: $24.01 \text{ g} = 12.20 \text{ l} = 2.399\text{‰}$ CO_2

Fundet CO_2 ved Luftanalyse: $\quad\quad\quad = 2.325\text{‰}$ CO_2

Diff.: $-0.074 = 3.18\text{‰}$

Efter disse Forsøg har vi anstillet andre med Hovedkammeret i det Haab, at den mindre Ventilation og den stærke Ventilator, vi har her, skulde give gunstigere Resultater. Forsøgene er gengivet nedenfor:

¹⁾ Det anvendte Luftanalyseapparat var et Bohr-Tobiesen-Apparat med to Kugler og et Burretterumfang af 50 cm^3 .

Forsøg 72. Tømning af Kviksølvaspiratoren i Løbet af 3 Timer.

Passeret Maaler III: 553.5 l Luft

Fundet CO₂ ved Absorption: 25.04 g = 12.73 l = 2.300 % CO₂

Fundet CO₂ ved Luftanalyse: 2.165 % CO₂

Diff.: — 0.135 = 5.9 % af Kulsyren.

Forsøg 73. Tømning af Kviksølvaspiratoren i Løbet af 3 Timer.

Passeret Maaler III: 477.2 l Luft

Fundet CO₂ ved Absorption: 28.11 g = 14.29 l = 2.994 % CO₂

Fundet CO₂ ved Luftanalyse: 2.639 % CO₂

Diff.: — 0.355 % = 11.8 % af Kulsyren.

Det fremgaar af disse Forsøg, at Jaquet-Metoden giver for lave Resultater. I det første Forsøg, hvor Prøvetagningen er $\frac{1}{2000}$, er Fejlen mindst og ikke større end, at Metoden vel kunde anvendes. Da Kviksølviceipienten imidlertid, naar Prøvetagningen skal have denne Størrelse, tømmes i Løbet af $1\frac{1}{2}$ Time, vil en Gennemførelse af Forsøg paa 24—48 Timer med denne Prøvetagning næsten være umulig af rent praktiske Grunde. I de andre Forsøg, hvor Prøvetagningen er halvt saa stor, $\frac{1}{4000}$, er Fejlene saa store, at man foreløbig ikke kan tænke paa at anvende Metoden ved vort Apparat.

Da den til Kontrollforsøgene anvendte Metode vel maa siges at være uangribelig, kan vi foreløbig ikke give anden Forklaring paa de daarlige Resultater end den, at Luften i de store Apparater ikke lader sig blande tilstrækkeligt til, at den ringe Prøve, som JAQUETS Metode tillader at udtage, virkelig kan blive en Gennemsnitsprøve. For at opnaa dette, for altsaa virkelig i Løbet af Forsøgstiden at udligne Virkningen af den ufuldkomne Luftblanding, maa man sikkert udtage langt større Prøver, end Jaquet-Metoden tillader, saaledes som vi allerede før Apparatets Bygning havde anet, hvorfor vi netop indrettede vore Prøvetagningspumper til at tage en Prøve paa mindst $\frac{1}{60}$ af den passerende Luftmængde.

For at undersøge Blandingen af Luften nærmere, har vi under et Kontrollforsøg, der anstilledes med Hovedkammeret, taget samtidige Prøver af Kammerluften og Luften i Rørledningen lige uden for Kammeret. Vi fandt:

Kl. 2²⁰ Prøve fra Kammeret: O₂ 19.15 % CO₂ 1.29 %

— Prøve fra Røret: O₂ 19.20 % CO₂ 1.27 %

Kl. 4⁰⁵ Prøve fra Kammeret: O₂ 19.14 % CO₂ 1.34 %

— Prøve fra Røret: O₂ 19.05 % CO₂ 1.30 %

Det fremgaar heraf, at Luften ikke har samme Sammensætning i selve Hovedkammeret og lige ved dets Udsugningsaabning.

Disse Analyser støtter da den Forklaring paa Jaquet-Metodens Ubrugelighed, der foreløbig synes os at være den eneste mulige, nemlig at Luften ikke er tilstrækkelig blandet. Vi har derfor for Øjeblikket opgivet at anvende denne Metode, skønt den vilde gøre Apparatet en Del billigere at drive. Nøjagtigere end vor Metode kan den i sin nuværende Skikkelse ikke blive, selv om vi kunde opnaa lige saa gode Resultater som GRAFE.

§ 2. Forbrændingsanalyser af Atmosfæren.

Fejlen paa Bestemmelsen af Iltprocenten ved den af os uddannede Forbrændingsmetode hidrører fra fire forskellige Kilder, nemlig: Maalerens Kaliberfejl, Vedhængningen af Vand paa Kølerens Inderside, Vejefejl og endelig ufuldstændig Forbrænding af Ilten.

Den første Fejlkilde er omtalt i det foregaaende Kapitel. Hvad Vedhængningen af Vand angaar, er det utvivlsomt, at en Del af det dannede Vand bliver siddende paa Kølerørets Inderside. Naar man imidlertid, som vi altid har gjort, lader Flammen brænde inde i Riffelovnen i ca. $\frac{1}{2}$ Time, inden Forsøget begynder, vil Fejlen, der hidrører fra denne Vedhængning, formindskes betydeligt, idet der omtrent vil hænge lige saa meget Vand i Røret ved Forsøgets Slutning som ved dets Begyndelse. Helt fri for Fejl bliver vi dog ikke. Saa vidt Forholdet lader sig overse i Detailler, synes der af og til at kunne være en Forskel af omkring $\frac{1}{2}$ cm³ paa den vedhængende Vandmængde ved Forsøgets Slutning og dets Begyndelse. Naar det drejer sig om et Forsøg paa 24 Timer, spiller denne Fejl ikke nogen Rolle, idet den samlede Mængde Vand, der dannes i dette Tidsrum, er 800 til 1200 cm³, alt efter den udtagne Prøves Størrelse og Pumpens Omløbshastighed. Vandvedhængningen betinger da kun en Fejl paa højst 0.5 ‰. Anderledes bliver det, naar vi forkorter Forsøgstiden, idet Fejlen ligefrem vokser proportionalt med Forsøgstidens Aftagen. Mere end til 10 Timer lader det sig saaledes med Apparatets nuværende Konstruktion ikke gøre at forkorte Tiden, idet vi saa kommer ned paa en Vandmængde af 500 cm³ ved 5 Omdrejninger pro

Minut af Pumpen, altsaa paa en Fejl af 1 ‰ i Maksimum, hvilket er lig med Fejlen paa Maalerkaliberen. Vandvedhængningen paa Køleren sætter altsaa foreløbig en Grænse for Forsøgstidens Indskrænkning. Vi kan derfor endnu ikke anvende Metoden til Iltbestemmelser ved Forsøg over Fordøjelsesarbejdets Størrelse eller lignende fysiologiske Faktorer, hvis Undersøgelse netop kræver kortvarige Forsøg.

I Modsætning til Vandvedhængningen er Vejefejlen betydningssløs. Vi vejer Frysebeholderen og Klorcalciumrørene med Decigram. Hvert Forsøg giver 3 Vejninger før og 3 Vejninger efter Forsøget. Fejlen kan da højst blive 3 Decigram. For et 10 Timers Forsøg, der giver 500 g Vand, er det altsaa en Maksimalfejl af 0.5 ‰, der ikke spiller nogen væsentlig Rolle. Ved et Forsøg paa 24 Timer bliver Fejlen naturligvis fuldkommen betydningssløs.

Tilbage er Spørgsmaalet, hvorvidt Forbrændingen af Ilten er fuldstændig. Teoretisk maa dette Spørgsmaal naturligvis besvares med nej, da Processen, som kemiske Processer i Almindelighed, maa anses for at være reciprok. Spørgsmaalet er imidlertid, om dette Forhold medfører, at kendelige Mængder af O_2 undviger af Flammen.

I to Tilfælde har vi analyseret Luften, der passerer ud af Brænderen, paa et almindeligt Bohrs-Luftanalyseapparat, idet vi under et Forsøg tog en Prøve ud mellem de to sidste Klorcalciumrør paa den ene af Analyseledningerne. Flammen havde da brændt i ca. 8 Timer, saaledes at vi maatte antage, at saavel Messingbeholderen som U-Rørene var befriet for den atmosfæriske Luft, der stod i dem ved Forsøgets Begyndelse. Resultatet af Analyserne var følgende:

I. Før Absorption i Pyrogallol:	9.758	> 0.009
Efter " " "	9.749	
II. Før Absorption i Pyrogallol:	9.752	> 0.008
Efter " " "	9.744	

Da man maa regne med, at Apparatets Fejl kan naa til 5 i tredje Decimal, kan der næppe være Tale om et Iltindhold paa mere end 0.04 ‰, hvilket, hvis det virkelig skyldes Undvigelse af Ilt gennem Flammen og ikke en lille Rest af atmosfærisk Luft, vil give en systematisk Fejl paa Iltbestemmelsen, lig 2 ‰ af Iltprocenten.

Naar man med samme Metode bestemmer Iltindholdet baade i den indgaaende og den udgaaende Luft, vil den Slags Fejl naturligvis ikke gøre sig gældende paa disse to Størrelses Differens, d. v. s. paa Iltforbruget, saafremt de da ikke kan variere fra den ene Gang til den anden.

Som det senere skal ses, er det højst tvivlsomt, om en saadan Undvigelse af Ilt virkelig forekommer under nogen som helst Form, konstant eller varierende, og under alle Omstændigheder kommer den ikke til at spille nogen kendelig Rolle for Iltbestemmelsens Nøjagtighed (sml. Pag. 252 og 256).

Efter at vi ved de nævnte Undersøgelser har faaet en Forestilling om selve Forbrændingsprocessens Forløb og set, at Reaktionen i hvert Fald synes at forløbe saa fuldstændigt, at der ikke kan være noget i Vejen for at anvende Flammen til Analyse, bliver det naturligvis vor næste Opgave at prøve hele den paa Grundlag af Flammereaktionen uddannede Metode ved at analysere en Luftblanding, hvis Sammensætning er bekendt. Da det drejer sig om Analyse af store Mængder Luft, fordi Apparaterne ifølge den foregaaende Redegørelse for Vandvedhængningens Betydning maa arbejde i mindst 10 Timer, og vi desuden absolut maa kende Sammensætningen af den i Kammeret indgaaende Luft, analyseret med samme Metode, som vi anvender til Analysen af den udgaaende Luft, har vi ganske naturligt prøvet vor Metode paa ren atmosfærisk Luft, hentet uden for Bygningen i god Afstand fra Mure, Tag og Skorstene. Som bekendt er den gennemsnitlige Sammensætning af Atmosfæren næsten konstant for en bestemt Højde over Vandfladen. Mindre Variationer kan man naturligvis let undersøge ved samtidig med Forbrændingsanalyserne at udføre en Del Analyser paa almindelige Luftanalyseapparater (vi anvender Bohr-Tobiesen-Apparatet).

Inden vi gaar over til nærmere at betragte Resultaterne af Atmosfæreforsøgene, vil det være hensigtsmæssigt at gøre Rede for Gangen i selve Beregningen af den Iltmængde, der svarer til det dannede, vejede Vand.

Ifølge LANDOLT-BÖRNSTEIN¹⁾ vejer 1 Liter Ilt 1.4292 g ved 0°, 760 mm, 45° Bredde og Havets Overflade. Vægten andetsteds faas ved Multiplikation med f, hvor

¹⁾ LANDOLT-BÖRNSTEIN, Physikalisch-chemische Tabellen. 4. Aufl. 1912, S. 148.

$f = 1 - 0.002644 \cos 2 \varphi + 0.000007 \cos^2 2 \varphi - 0.0000003086 H$,
hvor φ er Stedets Bredde og H Højden over Havoverfladen
udtrykt i Meter.

Bredden er for Laboratoriet her $55^{\circ} 41'$, Højden kan
sættes til ca. 10 m, men er naturligvis, da den er lille, uden
væsentlig Betydning.

Man faar da: $f = 1.00096$, og 1 Liter Ilt vejer da her paa
Laboratoriet **1.43057 g**.

$$100 \text{ g Vand} = 100 \frac{32}{36.032} \text{ g O}_2 = 88.81 \text{ g}^1) \text{ O}_2. \quad 88.81 \text{ g O}_2$$

har ved 760 mm og 0° ifølge det foregaaende et Rumfang af

$$\frac{88.81}{1.43057} \text{ l} = 62.08 \text{ l}^2).$$

Vi beregner altsaa den til det fundne Vand svarende Ilt-
mængde, maalt i Liter, ved at multiplicere Vandets Vægt, maalt
i Gram, med Faktoren **0.6208**.

I nedenstaaende Tabel 6 har vi opført Resultaterne af Ilt-
bestemmelserne i atmosfærisk Luft, udførte med Forbræn-
dingsapparatet.

De 23 af disse Bestemmelser ligger alle efter det Tidspunkt,
hvor vi begyndte at kalibrere vore Maalere før og efter For-
søget. De tre første hidrører fra Tiden før dette Tidspunkt og
er derfor regnet med halv Vægt i Forhold til de andre, idet
de repræsenterer Middeltal af Dobbeltbestemmelser, medens
alle de andre er Værdier for Enkeltanalyser. De 22, der ligger
inden for de to vandrette Streger, hører parvis sammen som
Dobbeltanalyser. Den sidste er en Enkelbestemmelse, idet
den tilsvarende Analyse paa den anden Ledning mislykkedes.
Samtlige Bestemmelser gælder for Forsøg paa 10 Timer eller
derover. Værdierne angiver Procent Ilt i Atmosfæren. Alle
Forsøgene er udført inden for det Tidsrum, da Maalerne ikke
var forsynet med Termoregulation.

Af Tabellen fremgaar det, at samtlige Værdier grupperer
sig omkring Middeltallet 20.91.

Som foran omtalt, repræsenterer de 22 af de i første
Kolonne opførte Værdier i Virkeligheden 11 Dobbeltanalyser.
Der er altsaa for saa vidt Korrelation mellem to og to af disse

¹⁾ Med 4 Decimaler: 88.8099.

²⁾ Med 4 Decimaler: 62.0801.

Tabel 6. Iltbestemmelser i Atmosfæren ved
Forbrændingsmetoden.

Fundne O ₂ %	O ₂ %, Middel af 1. Kolonne	10 ³ d	10 ⁶ d ²	10 ² δ	10 ⁴ δ ²
20.86	20.860	— 52	2704		
20.85 >	20.850	— 62	3844		
20.85					
20.88 >	20.890	— 22	484	2	4
20.90 >					
20.89 >	20.875	— 37	1369	3	9
20.86 >					
20.87 >	20.860	— 52	2704	2	4
20.85 >					
20.98 >	20.945	+ 33	1089	7	49
20.91 >					
20.97 >	20.940	+ 28	784	6	36
20.91 >					
20.91 >	20.935	+ 23	529	5	25
20.96 >					
20.86 >	20.870	— 42	1764	2	4
20.88 >					
20.95 >	20.935	+ 23	529	3	9
20.92 >					
20.98 >	20.985	+ 73	5329	1	1
20.99 >					
20.98 >	20.970	+ 58	3364	2	4
20.96 >					
20.95 >	20.945	+ 33	1089	1	1
20.94					
20.91	20.910	— 2	4		

$$M = 20.912 \quad 10^6 \Sigma d^2 = 25586$$

$$N_{\delta} = 11 \quad 10^4 \Sigma \delta^2 = 146$$

$$N = 14 \quad \sigma = \pm 10^{-3} \sqrt{\frac{25586}{13}}$$

$$\mu = 10^{-2} \sqrt{\frac{146}{2 \cdot 11}} = \pm 0.026$$

$$\sigma = \pm 0.044$$

$$\mu_m^2 = \frac{\Sigma[(\frac{1}{2}\delta)^2 + (\frac{1}{2}\delta)^2]}{N \cdot 2 \cdot (2-1)}$$

$$m = \pm \frac{0.044}{\sqrt{14}}$$

$$\mu_m = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{146}{4 \cdot 11}}$$

$$m \pm = 0.012$$

$$\mu_m = \pm 0.018$$

Analyser, som de er foretaget med samme Sammensætning af Atmosfæren, medens dette ikke nødvendigvis er Tilfældet for de forskellige Analysepars Vedkommende.

Til Brug for en simpel Middelfejlsberegning over samtlige Variationer af de med Forbrændingsmetoden fundne Iltprocenter har vi derfor ment det rigtigt at benytte Middeltallene af de opførte Dobbeltanalyser, idet vi derved faar Værdier, der er helt uafhængige af hinanden, at regne med.

Disse Middeltal er opført i Tabellens anden Kolonne sammen med den sidste Enkeltbestemmelse, og for de tre første Værdiers Vedkommende har vi, for igen at give dem en mindre Vægt, dannet Middeltallet af de to af dem.

Det fremgaar af Tabellen, at Middeltallet af samtlige Værdier bliver 20.912, samt at Middelafrvigelsen paa den enkelte Bestemmelse faar Værdien $\sigma = \pm 0.044$, altsaa udgør ca. 2 ‰ af Middeltallets Værdi. Af denne faas igen Middelafrvigelsen paa Middeltallet $m = \pm 0.012$.

Spørgsmaalet er nu, hvorfra disse Variationer, der i Forsøget vel optræder som Fejl, hidrører.

Der er her to Muligheder, nemlig: Svingninger i Atmosfærens Iltindhold og metodiske Fejl.

Nu er det indlysende, at medens Afrvigelserne mellem de uafhængige Middeltal i Kolonne 2 kan skyldes begge disse Fejlkilder, kan Afrvigelserne mellem to samtidigt udførte Analyser kun skyldes tilfældige metodiske Fejl. Vi har altsaa en Mulighed for ved Behandling af det foreliggende Talmateriale til en vis Grad at udskille og skaffe os en Førestilling om Størrelsen af den Middelfejl, som tilfældige metodiske Fejl medfører. Derimod kan vi ikke alene paa Grundlag af Tabel 6 udtale os om Muligheden for systematiske Fejl, der rammer begge Analyser samtidigt.

I Tabellens 5. Kolonne har vi under Betegnelsen δ opført samtlige Differenser mellem de udførte Dobbeltanalyser. Det ses straks, at disse Værdier gennemgaaende er noget lavere end Værdierne for d. Beregnes ud af disse Differenser, efter samme Princip som vi anvendte for Maalerkalibrenes Vedkommende, den gennemsnitlige Værdi for Middelfejlen paa den enkelte Dobbeltanalyse μ , faas Værdien ± 0.026 .

I Værdien for σ indgaar altsaa som den ene Komponent en metodisk Middelfejl af Størrelsen ± 0.026 . Spørgsmaalet er da, om den anden Komponent udelukkende skyldes Svingninger i Atmosfæren, eller der kan være Tale om systematiske metodiske Fejl, der bevirker en korreleret Forskydning af

de enkelte Dobbeltanalyser og derved forøger Afvigelseerne mellem Tallene i Kolonne 2.

Vi har søgt at faa Oplysninger om dette Spørgsmaal ved inden for det samme Tidsrum, hvori Forbrændingsanalyserne er udført, at foretage almindelige Luftanalyser af Atmosfæren med flere eller færre Dages Mellemrum. Analyserne blev foretaget paa et Bohr-Tobiesen-Apparat med 2 Kugler og en 50 cm³ Burette. Resultaterne er opført i Tabel 7.

Det fremgaar for det første af denne Tabel, at Middeltallet af alle Analyserne er 20.91, altsaa det samme som for Forbrændingsanalysernes Vedkommende. Denne Overensstemmelse er meget værdifuld, idet den viser, at den foran diskuterede mulige systematiske Undvigelse af Ilt fra Flammen ikke foregaar i saa stor Udstrækning, at den er i Stand til at forandre Værdien for Atmosfærens gennemsnitlige Iltindhold. Men dette vil igen sige, at der ikke kan være Tale om et konstant Tab af Ilt ved Forbrændingsanalysen, idet dette nødvendigvis maatte medføre en lavere Gennemsnitsværdi (en Fejl paa 2 ‰ vilde trykke samtlige Analyser ned med en Værdi af 4 i anden Decimal).

Tabel 7. Analyser af Atmosfæren paa Bohr-Tobiesen-Apparatet.

Fundne O ₂ %	10 ² d	10 ⁴ d ²
²⁶ / ₆ 20.90	—1	1
²⁷ / ₆ 20.91	±0	0
²⁸ / ₆ 20.89	—2	4
²⁸ / ₆ 20.90	—1	1
³⁰ / ₆ 20.90	—1	1
²² / ₆ 20.93	+2	4
²² / ₆ 20.93	+2	4
⁶ / ₁₀ 20.92 F	+1	1
⁶ / ₁₀ 20.89 E	—2	4
⁹ / ₁₀ 20.93 F	+2	4
⁹ / ₁₀ 20.91 E	±0	0
⁹ / ₁₀ 20.91 E	±0	0
²⁵ / ₁₀ 20.90	—1	1

$$M = 20.91 \quad 10^4 \Sigma d^2 = 25$$

$$N = 13. \quad \sigma = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{25}{12}}$$

$$\sigma = \pm 0.014$$

Vi gaar nu ud fra, at den her fundne Værdi for σ alene skyldes Variationer i Atmosfærens Iltindhold, hvad vi til en vis Grad er berettiget til, fordi den metodiske Fejl paa selve Analysen næppe overstiger 1 i anden Decimal og altsaa langt fra kan dække de her fremkomne Afvigelser mellem de enkelte Observationer. Middelfejlen paa den enkelte Forbrændingsanalyse skulde da, om ikke andre Fejl spillede en Rolle med, kunne dannes alene ved Kombination af de to Værdier ± 0.026 og ± 0.014 . Udføres denne Kombination, faas en teoretisk beregnet Middelfejl paa den enkelte Forbrændingsanalyse lig med:

$$\sigma \text{ bereg.} = \pm \sqrt{0.026^2 + 0.014^2} = \pm 0.030$$

Da den fundne Værdi for σ er ± 0.044 , vil dette altsaa sige, at vi gennem Kombinationen af Atmosfæresvingninger og tilfældige metodiske Fejl kun synes at kunne gøre Rede for $\frac{2}{3}$ af den fundne Standardafvigelse.

Dette Resultat kunde jo unægtelig tyde paa, at der virkelig findes en Fejl, der forskyder begge Dobbeltanalyser i samme Retning. Vi har imidlertid forgæves søgt at finde denne Fejl. Vor første Tanke var, at den kunde skyldes Variationer i Iltforbrændingens Fuldstændighed som Følge af Urenheder i Brinten¹⁾, idet begge Analyser udføres med Brint fra samme Bombe. Da en Bombe imidlertid indeholder 6000 l, og et 10 Timers Kontrollforsøg kun bruger ca. 3000 l, er der faktisk flere af de afvigende Middeltal, der er bestemt ved Analyser, som er helt eller næsten helt udført med samme Brintbombe. Sandsynligheden for, at Brintens Beskaffenhed kan forklare Afvigelsen mellem den beregnede og den fundne Værdi for σ , er derfor meget ringe.

En anden Mulighed er derimod, at Kalibrene paa de to Gasure, der anvendes til Iltbestemmelserne, har en vis Tilbøjelighed til at forandres i samme Retning, fordi de staar i fælles Vandbad og derfor under samme Kaar med Hensyn til Temperatur og Vanddampspænding. Vi har dog ikke kunnet

¹⁾ Der kunde ogsaa være Tale om Urenheder i selve den atmosfæriske Luft; saadanne maa vi imidlertid foreløbig se bort fra, da de i hvert Fald foreløbig unddrager sig enhver Kontrol.

se noget tydeligt i denne Retning og har derfor foreløbig opgivet at finde den omtalte Fejl.

Dette er for saa vidt ogsaa berettiget, som Fejlen ikke kan være saa stor, at den spiller nogen nævneværdig Rolle for Beregningen af Stofskifteforsøgene. Værdien $\sigma = \pm 0.044$ har en

Middelfejl: $\sqrt{\frac{\sigma^2}{2(N-1)}} = \pm 0.009$.

Tallet ± 0.035 er da lige saa godt som ± 0.044 . Da vi ved Kombinationen af Atmosfæresvingninger og tilfældige metodiske Fejl fandt ± 0.030 , er Afvigelsen i Virkeligheden saa ringe, at den korrelerede Forskydning af Dobbeltanalyserne, som der kan være Tale om, ikke faar nogen Betydning for den senere omtalte Beregning af den teoretiske Middelfejl paa Bestemmelsen af Iltforbruget, hvorfor det maa være berettiget foreløbig at se bort fra dens mulige Eksistens.

Vi vil da nu vende tilbage til de tilfældige metodiske Fejl, der dog aabenbart er de vigtigste Kilder til de Variationer, Iltbestemmelserne viser, og undersøge, hvorvidt det er muligt ad Beregningens Vej at sige noget om deres Oprindelse.

I selve Stofskifteforsøgene benytter vi Middeltallet mellem Dobbeltanalysernes Værdier. Under Tabel 6 har vi efter den før anførte Formel udregnet den gennemsnitlige Værdi for Middelfejlene paa Middeltallet mellem saadanne to samtidigt udførte Analyser til Værdien $\mu_m = \pm 0.018$. Paa Side 240 har vi under Behandlingen af Tabel 4 A anført, at den Middelfejl, Maalerne overfører paa Bestemmelsen af Ilten i Prøvetagningsluften for den 10 Timers Forsøgsrække, hvor Gasurene ikke havde Termoregulation, og hvortil alle dobbelte Atmosfæreforsøg hører, andrager ± 1.1 for Maaler III og ± 0.5 for Maaler IV.

Beregningen af Iltprocenten i Luften foregaar nu efter Formlen $O_u = \frac{O_2 \cdot 100}{R}$, hvor O_2 er det Rumfang Ilt, maalt i Liter, der svarer til det fundne Vand, og R er det Rumfang Luft, maalt i Liter, som har passeret det tilsvarende Gasur. Af disse Størrelser kan O_2 regnes for fejlfri, da Vejfejl er betydnings-

løs og Vandvedhængningen ikke spiller nogen Rolle for langvarige Forsøg. Under denne Forudsætning har man da, naar O_u betyder Iltprocenten i Luften:

$$\frac{dO_u}{dR} = -\frac{100 O_2}{R^2} \text{ og følgelig } \mu_{Ou} = \pm \frac{100 O_2}{R^2} \cdot \mu_R$$

Indsættes heri følgende Værdier fra et af Atmosfæreforsøgene (Forsøg 45: 20.91—20.96% O_2)

	O_2	R
M_{III}	278.0 l	1329.7 ± 1.5
M_{IV}	268.4 l	1280.3 ± 0.7

faar man

$$\text{for Maaler III } \mu_{OuIII} = \pm \frac{27800}{1329.7^2} \cdot 1.5 = \pm 0.024$$

$$\text{for Maaler IV } \mu_{OuIV} = \pm \frac{26840}{1280.3^2} \cdot 0.7 = \pm 0.012$$

Da Middeltallet mellem de to Iltbestemmelser fremgaar af deres Sum divideret med 2, har man for Middelfejlen paa dette Middeltal:

$$\mu_m^2 Ou = \frac{1}{2} (0.024^2 + 0.012^2)$$

$$\text{og heraf } \mu_{mOu} = \pm 0.019.$$

Dette Resultat gælder ikke alene det her anvendte Forsøg, men samtlige Atmosfæreforsøg, da Værdierne for O_2 og R har næsten samme Størrelse for dem alle, idet de alle har været ca. 10 Timer, og Maskinen har gaaet omtrent lige hurtigt.

Af de virkelig foretagne Analyser beregnede vi Middelfejlen paa det samme Middeltal til

$$\mu_m = \pm 0.018.$$

Overensstemmelsen er altsaa overordentlig smuk, hvilket er meget betydningsfuldt, fordi det viser, at Iltbestemmelsen ikke er behæftet med tilfældige metodiske Fejl, der gør sig gældende over for Maalerfejlen, og at det derfor er rigtigt at gøre alt for netop at indskrænke Maalernes Kalibersvingninger saa meget som muligt, hvad vi jo netop ogsaa har gjort ved at give Maalerbadet en fint virkende Termoregulation og indskyde Apparater til Sikring af Luftens Mætning med Vanddamp, før den træder ind i det paagældende Gasur.

Den anførte Beregnings Resultat viser altsaa ogsaa, at vi ikke behøver at frygte for Variationer imellem de to Brændere med Hensyn til Iltforbrændingens Fuldstændighed.

Da der, som omtalt Side 252, ikke kan være Tale om et systematisk, konstant Tab af Ilt, fordi Metoden giver samme Middeltal for Atmosfærens Iltindhold som Bohr-Tobiesen-Analysen, bliver der da kun tilbage den foran omtalte korrelerede Forskydning, der kunde tænkes at skyldes Urenheder i Brinten eller Luften. Som det fremgik af Beregningen, er dens Eksistens imidlertid tvivlsom, og under alle Omstændigheder synes den at være saa lille, at der med Rette kan ses bort fra den.

§ 3. *Bestemmelsen af Ilten ved Forbrændingsanalyse under Stofskifteforsøget.*

I den foregaaende Paragraf har vi nu undersøgt Iltbestemmelsens Nøjagtighed, for saa vidt denne angaar Gasurene og selve Forbrændingsanalysen med dens Apparat af Forbrændingsapparater, Kølerør og vejelige Vandbeholdere.

Et for Stofskifteforsøget yderst vigtigt Forhold har imidlertid i det foregaaende ikke været optaget til Undersøgelse, nemlig Spørgsmaalet om Prøvetagningens Nøjagtighed. Her har vi endnu en Fejlkilde, som Atmosfæreanalyserne absolut ikke tillader os at overse.

Da nemlig Luften i disse Forsøg ikke undergaar nævneværdige Forandringer i sin Sammensætning, er det naturligvis ganske ligegyldigt for Bestemmelsen af Iltprocenten, hvorledes Prøvetagningen foregaar. Spørgsmaalet, om der virkelig opnaas en Gennemsnitsprøve af den udgaaende Kammerluft og derfor en Bestemmelse af dennes Iltprocent med den foran omtalte metodiske Nøjagtighed ($\mu = \pm 0.026$), kommer slet ikke ind i disse Forsøg, der kun angaar Analysen af den udtagne Prøve.

Helt anderledes stiller Spørgsmaalet sig, naar vi gaar til de virkelige Stofskifteforsøg. Her varierer den udgaaende Lufts Iltindhold alt efter Dyrets Iltforbrug, og Luften er endda ikke fuldstændig blandet. Det bliver da for Alvor et Spørgs-

maal, om Iltbestemmelsen i den udgaaende Kammerluft under disse Forhold kan gøres lige saa sikkert, som naar denne Luft kun bestaar af atmosfærisk Luft.

Fra den tekniske Beskrivelse af Prøvetagningspumperne erindres det nu, at vi har indstillet Harperne paa deres Styrestænger saaledes, at de arbejder alternerende. Denne Forholdsregel har ikke alene sin Grund i en nødvendig Afbalancering af Vægtene omkring Pumpeaksen, men skyldes ogsaa Hensyn netop til Spørgsmaalet om Kontrollen med Prøvetagningen. Indstillingen er nemlig udført saaledes, at Harperne paa de to Pumper, der sender Luft til Iltbestemmelsesapparaterne, er drejet 180° i Forhold til hinanden, saaledes at den ene gaar ned, naar den anden gaar op. Følgen heraf er, at de to Pumper aldrig vil komme til at tage Prøver af samme Luftmængde. Mekanismen virker altsaa, som om der lages Prøve ud paa to forskellige Steder af den udførende Rørledning. Da Luften ikke er fuldstændig blandet, vil den hyppigt have forskellig Sammensætning ved de to efter hinanden følgende Prøvetagninger. Hvis Prøverne ikke er virkelige Gennemsnitsprøver af det ved hver Prøvetagning passerede Lufrumfang, og den omtalte Forskellighed i Luftsammensætningen, hidrørende fra den mangelfulde Blanding, ikke udlignes i Løbet af en tilstrækkelig lang Forsøgstid, vil Iltbestemmelsen naturligvis give større Fejl ved Stofskifteforsøgene end ved Atmosfæreforsøgene. Hvis omvendt Prøverne er Gennemsnit af Luften, og den mangelfulde Blanding udlignes, skal de metodiske Fejl paa Iltbestemmelserne blive de samme ved Stofskifteforsøgene som ved Atmosfæreforsøgene. Altsaa, hvis dette sidste er Tilfældet, skal Værdien for μ , beregnet af Differenserne mellem Dobbeltanalyserne, udførte under Stofskifteforsøgene med Dyret, være lig med Værdien for samme μ , beregnet af Atmosfæreforsøgene. Det vil sige, hvis Prøvetagningen er i Orden, skal hele Apparatet, indbefattet Prøvetagningspumperne, give samme Nøjagtighed, hvad enten det analyserer Luft med konstant eller varierende Sammensætning.

I Tabel 8 har vi opført Resultaterne af Dobbeltbestemmelserne af Ilt i den udgaaende Luft under de første Stofskifteforsøg, der ligesom Atmosfæreforsøgene er udført uden Termoregulation paa Maalerbadet.

Tabel 8. Iltbestemmelser i den udgaaende Kammerluft
under den første Række Stofskifteforsøg.
(Uden Termoregulation paa Maalerbadet).

Fundne O ₂ % ved Dobbeltanalyser Maaler III Maaler IV	10 ² δ	10 ⁴ δ^2
19.83 — 19.82	1	1
19.70 — 19.70	0	0
19.65 — 19.66	1	1
19.75 — 19.70	5	25
19.67 — 19.65	2	4
19.56 — 19.54	2	4
19.83 — 19.74	9	81
19.80 — 19.77	3	9
19.80 — 19.75	5	25
19.74 — 19.76	2	4
19.77 — 19.83	6	36
19.84 — 19.76	8	64
19.72 — 19.74	2	4
19.73 — 19.72	1	1
19.75 — 19.72	3	9
19.63 — 19.73	10	100
19.73 — 19.76	3	9
19.74 — 19.74	0	0
19.72 — 19.74	2	4

$$N_{\delta}=19 \quad 10^4 \cdot \Sigma \delta^2 = 381$$

$$\mu = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{381}{2.19}} = \pm 0.032$$

$$\mu_m = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{381}{4.19}} = \pm 0.022.$$

Det fremgaar af Beregningerne under Tabellen, at vi har fundet følgende Værdier for μ og μ_m :

$$\mu = \pm 0.032$$

$$\mu_m = \pm 0.022.$$

Ved Atmosfæreforsøgene fandt vi (Side 250)

$$\mu = \pm 0.026$$

$$\mu_m = \pm 0.018.$$

Det ses altsaa, at der ikke er fuldstændig Overensstemmelse mellem de metodiske Middelfejl paa Iltbestemmelsen under Stofskifteforsøgene og under Atmosfæreforsøgene. Fejlene synes

lidt større for Stofskifteforsøgenes Vedkommende, saaledes at det ser ud, som om de ugunstigere Betingelser for Prøvetagningen medfører en lille Forhøjelse af Fejlen paa Iltbestemmelsen. Dog kan man ikke slutte noget absolut, fordi alle Værdierne er tilnærmede, og for Anvendelsen af Værdien for Iltprocenten ved Beregningen af Stofskifteforsøget spiller dette Forhold absolut ingen Rolle, idet vi her har at gøre med Værdien μ_m og kun angiver Iltprocenten med 2 Decimaler, saaledes at vi under alle Omstændigheder skal regne med en Middelfejl, $\mu_m = \pm 0.02$, paa det ved Stofskifteforsøget anvendte Middeltal mellem Dobbeltbestemmelserne af Iltprocenten.

Vi kan altsaa i Almindelighed slutte, at Variationen af Luftens Sammensætning og dens ufuldstændige Blanding ikke medfører kendelige Fejl paa Bestemmelsen af Iltprocenten i den udgaaende Kammerluft.

Ligesom for Atmosfæreforsøgene kan man naturligvis ogsaa for Stofskifteforsøgenes Vedkommende beregne Middelfejlen paa en enkelt Iltbestemmelse, naar O_2 forudsættes fejlfri, Fejlen altsaa kun hidrørende fra Maalerens Kaliberfejl. Indsætter man i Formlen

$$\mu_{Ou} = \pm \frac{100 \cdot O_2}{R^2} \mu_R$$

Værdierne for O_2 , R og μ_R i Forsøg 44₁:

$$M_{III}: O_2 = 768.21, R = 3895.7 \pm 4.31$$

$$M_{IV}: O_2 = 737.01; R = 3734.2 \pm 2.61$$

$$\text{faar man: } \mu_{OuIII} = \pm \frac{76820}{3895.7^2} \cdot 4.3 = \pm 0.022$$

$$\mu_{OuIV} = \pm \frac{73700}{3734.2^2} \cdot 2.6 = \pm 0.014.$$

$$\text{Heraf faas igen: } \mu_{mOu} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{0.022^2 + 0.014^2} = \pm 0.018.$$

Dette Resultat stemmer som venteligt med Beregningen for Atmosfæreforsøgene og med den der virkelig fundne Værdi for μ_m . Derimod er der ikke fuldkommen Overensstemmelse med den ved Stofskifteforsøgene fundne Værdi for μ_m , idet denne her er ± 0.022 , hvilket synes at bekræfte vor foregaaende Slutning, at Prøvetagningen giver en ringe Fejl under Stofskifteforsøget, idet Uoverensstemmelsen mellem de to Værdier siger os, at vi ved dette sidste har at gøre med en Fejl til foruden den, der overføres fra Maaleren. Som foran omtalt, er denne Fejl dog ganske betydningsløs for Beregningen af Forsøget¹⁾.

¹⁾ En Fejlkilde har vi endnu ikke omtalt. ZUNTZ og LEHMANN har i sin Tid ved Undersøgelserne over Hestens Stofskifte fundet, at en ringe Tilblanding

De i Tabel 8 anførte Talværdier gælder, som tidligere omtalt, alle for Forsøg, der er udført uden Termoregulation paa Maalerbadet. Til Slut skal vi i Tabel 9 vise Resultatet af Termoregulationens Indførelse ved at anføre de Værdier for Iltprocenterne, som vi har fundet ved den sidste Række Stofskifteforsøg, der er udført i Laboratoriet. Foreløbig har vi ikke faaet anstillet en Række Atmosfæreforsøg efter denne Forbedrings Indførelse. Aarsagen er væsentlig af økonomisk Art; vi haaber derfor at overvinde den i en nær Fremtid.

Tabel 9. Iltbestemmelser i den udgaaende Kammerluft under Stofskifteforsøg.
Termoregulation paa Maalerbadet.

Fundne O ₂ ved Dobbelanalyser Maaler I Maaler IV		10 ² δ	10 ⁴ δ ²
19.90 — 19.86		4	16
19.96 — 19.96		0	0
19.42 — 19.46		4	16
19.61 — 19.61		0	0
19.34 — 19.31		3	9
19.14 — 19.19		5	25
19.35 — 19.39		4	16
19.36 — 19.37		1	1
19.35 — 19.37		2	4
19.35 — 19.37		2	4
19.32 — 19.32		0	0
19.29 — 19.31		2	4
19.31 — 19.34		3	9

$$N_{\delta} = 13$$

$$10^4 \Sigma \delta^2 = 104$$

$$\mu = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{104}{2 \cdot 13}} = \pm 0.020$$

$$\mu_m = \pm 10^{-2} \sqrt{\frac{104}{4 \cdot 13}} = \pm 0.014$$

af CH₄ til Eksspirationsluften bevirkede en Fejl paa den ved disse Forsøg anvendte Bunsenanalyse. Da der utvivlsomt resorberes en Del af den Methan, der dannes i Vommen hos Drøvtyggerne, kan der naturligvis ogsaa ved vor Forbrændingsanalyse være Tale om en systematisk Fejl, hidrørende fra CH₄ i den udgaaende Kammerluft. Imidlertid er der her Tale om saa smaa Mængder, at de ikke faar nogen Betydning. ZUNTZ og LEHMANN fandt gennemsnitlig 0,5 ‰ CH₄ i Hestens Udaandningsluft. Regner vi i vore Forsøg med

Til Sammenligning med de her beregnede Værdier for Middelfejlen paa en enkelt af de to samtidigt udførte Analyser og paa Middeltallet mellem to saadanne Analyser skal anføres de tilsvarende Værdier fra de før omtalte Forsøg uden Termoregulation.

Atmosfæreforsøg uden Termoregulation:	± 0.026	± 0.018
Stofskifteforsøg uden Termoregulation:	± 0.032	± 0.022
Stofskifteforsøg med Termoregulation:	± 0.020	± 0.014

Det ses heraf tydeligt, at Termoregulationen har forbedret Resultaterne betydeligt, idet den har trykket den metodiske Middelfejl ned til ca. to Trediedele af dens Værdi i Forsøgene uden Termoregulation. Man bør altsaa opretholde denne Forholdsregel under alle fremtidige Forsøg¹⁾.

Kap. 4. Bestemmelsen af Kulsyreprocenten i den indgaaende og udgaaende Kammerluft.

Som foran omtalt, bestemmer vi Kulsyreprocenten i Gennemsnitsprøven ved at absorbere Kulsyren i Kalilud og Natronkalk. Da disse Stoffer, naar de er til Stede i tilstrækkelig stor Mængde, absorberer Kulsyren totalt, hidrører Fejlene paa Analysen af Gennemsnitsprøverne fra to Kilder, nemlig Kaliberfejlene paa Maalerne og Fejlen paa Vejningerne af Ab-

et højeste Indhold paa 1 ‰, hvad der passer med KLEINS Undersøgelser paa en Okse med Trakealkanyle, vil det sige, at der i Løbet af 24 Timer brænder ca. 4 l CH₄ paa hver Prøvetagningsledning. Den passerede Luftmængde er her ca. 4300 l lig ca. 800 l O₂. Hvis al Methanen reagerer med Ilten, vil der dannes CO og Vand, idet nemlig dannet Kulsyre, som foran omtalt, vil dissocieres i CO og O₂ ved Brintflammens Temperatur. Der vil altsaa i hvert Fald kun tabes ca. 11 l O₂ pr. 22 l Methan. For 4 l CH₄ vil der altsaa højst tabes 2 l O₂, d. v. s. lidt over 2 ‰ af Ilten i Luften, hvilket falder lidt uden for Fejlgrænserne i den første Forsøgsrække, vi har omtalt (uden Termoregulation). Imidlertid er det yderst usandsynligt, at al Methanen brænder, naar der er Overskud af H₂ til Stede. Vi maa derfor være berettiget til at se bort fra denne Fejlkilde.

¹⁾ Strengt taget er de absolutte Værdier for disse Middelfejl maaske ikke helt sammenlignelige, da de refererer sig til et forskelligt Antal Forsøg, men nogen nævneværdig Forskel kunde der dog ikke fremkomme, hvis Tallene i første og sidste Række var beregnet af 19 i Stedet for af henholdsvis 11 og 13 Observationer, idet Antallet af Forsøg naturligvis ikke forandrer selve den metodiske Fejls Størrelse.

sorptionsbeholderne¹⁾. Hvad Fejlen paa Maalerkaliberen angaar, er den af ganske samme Størrelse som den Fejl, vi har udregnet i Kap. 2 for de to Maalere, der brugtes til Iltbestemmelserne under den første Forsøgsrække, idet vi ogsaa for Kulsyrebestemmelsens Vedkommende kalibrerer Gasurene før og efter Forsøget og regner med det fremkomne Middeltal. Uden Termoregulation paa Maalerbadet kan vi altsaa regne med at overføre en Fejl, der er ca. 1 ‰ af Maalerens Kaliber; med Termoregulation bliver Fejlen noget mindre, hvor meget kan ikke siges endnu, da de Kalibreringer, der er foretaget inden for den Forsøgsrække, som er udført under Termoregulationen, er for faatallige til en Beregning af μ_m , og vi ikke har foretaget Dobbeltbestemmelser for Kulsyrens Vedkommende. Vi er nemlig berettiget til at betragte Kulsyrebestemmelsen som værende i Orden, naar de tilsvarende Maalere viser rimelige Kalibersvingninger, og Iltbestemmelserne er tilfredsstillende, idet da kun grove, letopdagelige Huller paa Prøvetagningsledningerne kan fremkalde væsentlige Fejl paa Bestemmelserne af Kulsyreprocenten.

Hvad Vejfejl angaar, kan følgende Betragtning anlægges. Med 1 ‰ CO_2 i den udgaaende Luft og en Prøvetagning af ca. $\frac{1}{60}$ samt Normalgang af Maskinen (5 Omdrejninger pr. Minut) er den pr. 24 Timer absorberede Kulsyremængde ca. 90 g. Beholdere og Rør vejes paa 1 cg og varierer ikke mere ved gentagne Vejninger. For hver Kulsyrebestemmelse i den udgaaende Luft foretages der 4—5 Vejninger før og efter Forsøget. Den største Fejl bliver da 10 cg, hvilket vil sige ca. 1 ‰ paa Kulsyreprocenten. I Reglen vil Vejfejlen altsaa ikke naa Maalerfejlen i Størrelse.

For den indgaaende Lufts Vedkommende foretages der to Vejninger før og efter Forsøget. Maksimalfejlen kan altsaa blive 4 cg. Den absorberede Mængde CO_2 er under de nævnte Omstændigheder ca. 3—4 g. Fejlen er altsaa højst 1.5 ‰, hvilket allerhøjst vil sige 1 i tredje Decimal paa Kulsyreprocenten.

¹⁾ Ved Omregningen af Gram CO_2 til Liter CO_2 benytter vi Multiplikation af Kulsyrens Vægt med Faktoren 0.5083. Den er udregnet paa Grundlag af den foran omtalte Beregning af Vægten af en Liter Ilt, idet vi har fundet det rigtigst at føre alle vore Rumfangsbestemmelser af CO_2 og O_2 tilbage til dette ene Udgangspunkt, fordi de direkte Bestemmelser af Kulsyrens Vægtfylde som bekendt varierer en Del.

ten (0.04 ‰), hvad der for Forsøget er ganske ligegyldigt. Maa-
lerfejlen 1 ‰ forsvinder naturligvis helt for denne Bestemmel-
ses Vedkommende.

Kap. 5. Bestemmelserne af Kulsyre- og Methanprocenten i
Hovedkammeret.

Naar der, som foran omtalt, under hele Forsøget holdes
et Undertryk i Hovedkammeret, saaledes at Undvigelse af
Luft fra dette ikke kan foregaa, vil Fejlene paa Bestemmelsen
af Kulsyre- og Methanprocenterne væsentlig hidrøre fra to Kil-
der, nemlig Analysen af de udtagne Prøver og Blandingen
af Luften i Kammeret. Et Begreb om Nøjagtigheden af Be-
stemmelserne, der er udført paa et Bohr-Tobiesen-Apparat,
faar man for Kulsyrens og Methanens Vedkommende af nede-
staaende Tabel 10. Analyser for Brint er ikke omtalt her, da
vi hidtil ikke med Sikkerhed har kunnet paavise virkelig Dan-
nelse af H_2 ved Tarmgæringsprocesserne.

Tabel 10. Bestemmelse af CO_2 og CH_4 paa Bohr-
Tobiesen-Apparatet.

Analyser af samtidig tagne Luftprøver fra
Hovedkammeret.

CO_2 Fundne Værdier ‰	$10^2 d$	$10^4 d^2$	CH_4 Fundne Værdier ‰	$10^2 d$	$10^4 d^2$
3.29	2	4	1.25	1	1
3.27	0	0	1.24	0	0
3.27	0	0	1.22	2	4
3.27	0	0	1.26	2	4
3.26	1	1	1.24	0	0
3.25	2	4	1.22	2	4
3.29	2	4	1.27	3	9
3.23	4	16			

$M=3.27$

$$10^4 \sum d^2 = 29$$

$$\sigma = \pm 0.02$$

$M=1.24$

$$10^4 \sum d^2 = 22$$

$$\sigma = \pm 0.02$$

Antallet af Analyser er vel for ringe til en paalidelig Mid-
delfejlberegning. Men det ses, at den største indbyrdes Afvigelse
mellem de enkelte Værdier for Kulsyrens Vedkommende er

ca. 2 0/0, for Methanens ca. 4 0/0. Den største Afvigelse fra Middeltallet er henholdsvis ca. 1 0/0 og ca. 2 0/0. I Almindelighed kan man da i hvert Fald regne med en Nøjagtighed af ca. 1 0/0 paa Kulsyrebestemmelsen og ca. 2 0/0 paa Methanbestemmelsen. Det anvendte Apparat er da i Virkeligheden ikke saa godt, som det burde være, og vil blive forandret ved fremtidige Forsøg. For Beregningen af Stofskifteforsøget spiller disse Fejl dog ingen Rolle, da den samtlige Mængde CO_2 og CH_4 fra Tarmgæringen kun repræsenterer ca. $\frac{1}{10}$ af hele Kulstofomsætningen i Dyret. Hvad Blandingen af Luften i Hovedkammeret angaar, besørger den, som foran fremstillet, af en kraftig Ventilator.

IV. Fejlen paa Bestemmelsen af den forbrugte Mængde Ilt og den producerede Mængde Kulsyre.

Den teoretiske Middelfejl og Kontrolforsøgene.

I det foregaaende har vi kun beskæftiget os med Bestemmelsen af den procentiske Sammensætning af den indgaaende og udgaaende Kammerluft. Af disse procentiske Værdier samt Bestemmelsen af den udgaaende Kammerlufts samlede Volumen kan vi beregne, hvor meget Ilt og Kulsyre der er gaaet ind i Forkammeret, og hvor meget der er gaaet ud. Differensen mellem Værdierne for de indgaaede og udgaaede Mængder er henholdsvis den af Dyret forbrugte Ilt og producerede Kulsyre¹⁾.

Paa disse Slutningsresultater overføres Apparaternes samtlige Fejl. Størrelsen af den Middelfejl, som Kombinationen af samtlige Apparatfejl overfører paa Bestemmelsen af Iltforbrug og Kulsyreudskilning, er da endelig afgørende for Respirationsapparatets Anvendelighed til Bestemmelse af det respiratoriske Stofskifte.

¹⁾ Strengt taget skulde de saaledes fundne Værdier for Iltforbrug og Kulsyreproduktion korrigeres for den Mængde Ilt og Kulsyre, der staar i Forkammeret ved Forsøgets Begyndelse og Slutning. Da Forkammerets Rumfang imidlertid kun er 1200 l, og Forsøg har vist, at vi ved at lade Respirationsapparatet arbejde ca. $\frac{1}{2}$ Time med Koen aandende ind i Forkammeret, inden vi begynder det virkelige Forsøg, opnaar, at CO_2 -Procenten i Forkammeret naar omtrent helt op til den Værdi, den har i Gennemsnit under Forsøget, bliver Fejlen, vi begaar ved at udelade denne Korrektion, ganske betydningsløs.

Denne Middelfejl kan, som det straks skal ses, beregnes teoretisk som en Funktion af de i det foregaaende omtalte Kalibrerings- og Analysefejl, naar vi er sikre paa, at ikke andre hidtil uomtalte Fejlkilder, saasom store Utætheder i Rørledninger og lignende gør sig gældende.

Om dette sidste er Tilfældet eller ej, kan vi afgøre ved at anstille Kontrollforsøg med Apparatet, saaledes som senere beskrevet, og undersøge, om de herved fundne Afvigelser mellem de bekendte og de af Forsøgene beregnede Værdier for Iltforbrug og Kulsyreudskilning falder inden for de Grænser, som angives af de Middelfejl, der for de samme Værdier er beregnet alene paa Grundlag af de hidtil omtalte Kalibrering- og Analysefejls Størrelser.

Kap. 1. Bestemmelsen af den forbrugte Mængde Ilt.

Saaframt Respirationskvotienten er lig 1, saaledes at Dyret udskiller lige saa meget Kulsyre, som det bruger Ilt, har den udgaaende Kammerluft samme Rumfang som den indgaaende, og Iltforbruget kan beregnes af Formlen:

$$O_F = \frac{(O_i - O_u) L_u}{100},$$

hvor O_i er Procenten i den indgaaende, O_u Procenten i den udgaaende Luft og L_u den udgaaende Kammerlufts Rumfang.

Under almindelige Forhold er Respirationskvotienten ikke lig 1, og under alle Omstændigheder kan man ikke vide i Forvejen, om dette er Tilfældet eller ej. Den angivne Formel er derfor ubrugelig ved en virkelig nøjagtig Stofskifteberegning. Man maa altid korrigere Værdien $\frac{O_i L_u}{100}$ for Forskellen mellem den forbrugte O_2 og den udskilte CO_2 . For at udføre denne Korrektion gaar man ud fra, at Dyret hverken optager eller udskiller luftformigt Kvælstof gennem Lungerne, en Antagelse, der er berettiget, da moderne, meget nøjagtige Forsøg (KROGH) har vist, at det i hvert Fald drejer sig om ganske overordentlig smaa Mængder, saa smaa, at de er ganske betydningsløse i denne Sammenhæng¹⁾.

¹⁾ Det bemærkes udtrykkeligt, at Spørgsmaalet om denitrificerende Baktériers Virksomhed i Tarmkanalen maa betragtes som udelukket fra Diskussion i denne Forbindelse ved Forsøg, der anstilles med Trakealkanyle.

I den udgaaende Luft bestemmer vi ved hvert Forsøg den indeholdte Ilt- og Kulsyre mængde. Trækkes Summen af disse Værdier fra den udgaaende Lufts totale Rumfang, faas det absolute Kvælstofindhold i den udgaaende Luft, som, da der hverken udskilles eller optages N, er lig med det absolute Kvælstofindhold i den indgaaende Luft. Naar man kender dennes procentiske Indhold af CO_2 og O_2 , kan man naturligvis af den absolute Værdi for Kvælstofindholdet beregne den indgaaende Lufts Iltindhold. Det bliver da:

$$\frac{\left(L_u - \frac{L_u O_u}{100} - \frac{L_u C_u}{100} \right) O_i}{100 - O_i - C_i},$$

hvor L_u , O_i og O_u betyder det samme som i den foregaaende Formel, C_u betyder Kulsyreprocenten i den udgaaende Luft og C_i Kulsyreprocenten i den indgaaende Luft.

Den forbrugte Mængde Ilt beregnes da endelig af Formlen

$$O_F = \frac{\left(L_u - \frac{L_u O_u}{100} - \frac{L_u C_u}{100} \right) O_i}{100 - O_i - C_i} - \frac{L_u O_u}{100},$$

hvor det første Led paa højre Side af Ligningen er den indgaaende, det sidste den udgaaende Iltmængde.

§ 1. Beregning af den teoretiske Middelfejl paa O_F .

I lettere behandlelig Form kan den sidstnævnte Ligning skrives

$$O_F = \frac{L_u}{100} \left[(100 - O_u - C_u) \cdot \frac{O_i}{100 - O_i - C_i} - O_u \right].$$

Af de i denne Formel indgaaende Størrelser kan C_i regnes konstant = 0.04 %¹⁾. De øvrige Størrelser er alle variable.

Iltforbruget fremgaar da altsaa som en Funktion af fire variable L_u , O_i , O_u og C_u .

Differentieres Formlen med Hensyn til disse variable, faar man følgende Værdier for de partielle Differentialkvotienter af Funktionen O_F .

¹⁾ CO_2 -Procenten i den indgaaende atmosfæriske Luft svinger ganske vist mellem 0.03 og 0.05, men den Fejl, man begaar ved at regne med Middeltallet, er absolut betydningsløs i denne Sammenhæng.

$$\frac{\partial O_F}{\partial L_u} = \frac{1}{100} \left[(100 - O_u - C_u) \cdot \frac{O_i}{100 - O_i - C_i} - O_u \right] = A$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_i} = \frac{L_u}{100} (100 - O_u - C_u) \cdot \frac{100 - C_i}{(100 - O_i - C_i)^2} = B$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_u} = \frac{L_u}{100} \left[\frac{O_i}{100 - O_i - C_i} \cdot (-1) - 1 \right] = -\frac{L_u}{100} \cdot \frac{100 - C_i}{100 - O_i - C_i} = C$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial C_u} = \frac{L_u}{100} \cdot \frac{O_i}{100 - O_i - C_i} \cdot (-1) = -\frac{L_u}{100} \cdot \frac{O_i}{100 - O_i - C_i} = D.$$

Kaldes Middelfejlen paa L_u , O_i , O_u og C_u henholdsvis for μ_{L_u} , μ_{O_i} , μ_{O_u} og μ_{C_u} , faas Middelfejlen paa Funktionen O_F bestemt ved

$$\mu_{OF} = \pm \sqrt{A^2 \cdot \mu_{L_u}^2 + B^2 \cdot \mu_{O_i}^2 + C^2 \cdot \mu_{O_u}^2 + D^2 \cdot \mu_{C_u}^2}.$$

Indsættes i denne Formel sammenhørende Værdier for de fire variable L_u , O_i , O_u , C_u med samt Værdierne for deres Middelfejl, kan man beregne Talværdien for μ_{OF} svarende til det Forsøg, hvorfra de brugte Værdier er hentet. I det følgende er dette gjort for tre Stofskiftforsøg med omtrent samme Størrelse for Iltforbruget. De to af dem har tillige omtrent samme Iltprocent i den udgaaende Luft og hidrører henholdsvis fra Tiden før og efter Indførelsen af Termoregulationen paa Maalerbadet. Det tredje hører til Tiden efter Termoregulationens Indførelse og har en lavere Iltprocent i den udgaaende Luft, idet Pumpemaskinens Omløbshastighed er sat betydeligt ned.

Inden vi gaar over til at betragte disse Beregninger nærmere, maa vi imidlertid gøre Rede for de Værdier, vi giver de i Formlen indgaaende Middelfejl.

Middelfejlen paa L_u bestemmes først og fremmest af Middelfejlen paa Kalibreringen af Kviksølvklokkepumperne. Som omtalt i Afsnit IV, Kap. 1, var Kaliberen pr. Omdrejning af Pumpen 40.83 ± 0.0064 l. Det vil altsaa sige, at Middelfejlen udgør 0.16 ‰ af Kaliberens Værdi. Denne Fejl overføres naturligvis direkte paa det ved Hjælp af Klokkerne maalte Rumfang.

I Værdien for L_u indgaar imidlertid ogsaa Rumfangene af de Gennemsnitsprøver, der er udtaget af den udgaaende Luft, idet dette sker, før den passerer ind i Klokkepumperne. Værdierne for disse Rumfang er behæftet med de paagældende

Maaleres Kaliberfejl. I Henhold til Tabel 4 blev Middelfejlen μ_m paa Middeltallet mellem to Kalibreringer, udført før og efter et 48 Timers Forsøg, 1 ‰ af Kaliberens Værdi, og denne Middelfejl overføres igen direkte uforandret paa de maalte Rumfang.

Summen af de Luftrumfang, som passerer alle de tre Maalere, der her er Tale om, udgør imidlertid kun ca. 5 ‰ af den samlede udgaaende Luftmængde, L_u ; de 95 ‰ passerer Klokkepumperne. Den Middelfejl, som Maalerne overfører paa dette L_u , vil da kun udgøre $\frac{5}{100} \cdot 1 \text{ ‰} = 0.05 \text{ ‰}$ af dets Værdi. Da de 95 ‰ af L_u har en Middelfejl paa 0.16 ‰, er vi berettiget til ved de følgende Beregninger at sætte Middelfejlen paa L_u til 0.2 ‰ af dets samlede Værdi.

Middelfejlen paa O_i er Middelfejlen paa Middeltallet 20.91 af samtlige Atmosfæreforsøg, idet vi ikke bestemmer Iltprocenten i den indgaaende Luft under hvert Stofskiftforsøg, fordi vi ikke mener at kunne opgive den overordentlig værdifulde Kontrol med Apparatets Virksomhed, som Dobbeltbestemmelserne af Iltprocenten i den udgaaende Luft giver os. Ved hvert Stofskiftforsøg analyserer da begge Forbrændingsapparater altid Prøver af den udgaaende Luft, og vi forlanger for at anerkende Forsøget som tilfredsstillende, at Afvigelsen mellem de to Bestemmelser helst ikke er større end 3 ‰ af Middeltallet og under alle Omstændigheder falder inden for de Grænser, som angives af de i Afsnit IV, Kap. 3, § 3 beregnede Middelfejl.

Som Følge af denne Fremgangsmaade maa vi undvære den samtidige Bestemmelse af Iltprocenten i den indgaaende Luft, da vi dels af økonomiske Grunde, dels af Hensyn til Arbejdets Overkommelighed ikke foreløbig kan indrette en tredje Ledning til Iltbestemmelse under Forsøget. Da desuden de metodiske Fejl selv efter Termoregulationens Indførelse er større end Atmosfæresvingningerne, saaledes som disse fremgaar af Luftanalyserne i Tabel 7, giver Anvendelsen af Middeltallet 20.91 som konstant Udgangspunkt for Beregningen af Iltforbruget noget større Nøjagtighed, end vi vilde opnaa ved at regne med en Værdi, der bestemmes ved Forbrændingsana-

lyse af Atmosfæren under hvert enkelt Forsøg. Vi regner derfor i det følgende $O_2 = 20.91 \pm 0.01^1$.

Middelfejlen paa O_2 kan vi ligefrem tage fra Tabel 8 og 9, gældende henholdsvis for Tiden før og efter Termoregulationens Indførelse. Uden Termoregulation er den $\mu_m = \pm 0.02$, naar vi regner med Middeltallet mellem de to Dobbeltbestemmelser og kun fører Tallet ud i to Decimaler (Tabel 8). Med Termoregulation er den (Tabel 9) $\mu_m = \pm 0.014$ eller, naar kun to Decimaler anføres, ± 0.01 .

Middelfejlen paa C_{12} kan vi i Overensstemmelse med de Betragtninger, der er gjort gældende i Afsnit IV, Kap. 4 beregne af Middelfejlen paa Maalerkaliberen, paa samme Maade som vi i Kap. 3 §§ 2 og 3 har gjort det for Iltbestemmelsernes Vedkommende. Da Kalibersvingningerne er omtrent de samme for alle Maalerne, vil Middelfejlen paa C_{12} , beregnet paa denne Maade, udgøre ca. 1 ‰ af dets Værdi for Forsøgene uden Termoregulation, ganske som den teoretiske Middelfejl paa O_2 blev ca. 1 ‰ af O_2 's Værdi. Da imidlertid de virkelige Stofskifteforsøg efter vore Erfaringer fra Iltbestemmelserne maa antages at give lidt større Fejl end de beregnede, og Vejefejlen for Kulsyrebestemmelsens Vedkommende kan naa op til samme Størrelse som Maalerfejlen, vil vi sætte Middelfejlen paa C_{12} til 2 ‰ af dets Størrelse og er berettiget til at betragte denne Værdi som yderst sandsynlig, idet der, naar vi er sikre paa, at Rørledningerne ikke har Utætheder — Tilstedeværelsen af saadanne vil let kunne paavises — kun kan blive Tale om betydningsløse Afvigelser fra den.

Efter denne Redegørelse kan vi beregne Middelfejlen paa O_F for de tre nævnte Forsøg.

¹⁾ Strengt taget er den her anførte Middelfejl for høj, idet vi, naar der regnes med et konstant Udgangspunkt, kun har at gøre med Atmosfæresvingninger og i Grunden ikke med de metodiske Fejl paa Atmosfæreanalysen. Vi kunde derfor maaske være berettiget til at regne med den Middelfejl, der er fundet med det noget nøjagtigere Luftanalyseapparat, da dette giver samme Middeltal som Forbrændingsanalysen. Da imidlertid dette saa godt som Forbrændingsanalysen er behæftet med Fejl, synes det dog rigtigere at regne med den Værdi for m , der er fundet med den samme Analysemetode, som anvendtes til Bestemmelse af Iltprocenten i den udgaaende Luft.

Forsøg 36 I. Uden Termoregulation: $O_F = 2571$ l.

$$\frac{O_i - O_u}{O_i} = \frac{1}{19.4}$$

$$L_u = 232564 \pm 47$$

$$O_u = 19.83 \pm 0.02$$

$$O_i = 20.91 \pm 0.01$$

$$C_u = 1.048 \pm 0.002$$

$$C_i = 0.04 \text{ konstant}$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial L_u} = \frac{1}{100} \left[(100 - 19.83 - 1.048) \cdot \frac{20.91}{79.05} - 19.83 \right] = 0.01 = A$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_i} = 2326 (100 - 19.83 - 1.048) \cdot \frac{100 - 0.04}{79.05^2} = 2954 = B$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_u} = -2326 \cdot \frac{100 - 0.04}{79.05} = -2931 = C$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial C_u} = -2326 \cdot \frac{20.91}{79.05} = -605 = D$$

$$\text{Heraf } \mu_{OF} = \pm \sqrt{0.01^2 \cdot 47^2 + 2954^2 \cdot 0.01^2 + 2931^2 \cdot 0.02^2 + 605^2 \cdot 0.002^2}$$

$$\mu_{OF} = \pm 661$$

$$\frac{\mu_{OF} \cdot 100}{O_F} = \frac{6600}{2571} = 2.6 \%$$

Forsøg 64 I. Med Termoregulation: $O_F = 2404$ l.

$$\frac{O_i - O_u}{O_i} = \frac{1}{20.3}$$

$$L_u = 236726 \pm 47$$

$$O_u = 19.88 \pm 0.014$$

$$O_i = 20.91 \pm 0.01$$

$$C_u = 1.030 \pm 0.002$$

$$C_i = 0.04 \text{ konstant}$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial L_u} = \frac{1}{100} \left[(100 - 19.88 - 1.030) \cdot \frac{20.91}{79.05} - 19.88 \right] = 0.01 = A.$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_i} = 2367 (100 - 19.88 - 1.030) \cdot \frac{100 \cdot 0.04}{79.05^2} = 3006 = B$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_u} = -2367 \cdot \frac{100 - 0.04}{79.05} = -2982 = C.$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial C_u} = -2367 \cdot \frac{20.91}{79.05} = -615 = D$$

$$\text{Heraf } \mu_{OF} = \pm \sqrt{0.01^2 \cdot 47^2 + 3006^2 \cdot 0.01^2 + 2982^2 \cdot 0.014^2 + 615^2 \cdot 0.002^2}$$

$$\mu_{OF} = \pm 511.$$

$$\frac{\mu_{OF} \cdot 100}{O_F} = \frac{5100}{2404} = 2.1 \%$$

Forsøg 65 I: Med Termoregulation: $O_F = 2591$.

$$\frac{O_i - O_u}{O_i} = \frac{1}{14.2}$$

$$L_u = 172117 \pm 34$$

$$O_u = 19.44 \pm 0.014$$

$$O_i = 20.91 \pm 0.01$$

$$C_u = 1.375 \pm 0.003$$

$$C_i = 0.04 \text{ konstant}$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial L_u} = \frac{1}{100} \left[(100 - 19.44 - 1.375) \cdot \frac{20.91}{79.05} - 19.44 \right] = 0.02 = A$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_i} = 1721 (100 - 19.44 - 1.375) \cdot \frac{100 - 0.04}{79.05^2} = 2186 = B$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial O_u} = -1721 \cdot \frac{100 - 0.04}{79.05} = -2168 = C$$

$$\frac{\partial O_F}{\partial C_u} = -1721 \cdot \frac{20.91}{79.05} = -447 = D$$

$$\text{Heraf } \mu_{OF} = \pm \sqrt{0.02^2 \cdot 34^2 + 2186^2 \cdot 0.01^2 + 2168^2 \cdot 0.014^2 + 447^2 \cdot 0.003^2}$$

$$\mu_{OF} = +371$$

$$\frac{\mu_{OF} \cdot 100}{O_F} = \frac{3700}{2591} = 1.4 \%$$

Disse Beregninger er overordentlig illustrerende. De viser to vigtige Ting, nemlig for det første, at Termoregulationen sætter Fejlen paa O_F betydeligt ned, og for det andet, at denne Fejls Størrelse, som for øvrigt kendt tidligere, er væsentlig afhængig af Størrelsen af Differensen mellem Iltprocenterne i den indgaaende og udgaaende Luft.

For hvert Forsøg har vi anført Værdien for Kvotienten $\frac{O_i - O_u}{O_i}$, der direkte angiver, hvor stor en Del af Ilten i den indgaaende Luft, Dyret har brugt. Sammenstilles Værdierne for denne Kvotient med de procentiske Værdier for Middelfejlene paa O_F , faas følgende:

	$\frac{O_i - O_u}{O_i}$	$\frac{\mu_{OF} \cdot 100}{O_F}$
Uden Termoregulation:	$\frac{1}{19.4}$	2.6 %
Med Termoregulation:	$\frac{1}{20.3}$	2.1 %
Med Termoregulation:	$\frac{1}{14.2}$	1.4 %

Betrager man denne Tabel alene, er det umiddelbart indlysende, at det er fordelagtigst at arbejde med en høj Værdi

for Kvotienten $\frac{O_i - O_u}{O_i}$, altsaa at lade Dyret bruge en stor Mængde af den indgaaende Lufts Ilt. Dette opnaas ved at sætte Ventilationen af Forkammeret ned, saaledes som det umiddelbart fremgaar af den lave Værdi for L_u i det sidste Forsøg.

Mod denne Fremgangsmaade vil man imidlertid paa Forhaand kunne rette den Indvending, at den tillige medfører en væsentlig Forhøjelse af CO_2 -Procenten i den Luft, Dyret indaander, idet det jo, som omtalt under den tekniske Redegørelse, aander frem og tilbage i Forkammeret. Vi har tænkt paa at afhjælpe denne Fejl og indrette Apparatet saaledes, at Dyret trods det store Iltforbrug aander ren atmosfærisk Luft, og vil rimeligvis allerede inden næste Forsøgsrække prøve at indføre denne Forandring. Imidlertid har Forsøg vist, at Forhøjelsen af CO_2 -Procenten indtil de Værdier, som behøves for at bringe Fejlen ned til 1.4 %, ikke medfører nogen paaviselig Forandring af Stofskiftet, hvilket tydeligt fremgaar af nedenstaaende Sammenstilling af Værdierne for $\frac{O_i - O_u}{O_i}$, CO_2 -Procenten og O_F .

Tabel 11.

Forsøg Nr.	$\frac{O_i - O_u}{O_i}$	CO_2 %	O_F Liter	Middel pro 24 Timer
64 I	$\frac{1}{20.3}$	1.030	2404	> 2349
64 II	$\frac{1}{22.0}$	0.989	2295	
65 I	$\frac{1}{14.2}$	1.375	2591	> 2438
65 II	$\frac{1}{16.2}$	1.338	2299	
67 I	$\frac{1}{12.0}$	1.688	2410	> 2375
67 II	$\frac{1}{13.2}$	1.594	2340	
68 I	$\frac{1}{13.8}$	1.525	2348	> 2375
68 II	$\frac{1}{13.6}$	1.518	2402	
69 I	$\frac{1}{13.3}$	1.526	2427	> 2483
69 II	$\frac{1}{13.1}$	1.529	2540	

Det ses alene ved Betragtning af Tabellen, at der ikke kan spores nogen Forandring af Stofskiftets Størrelse, maalt ved Iltforbruget, som Følge af Nedsættelsen af Iltprocenten og Stigningen af Kulsyreprocenten i Forkammerluften. Naar vi tillige oplyser, hvad der vil fremgaa af senere omtalte Beregninger, at Middelfvigelsen paa Værdierne for Iltforbruget O_F i denne Forsøgsrække er $\sigma = \pm 78$ l, er det indlysende, at de høje Kulsyreprocenter absolut ikke har givet nogen synlig Virkning paa Stofskiftet. Vi begaar derfor ingen Fejl, der virker forstyrrende paa Stofskiftforsøgene, ved at benytte os af den omtalte Fremgangsmaade til at opnaa større Nøjagtighed paa Bestemmelsen af O_F ¹⁾.

§ 2. Den teoretiske Middelfejl μ_{OF} og Kontrollforsøgene.

Som foran omtalt, er den her beregnede Værdi for μ_{OF} at betragte som den virkelige metodiske Fejl paa Bestemmelsen af Dyrets Iltforbrug under den Forudsætning, at andre, ukendte Fejlkilder ikke spiller en Rolle under Forsøgene. Dette Spørgsmaal kan man, som sagt, kun løse ved at anstille Kontrollforsøg med Apparatet. Hermed menes, at man i Respirationskammeret lader foregaa en Iltningsproces, hvis kvantitative Forløb man kender, saaledes at man altsaa kan beregne i Forvejen, hvor megen Ilt der bruges ved Omsætningen af en vis Mængde Stof. Man foretager da et regulært Respirationsforsøg, medens denne Proces foregaar i Kammeret, bestemmer Iltforbruget, saaledes som det nu er udviklet, og undersøger, hvorledes den fundne Værdi stemmer med den beregnede.

Saafermt der ikke optræder andre Fejlkilder ved Forsøget end de hidtil nævnte, skal Afvigelsen mellem de 2 Værdier i hvert Fald i det allerstørste Antal Tilfælde falde inden for de Grænser, som angives alene af Middelfejlen μ_{OF} .

Kontrollforsøgene har vi anstillet saaledes, at vi har ladet elektrolytisk Brint, hvis Ilt- og ringe Kulsyreindhold i Forvejen bestemtes paa Luftanalyseapparatet, brænde inde i Forkammeret og anstillet regulære Respirationsforsøg med Brintflammen ganske som med et Dyr. Den tilførte Brint

¹⁾ Under Forsøgene optælles Dyrenes Respiration hver halve Time. Forhøjelsen af CO_2 -Procenten til de her angivne Værdier har ikke haft nogen Forøgelse af Respirationsfrekvensen til Følge.

maalte vi paa et fint Gasur, hvis Middelfejl har samme Størrelse som de foran behandlede, og da vi er berettiget til at gaa ud fra, at Brinten brænder fuldstændigt i den atmosfæriske Luft, som af Pumpen suges gennem Forkammeret, er den Mængde Brint, der har passeret Gasuret, altsaa lig med det forbrændte Rumfang Brint. Af dette beregnes som bekendt let Iltforbruget.

Forsøgene er sammenstillet i Tabel 12. De to første hidrører fra Tiden, før vi indførte at kalibrere vore Maalere før og efter Forsøget. De tre andre er beregnet med Middeltallet mellem to saadanne Kalibreringer. Det sidste tilhører Tiden efter Termoregulationens Indførelse¹⁾.

Tabel 12. Kontrollforsøg med Brintflamme.

Forsøg Nr.	Beregnete Iltforbrug l	Fundne Ilt- forbrug l	Diff.	Diff. % af beregnet Værdi	μ_{OF} beregnet	$\frac{\mu_{OF} \cdot 100}{OF}$	$\frac{O_t - O_u}{O_t}$
20 ¹² / ₁ 1916	1243	1293	+ 50	+ 4.0	± 24	[1.9]	$\frac{1}{17.0}$
21 ¹⁴ / ₁ »	1350	1410	+ 60	+ 4.4	± 22	[1.6]	$\frac{1}{14.7}$
23 ²² / ₁ »	1289	1315	+ 26	+ 2.0	± 23	1.7	$\frac{1}{14.6}$
32 ³ / ₃ »	1910	1928	+ 18	+ 0.9	± 28	1.5	$\frac{1}{11.7}$
62 ²⁵ / ₁₀ »	1611	1602	- 9	- 0.6	± 21	1.3	$\frac{1}{16.1}$

Betragter vi Værdierne for det beregnede Iltforbrug som fejlfri, hvad vi i denne Sammenhæng har Lov til, da de højst kan være behæftet med en Maalerfejl, som udgør 2 ⁰/₁₀₀ af deres Størrelse, angiver Værdierne for μ_{OF} , multipliceret med 3 efter de almindelig anvendte Regler ligefrem den Størrelse, som Differensen mellem det beregnede og det fundne Iltforbrug ikke maa overskride, saafremt den kun er afhængig

¹⁾ I Forsøg 23 og 32 er der under Brintforbrændingen ledet CO₂ ind i Forkammeret og gjort Kontrollforsøg ogsaa for Kulsyrebestemmelsens Vedkommende; det ses altsaa, at en samtidig Tilledning af CO₂ ikke forstyrrer Iltbestemmelsen.

af Kaliberfejl og Analysefejl, saaledes som forudsat ved Beregningen af μ_{OF} .

Det fremgaar af Tabellen, at samtlige Differenser ligger inden for denne Grænse. Det gælder selv de to første Forsøg, hvor der ikke er foretaget Kalibrering før og efter Forsøget, men hvor μ_{OF} dog er beregnet under Forudsætning af, at dette var Tilfældet. For de tre sidste Forsøgs Vedkommende er Differensen lig med eller endog mindre end selve den beregnede Middelfejls Værdi.

Vi maa da være berettiget til at drage den Slutning, at den foregaaende Fejlregning faktisk har omfattet alle Fejl, der har Betydning for Bestemmelsen af Iltforbruget, at altsaa de beregnede Værdier for μ_{OF} er de virkelige metodiske Middelfejl paa Værdierne for Iltforbruget og saa for Stofskifteforsøgenes Vedkommende.

For den første Række Stofskifteforsøg uden Termoregulation bliver $\mu_{OF} = \pm 2.5\%$ af Iltforbrugets Størrelse.

For den sidste Forsøgsrække med Termoregulation faar vi $\mu_{OF} = \pm 2.0 - \pm 1.5\%$ af Iltforbruget, henholdsvis for de lave og høje Værdier af Kvotienten $\frac{O_1 - O_n}{O_i}$.

Kap. 2. Bestemmelsen af den gennem Lungerne udskilte Kulsyre.

Til Bestemmelse af Kulsyreudskillelsen gennem Lungerne foretager vi, som foran omtalt, en Analyse af saavel den udgaaende som indgaaende Luft, fordi den Fejl, vi vilde begaa ved til Beregningen af den indgaaende Lufts Kulsyreindhold at anvende Middeltallet 0.04, under visse Omstændigheder kan blive betydelig større end den Fejl, der overføres paa Kulsyrebestemmelsen gennem samtlige Kaliber- og Analysefejl. Atmosfærens Kulsyreindhold kan nemlig paa det Sted, hvor Laboratoriet ligger, svinge mellem 0.03% og 0.05%. Er den rigtige Værdi under et givet Forsøg f. Eks. 0.05%, vil Anvendelsen af Værdien 0.04 give en Fejl paa ca. 1% af Kulsyreudskillelsen.

§ 1. Beregningen af den teoretiske Middelfejl paa CO_{2P} .

Beregningen af Kulsyreudskillelsen foregaar efter ganske samme Princip som Beregningen af Iltforbruget. Formlen lyder som følger, naar CO_{2P} betyder Kulsyreproduktionen:

$$\text{CO}_{2P} = \frac{L_u \cdot C_u}{100} - \frac{\left(L_u - \frac{L_u \cdot O_u}{100} - \frac{L_u \cdot C_u}{100} \right) \cdot C_i}{100 - O_i - k},$$

hvor L_u , O_u , O_i og C_u betyder det samme som i Formlen for Iltforbruget, C_i er Kulsyreprocenten i den indgaaende Luft, fundet under Forsøget; i Nævneren regnes denne lig $k = 0.04$ konstant, idet vi paa dette Sted for Nembeds Skyld regner med dette konstante Middeltal for Atmosfærens Kulsyreindhold, da en Variation af ± 0.01 i Nævneren ikke spiller den ringeste Rolle for Resultatet.

Mere oversigtlig kan Formlen omskrives saaledes:

$$\frac{L_u}{100} \left[C_u - (100 - O_u - C_u) \cdot \frac{C_i}{100 - O_i - k} \right] = \text{CO}_{2P}.$$

Differentieres denne Formel med Hensyn til de fem variable L_u , C_u , O_u , O_i og C_i , faar man:

$$\frac{\partial \text{CO}_{2P}}{\partial L_u} = \frac{1}{100} \left[C_u - (100 - O_u - C_u) \cdot \frac{C_i}{100 - O_i - k} \right] = A.$$

$$\frac{\partial \text{CO}_{2P}}{\partial O_u} = \frac{L_u}{100} \cdot \frac{C_i}{100 - O_i - k} = B.$$

$$\frac{\partial \text{CO}_{2P}}{\partial C_u} = \frac{L_u}{100} \cdot \frac{100 - O_i - k + C_i}{100 - O_i - k} = C.$$

$$\frac{\partial \text{CO}_{2P}}{\partial C_i} = - \frac{L_u}{100} \cdot (100 - O_u - C_u) \cdot \frac{1}{100 - O_i - k} = D.$$

$$\frac{\partial \text{CO}_{2P}}{\partial O_i} = - \frac{L_u}{100} \cdot (100 - O_u - C_u) \cdot \frac{C_i}{(100 - O_i - k)^2} = E.$$

Heraf kan vi straks beregne Middelfejlen paa Funktionen CO_{2P} , da vi kender Middelfejlene paa L_u , O_u , O_i og C_u fra den foregaaende Behandling af Fejlene paa Bestemmelsen af Iltforbruget og i Overensstemmelse med Redegørelsen Side 262 kan sætte Middelfejlen paa C_i lig med Maksimalvejfejl, altsaa 0.001, hvorved vi ganske vist regner med en for høj Værdi, men i hvert Fald ikke gør Resultatet nøjagtigere, end det virkeligt er.

Stofskifteforsøg 36 II. $\text{CO}_{2P} = 27771$. Uden Termo-regulation.

$$L_u = 248586 \pm 50$$

$$O_i = 20.91 \pm 0.01$$

$$O_u = 19.70 \pm 0.02$$

$$C_u = 1.162 \pm 0.002$$

$$C_i = 0.045 \pm 0.001$$

$$k = 0.04 \text{ konstant.}$$

Ved Indsætning af disse Tal i de ovenstaaende Formler faas følgende Værdier for Differentialkvotienterne:

$$A = 0.01; B = 1.4; C = 2487.6; D = -2488.8; E = -1.4.$$

Heraf igen $\mu_{\text{CO}_2\text{P}} =$

$$\pm \sqrt{0.01^2 \cdot 50^2 + 1.4^2 \cdot 0.02^2 + 2487.6^2 \cdot 0.002^2 + 2488.8^2 \cdot 0.001^2 + 1.4^2 \cdot 0.01^2}$$

$$\mu_{\text{CO}_2\text{P}} = \pm 61$$

$$\frac{\mu_{\text{CO}_2\text{P}} \cdot 100}{\text{CO}_{2\text{P}}} = \frac{600}{2777} = 0.2 \text{ } \%$$

Det ses altsaa, at den beregnede Middelfejl paa Kulsyreudskillelsen har samme Størrelse som Fejlen paa Bestemmelsen af Kulsyreprocenten i den udgaaende Luft, hvilket i og for sig kunde vides paa Forhaand, fordi selve Kulsyreudskillelsen omtrent er lig med Kulsyreindholdet i den udgaaende Luft, da Atmosfærens Kulsyreindhold er saa overordentlig ringe.

Det her anvendte Forsøg hører til Rækken uden Termoregulation. At undersøge Forholdene efter dennes Indførelse har ingen Hensigt, da den beregnede Værdi for $\mu_{\text{CO}_2\text{P}}$ er saa lille, at en yderligere Formindskelse ikke har nogen som helst Betydning.

Betydelig interessantere er Spørgsmaalet, om den beregnede Værdi nu ogsaa kan anses for den virkelige Middelfejl under Forsøgene, med andre Ord, om vi ved Kontrollforsøg af lignende Art som dem, vi anstillede for Iltens Vedkommende, finder, at Afvigelserne mellem den beregnede og den fundne Kulsyreproduktion falder inden for de af $\mu_{\text{CO}_2\text{P}}$ bestemte Grænser.

§ 2. Den teoretiske Middelfejl $\mu_{\text{CO}_2\text{P}}$ og Kontrollforsøgene.

Kontrollforsøgene over Kulsyrebestemmelsen er anstillet saaledes, at vi har ledet Kulsyre ind i Forkammeret gennem et nøjagtig kalibreret Gasur, gjort et Respirationsforsøg under Tilledningen og sammenlignet den af Respirationsforsøget beregnede med den paa Gasuret maalte Værdi for den tilledte Mængde CO_2 . Kulsyren har vi dels udviklet af Marmor med Saltsyre, dels i de sidste Forsøg af Kaliumkarbonat med Svovlsyre, idet almindelig »Bombekulsyre« ikke har vist sig tilstrækkelig ren.

Resultatet af Forsøgene er gengivet i Tabel 13 efter det samme System, som anvendtes i Tabel 12 for Iltbestemmelsens Vedkommende.

Tabel 13. Kontrollforsøg med Kulsyretilledning.

Forsøg Nr.	Beregnete CO ₂ -Til- ledn. l	Fundne CO ₂ -Til- ledn. l	Diff. l	Diff. % af fundne CO ₂	$\mu_{\text{CO}_2\text{P}}$ beregnet	$\frac{\mu_{\text{CO}_2\text{P}} \cdot 100}{\text{CO}_2\text{P}}$
18 ⁵ / ₁ 1916	250.3	251.8	+ 1.5	+ 0.6	0.8	0.32
19 I ⁷ / ₁ »	263.6	261.5	- 2.1	- 0.8	0.6	0.23
19 II ⁷ / ₁ »	257.8	255.0	- 2.8	- 1.1	0.6	0.23
22 ¹⁷ / ₁ »	451.4	448.6	- 2.8	- 0.6	1.4	0.31
23 ²² / ₁ »	416.0	414.0	- 2.0	- 0.5	1.1	0.27

Det fremgaar af Tabellen, at Afvigelserne mellem den beregnede (paa Gasuret maalte) Kulsyretilledning og den fundne gennemgaaende er noget større i Forhold til Middelfejlen $\mu_{\text{CO}_2\text{P}}$, end Tilfældet var for Ilbestemmelsens Vedkommende, hvilket maatte ventes, da Kulsyremaalerens Fejl faktisk spiller en Rolle med ved disse Forsøg, hvor Afvigelserne regnes i Promille af den fundne Værdi.

Middelfejlen paa denne Maaler kan efter den foregaaende Redegørelse meget vel naa op paa samme Størrelse som den beregnede Middelfejl paa CO₂P. Det maa derfor ikke undre, at de Afvigelser, der findes ved Kontrollforsøgene, gennemgaaende vil være større end selve den beregnede Middelfejls Værdi. Hertil kommer yderligere Vanskeligheden ved at fremstille helt ren Kulsyre (sml. Side 262, Noten).

Man maa derfor sige, at Kontrollforsøgene i Hovedsagen har givet de Resultater, man maatte vente under den Forudsætning, at kun de i Beregningerne af $\mu_{\text{CO}_2\text{P}}$ inddragne Fejlkilder spiller en Rolle under Forsøget.

Vi maa da være berettiget til ogsaa for Kulsyrebestemmelsens Vedkommende at betragte den beregnede metodiske Middelfejl som den, vi virkelig har at gøre med under Stofskifteforsøgene.

I det følgende regner vi da $\mu_{\text{CO}_2\text{P}} = \pm 2^0/_{00}$ af Kulsyreproduktionens Værdi.

Til Sammenligning med vore Kulsyrekontrollforsøgs Resultater skal vi anføre Værdierne fra lignende Forsøg, anstillede med et Apparat af samme Type og samme Dimensioner

som vort, nemlig med ARMSBY og FRIES' Respirationskalorimeter til Kvæg. Kulsyreproduktionen hidrører i disse Forsøg fra Forbrænding af Alkohol. Af den forbrændte Mængde Alkohol kan den dannede Mængde CO_2 beregnes. Overensstemmelserne mellem de beregnede og fundne Værdier fremgaar af Tabel 14.

Tabel 14. Sammenstilling af ARMSBYS Kontrollforsøg med et Respirationskalorimeter til Kvæg.

Forsøgets Tidspunkt	Beregnet CO_2P	Fundet CO_2P	Diff. % af fundne Værdier
¹⁸ / ₁ 1903	977.30	963.15	— 1.5
²⁰ / ₁ —	1025.77	1017.86	— 0.8
²⁰ / ₄ —	1680.04	1665.14	— 0.9
⁵ / ₁ 1908	834.90	830.58	— 0.5
²⁵ / ₈ —	928.40	907.51	— 2.3

Det ses tydeligt, at det amerikanske Respirationskalorimeter gennemgaaende giver en mindre nøjagtig Kulsyrebestemmelse end vort Apparat.

Kap. 3. Bestemmelsen af den ved Tarmgæringen (og Hudrespirationen) dannede Kulsyre og Methan.

I det foregaaende er det omtalt, at vi med den Analysemetode, som hidtil har været anvendt, kan regne med en Nøjagtighed af ca. 1 % paa Kulsyreprocenten og ca. 2 % paa Methanprocenten i Hovedkammerets Luft.

Af disse procentiske Værdier beregnes den Kulsyre- og Methanmængde, der staar i Kammeret ved Forsøgets Begyndelse og Slutning, ved Multiplikation med Kammerets Rumfang minus Koens Rumfang. Da vi ikke er i Stand til at bestemme Koens Volumen helt sikkert, er en Bestemmelse af Hovedkammerets Rumfang ved omhyggelig lineær Udmaaling tilstrækkelig, saa meget mere som denne Maaling kan foretages uden væsentlige Fejl paa Grund af Kammerets i Hovedsagen rektangulære Form. Udmaalingen har givet følgende Resultat:

Kammeret fra Græbningens Forkant til Forvæggen:

$$268.5 \times 193.0 \times 193.0 \text{ cm} = 10001.4 \text{ l}$$

Kammeret over Græbningen: $195.5 \times 193.0 \times 75.0 \text{ cm} = 2829.9 \text{ l}$

Græbningen i Hovedkammeret: $75.0 \times 193.0 \times 25.0 \text{ cm} = 361.9 \text{ l}$

Udbygningen til Foderkrybbe: $139.0 \times 54.0 \times 42.0 \text{ cm} = 315.3 \text{ l}$

Sum... 13508.5 l

Herfra drages Malkekassen: $97.0 \times 71.0 \times 55.0 \text{ cm} = 378.8 \text{ l}$

Hovedkammerets Rumfang... 13129.7 l

Denne Rumfangsbestemmelse er ifølge gentagne Maalinger af forskellige Personer højst 1 % forkert, saaledes at vi altsaa kan regne med omtrent den samme Nøjagtighed paa Bestemmelsen af den producerede CO_2 og CH_4 som paa de tilsvarende procentiske Værdier, fundne ved Luftanalysen.

Denne Fejl er ret stor og kan vel formindskes i Fremtiden, men spiller forøvrigt ikke nogen Rolle for Stofskifteforsøgets Nøjagtighed, da den Mængde C, der udskilles i CO_2 og CH_4 fra Tarm og Hud, højst er 10 % af den samlede C-Udskilning fra Dyret. Fejl, der regnes i Procent for Tarmprodukternes Vedkommende, regnes altsaa kun i Promille for hele Stofskiftet.

V. Fejlen paa Respirationskvotienten og dens Betydning.

Som bekendt bruger vi under Beregningen af Stofskifteforsøget Forholdet mellem den gennem Lungerne udskilte CO_2 og optagne O_2 , begge maalt i Rumfang, til at beregne den kaloriske Værdi af den optagne Ilt og den relative Deltagelse af Fedt og Kulhydrater i Stofskiftet.

Dette Forhold kalder man den respiratoriske Kvotient, og det skrives $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$.

Paa Respirationskvotienten overføres samtlige Fejl fra Bestemmelsen af det respiratoriske Stofskifte, baade de, der hidrører fra Iltbestemmelsen, og de, der hidrører fra Kulsyrebestemmelsen. Gennem Respirationskvotienten og Værdierne for Iltforbruget overføres disse Fejl igen paa Bestemmelsen af Energiomsætningen. Det er da indlysende, at det er af Vigtighed at kende Fejlen paa $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ og dens Betydning for Nøjagtigheden af den endelige Bestemmelse af Stofskiftets Omfang.

Da Middelfejlen paa Bestemmelsen af Kulsyreudskillelsen er saa ringe, vil man paa Forhaand vente, at Middelfejlen paa Respirationskvotienten helt eller næsten helt bestemmes af Middelfejlen paa Værdien for Iltforbruget.

At denne Antagelse er rigtig, fremgaar af nedenstaaende Beregninger over Respirationskvotienterne i de tre Forsøg, der er omtalt i forrige Afsnit.

Forsøg 36 I. Uden Termoregulation, $\frac{O_i - O_u}{O_i} = \frac{1}{19.4}$

$$\begin{array}{l} O_2 = 2571 \pm 66 \\ CO_2 = 2342 \pm 5 \end{array} \quad \frac{CO_2}{O_2} = 0.911$$

$$\mu\left(\frac{CO_2}{O_2}\right) = \pm \sqrt{\frac{2571^2 \cdot 5^2 + 2342^2 \cdot 66^2}{2571^4}} = \pm 0.023; \text{ d. v. s. } 2.5 \% \text{ af Værdi } \frac{CO_2}{O_2}.$$

Forsøg 64 I. Med Termoregulation, $\frac{O_i - O_u}{O_i} = \frac{1}{20.3}$

$$\begin{array}{l} O_2 = 2404 \pm 51 \\ CO_2 = 2343 \pm 5 \end{array} \quad \frac{CO_2}{O_2} = 0.975$$

$$\mu\left(\frac{CO_2}{O_2}\right) = \pm \sqrt{\frac{2404^2 \cdot 5^2 + 2343^2 \cdot 51^2}{2404^4}} = \pm 0.021; \text{ d. v. s. } 2.2 \%$$

Forsøg 65 I. Med Termoregulation, $\frac{O_i - O_u}{O_i} = \frac{1}{14.2}$

$$\begin{array}{l} O_2 = 2591 \pm 37 \\ CO_2 = 2279 \pm 5 \end{array} \quad \frac{CO_2}{O_2} = 0.880$$

$$\mu\left(\frac{CO_2}{O_2}\right) = \pm \sqrt{\frac{2591^2 \cdot 5^2 + 2279^2 \cdot 37^2}{2591^4}} = \pm 0.012 \cdot \text{ d. v. s. } 1.4 \%$$

Det ses tydeligt, at Middelfejlene $\mu\left(\frac{CO_2}{O_2}\right)$ udgør samme procentiske Værdi af Kvotienten $\frac{CO_2}{O_2}$, som Middelfejlen μ_{OF} udgjorde af Værdien O_F , saaledes at Fejlen paa Respirationskvotienten alene bestemmes af Fejlen paa Iltforbruget.

Ifølge en af ZUNTZ¹⁾ angiven Metode kan man nu af Værdien for Iltforbruget samt Respirationskvotienten beregne Varmedannelsen i Organismen efter følgende Formel:

$$Kal. = O_F (4.686 + x \cdot 0.00123),$$

hvor x er lig med $\left(\frac{CO_2}{O_2} - 0.707\right) \cdot 1000$. Beregner vi f. Eks. Varmedannelsen i det første af de anførte Forsøg efter denne Formel, faar vi:

$$Kal. = 2571 (4.686 + 0.00123 \cdot 204) = 12690 \text{ Kal.}$$

¹⁾ ZUNTZ u. SCHUMBURG, Physiologie d. Marsches. Berl. 1901. MAGNUS-LEVY i v. NOORDEN, Handb. d. Pathologie des Stoffwechsels. 1. Bd. Berl. 1906.

Giver vi nu Iltforbruget en Tilvækst lig Middelfejlen, altsaa 2.5 %, og overfører den samme procentiske Tilvækst paa Nævneren i $\frac{CO_2}{O_2}$, faas:

$$Kal. = 2637 (4.686 + 0.00123 \cdot 181) = 12945 \text{ Kal.},$$

altsaa en Tilvækst paa Varmedannelsen af 2.0 %. Fejlen paa Varmedannelsen faar altsaa en lidt mindre procentisk Værdi end Fejlen paa Iltforbruget, hidrørende fra, at der er Korrelation mellem Fejlene paa Iltforbrug og paa $\frac{CO_2}{O_2}$.

Giver man i Stedet for Iltforbruget Kulsyreudskilningen en Tilvækst paa 2.5 %, faas $\frac{CO_2}{O_2} = 0.934$ og:

$$Kal. = 2571 (4.686 + 0.00123 \cdot 227) = 12765 \text{ Kal.}$$

Med Kulsyreproduktionen lig 2342 l og $\frac{CO_2}{O_2}$ altsaa lig 0,911 fandt vi 12690 Kal. Differensen er da 75 Kal., d. v. s. 0,6 %.

Heraf ses, hvad man for øvrigt længe har været paa det rene med¹⁾, at en selv ret betydelig Fejl paa Kulsyrebestemmelsen ikke spiller nogen Rolle for Bestemmelsen af Varmedannelsen i Organismen. Fejlen paa Kulsyreudskillelsen kan faktisk stige indtil 6 %, inden vi naar til en Fejl af 1.5 % paa Varmedannelsens Værdi.

Efter dette kan vi da gaa ud fra, at den metodiske Middelfejl paa Værdien for Varmedannelsen i Organismen har omtrent samme procentiske Værdi som Middelfejlen paa Iltforbruget, at altsaa Energiforbruget i Organismen i Hovedsagen bestemmes med samme Nøjagtighed som Iltforbruget.

For de Forsøgs Vedkommende, som vi nu straks skal behandle, vil dette altsaa sige, at vi i første Forsøgsrække i hvert Fald kan regne med en metodisk Middelfejl paa 2.5 % af Energiforbrugets Størrelse — i den sidste, hvor alle Forsøg undtagen eet er anstillet med høje Værdier for Kvotienten $\frac{O_i - O_u}{O_i}$, med en metodisk Middelfejl paa 1.5 % af Energiforbruget. Disse Værdier er dog Maksimumsværdier; ifølge det foregaaende bliver Fejlen paa Varmedannelsen procentisk lidt mindre end Fejlen paa Iltforbruget.

¹⁾ Se f. Eks. MAGNUS-LEVY, det anf. Sted.

VI. Udførelse og Beregning af et totalt Stofskiftebalanceforsøg med en malkende Ko. Kontrollering af Stofskifteforsøget ved indirekte Biokalometri.

Gennem den foregaaende Fremstilling har vi nu givet en Redegørelse for Udførelsen af Respirationsforsøgene og Fejkilderne ved disse Undersøgelser. Vi har betonet, at den stadig gennemførte Dobbeltestemmelse af Iltprocenten i den udgaaende Luft afgiver en meget væsentlig Kontrol med Apparats Funktion, fordi den tillader os for hvert enkelt Forsøg at afgøre, om hele Prøvetagningsmekanismen, indbefattet Iltbestemmelsesapparaterne, altsaa den mest indviklede Del af Apparaturet, har virket tilfredsstillende eller ej, idet Afvigelsen mellem Dobbeltanalyserne, hvis alt er i Orden, skal falde inden for de af den beregnede Middelfejl, μ_{0u} , angivne Grænser.

Imidlertid maa man altid regne med, at der ved Arbejder med et saa stort Apparat som et moderne Respirationsapparat til Malkekvæg midt under et Forsøg kan indtræffe et eller andet Uheld, f. Eks. i det konkrete Tilfælde en Utæthed i Forkammer eller Respirationsledninger, som ikke opdages. Da der nu tillige, som bekendt, i Stofskiftetællingen foruden Respirationsforsøgets Værdier indgaar Resultaterne af en hel Række kemiske Analyser, der alle, dels metodisk og navnlig som Følge af ufuldkommen Prøvetagning af Foderstofferne, er behæftet med Fejl, er det efter vor Mening uomgængelig nødvendigt at søge en Kontrol for Rigtigheden af selve det enkelte Stofskifteforsøg, som det beregnes paa Grundlag af Iltforbrug, Kulsyreudskilning og de analytiske Bestemmelser af Foderstoffernes og Stofskifteprodukternes elementære Sammensætning.

Paa det dyrefysiologiske Laboratorium er en saadan Kontrol etableret for alle totale Stofskifteforsøgs Vedkommende. Intet saadant Forsøg betragtes som afsluttet, før det er kontrolleret ved indirekte Biokalometri, hvilket vil sige, at man undersøger, hvorledes den Værdi for Varmedannelsen i Dyret, som beregnes af den stoflige Omsætning, stemmer med den, der kan beregnes ad en hel anden Vej, nemlig ud fra Bestemmelsen

af det indgivne Foders og de udskilte Stofskifteprodukters Energiindhold.

Metoden forlanger altsaa, at der anstilles direkte Kalorimetri af samtlige brændbare Foderstoffer og Stofskifteprodukter.

Inden vi gaar nærmere ind paa denne Beregning, skal vi imidlertid kortelig omtale, hvorledes vore totale Stofskifteforsøg i Hovedsagen er foretaget.

Kap. 1. Planen for et totalt Stofskiftebalanceforsøg med en malkende Ko.

Som det fremgik af Indledningen til denne Afhandling, skulde de Undersøgelser, der allerede er og i Fremtiden vil blive anstillet med det nu beskrevne Respirationsapparat, udgøre et Forsøg paa at løse det praktisk vigtige Problem om Minimumsomkostningerne pr. Kilogram Mælk.

I den tidligere citerede Afhandling af MØLLGAARD om dette Emne er det imidlertid udtrykkeligt fremhævet, at Mælkesekretionens Fysiologi frembyder det for en rationel Løsning af Problemet ret generende Forhold, at Mælkemængden synker i Løbet af Laktationstiden, samtidig med at der foregaar Forskydninger i Mælkens Sammensætning.

Under disse Forhold har vi ingen anden Vej at gaa end at benytte den Metode, vi altid anvender i Naturvidenskaben ved vor Betragtning af Processer, hvis Forløb stadig forandres, nemlig at dele Tidspunktet for hele Processens Afløb op i Intervaller og forudsætte, at Processen forløber jævnt, d. v. s. uforandret inden for hvert Interval. Hvor smaa man skal gøre disse Intervaller, kan ikke siges paa Forhaand, men vil afhænge af, hvor store Forandringerne er inden for et vist Tidsrum, samt hvor stor Nøjagtighed man har Brug for. I den nævnte Afhandling har MØLLGAARD foreslaaet at dele Laktationsperioden op i 4 Intervaller, og denne Inddeling vil vi foreløbig følge.

Nu er der imidlertid yderligere den Vanskelighed, at den daglige Mælkemængde, som bekendt, i Reglen svinger noget op og ned selv inden for et ret kort Interval. Man maa altsaa indrette sig saaledes, at man ved Stofskifteforsøget arbejder med et Middeltal for Mælkemængden og Mælkens Sam-

mensætning, der saa nær som muligt repræsenterer alle Svingninger inden for Intervallet.

Dette kan kun gøres ved foruden at bestemme den daglige Mælks Mængde og Sammensætning for hele det paagældende Interval at udstrække de anstillede Stofskiftebalanceforsøg over et saa langt Tidsrum, at det kommer til at omfatte, og helst nogenlunde ligeligt, Repræsentanter for alle de Variationer, Mælkemængden og Mælkens Sammensætning undergaar inden for Intervallet.

Dette sidste Spørgsmaal har vi løst paa følgende Maade:

Hvert Stofskifteforsøg omfatter 24 Dage, som deles op i 3 Underperioder paa 8 Dage. For hele denne Periode er der foretaget Vejning, Prøvetagning og Analyse af Foderet, som nedenfor beskrevet enten saaledes, at hele Foderet til de 24 Dage er dannet paa een Gang, eller saaledes, at der hver Dag er udtaget en bestemt Kvotadel af det tilførte Foder. Samtlige faste og flydende Stofskifteprodukter inklusive Mælken vejes hver Dag, og der udtages efter Vejning og Blanding en bestemt Kvotadel som Prøve (se nedenfor). Prøverne blandes sammen for en Underperiode paa 8 Dage og analyseres for denne, saaledes at vi altsaa faar 3 Analyserækker til Sammenligning for hvert Forsøg. Af en Underperiodes 8 Dage staar Dyret de 4 ude i Stalden. De to første og de to sidste Dage i Perioden staar det i Respirationskammeret. Der gøres altsaa for hver Periode to Respirationsforsøg paa hver 48 Timer, og med Middeltallet mellem de herved vundne Værdier for O_2 -Forbruget og CO_2 -Udskilningen og Udskilningen fra Hud og Tarm beregnes Stofskiftet for hele den 8 Dages Periode.

Stofskifteberegningen udføres af praktiske Grunde for 24 Timer under Benyttelsen af Middeltallet for de i 8 Dage optagne Fodermængder og udskilte Stofskifteprodukter.

For hver Periode paa 24 Dage faas saaledes 3 Stofskifteberegninger, der, fraset Variationerne i Mælkemængden, er udført under i Hovedsagen ens Forhold og derfor ved Sammenligning giver os Oplysning om, hvor meget Mælkevariationerne inden for Intervallet betyder, og altsaa hvor sikker vi kan være paa, at det Middeltal, vi siden danner for hele Forsøgstiden paa 24 Dage, er gyldig Repræsentant for hele det In-

terval af Laktationsperioden, for hvilket det i Praksis skulde gælde.

Hvorledes selve Beregningen af Stofskifteforsøget udføres, fremgaar af det nedenfor anførte Eksempel, der ligefrem repræsenterer et af vore Forsøg med en malkende Ko.

Inden vi gaar over til at betragte dette Forsøg, maa vi dog for Fuldstændighedens Skyld forudskikke nogle orienterende Bemærkninger om Udførelsen af de kemiske Analyser, der hører til et Stofskifteforsøg.

Kap. 2. De kemiske Analyser af Foderstoffer og Stofskifteprodukter.

Vi giver her kun en kortfattet Oversigt over den kemiske Analyse, og hvad dermed staar i Forbindelse, saasom Prøvetagning, Konservering og Opbevaring o. s. v.; en udførligere Redegørelse angaaende Enkeltheder ved disse Processer vil fremkomme senere.

§ 1. Foderstofferne.

Prøvetagningen. Der er til Forsøgene foreløbig anvendt følgende Foderstoffer: Soyakager, Bomuldsfrøkager, tørrede Roesnitter, hele Roer og Halm (Hakkelse). Prøvetagningen af de hele Roer udførtes som beskrevet af R. K. KRISTENSEN¹⁾, medens Fremgangsmaaden for de øvrige Stoffers Vedkommende ved de fleste af Forsøgene var følgende. Af hvert enkelt Stof udtoges en til hele det paagældende Forsøg tilstrækkelig Mængde, og disse Portioner blandedes omhyggeligt hver for sig for at opnaa tilstrækkelig Ensartethed; straks derefter udtoges paa sædvanlig Maade en større Prøve til Analyse, medens Resten umiddelbart derefter vejedes ud i Portioner lig den daglige Ration af vedkommende Stof. Disse Portioner opbevarede i Sække til Brug ved Fodringen i Forsøgstiden, saaledes at hver Sæk indeholdt den daglige Ration af det paagældende Foderstof.

Ved nogle af Forsøgene udførtes Prøvetagningen saaledes, at der for hvert enkelt Foderstofs Vedkommende daglig toges en Prøve, lig f. Eks. $\frac{1}{100}$ af Rationen; disse Prøver opbevarede i tætlukkede Glas for ved Slutningen af hver Periode at blandes sammen til Udtagelse af de endelige Analyseprøver.

¹⁾ R. K. KRISTENSEN, Tørstofbestemmelse i Roer (Tidsskr. f. Planteavl, 23. Bd. 1916, S. 158).

Ved Fodringen, der foregik Kl. 8 $\frac{1}{2}$ om Morgenen og Kl. 4 $\frac{1}{2}$ om Eftermiddagen, fik Koen først Kraftfoderet og Roesnitterne (eller Roerne), og naar den havde ædt dette helt op, hvad der altid skete meget hurtigt, fik den Hakkelsen. Hvad der om Morgenen var levnet af Hakkelse fra den foregaaende Dag, fjernedes fra Krybben og opbevarede. Naar Perioden var sluttet, blandedes Levningerne omhyggeligt sammen og vejedes, og i en Prøve bestemtes da Vandindholdet, hvorefter den virkelig opfodrede Mængde Halmtørstof let kan beregnes, naar hele den oprindelig afvejede Tørstofmængde er bekendt.

Den kemiske Analyse. I de til Analyse udtagne Prøver bestemtes Vand, Total-N, »Renprotein-N«, Raafedt, Sukker (dog kun i Roer og Roesnitter), Stivelse, Aske, Kulstof og Forbrændingsvarme.

Ved Prøvernes Forberedelse til Analyse, saavel som ved Bestemmelsen af Vand, Total-N, »Renprotein-N« og Raafedt fulgtes i alt væsentligt de Regler, der er givet i »Fælles Arbejdsmetoder for Undersøgelser foretagne i Medfør af Lov om Handel med Gødnings- og Foderstoffer af 26. Marts 1898, fastsatte af Landbrugsministeriet i Henhold til nævnte Lovs § 7, som gældende fra 1. Oktober 1908«.

I Roesnitter saavel som i Roer bestemtes Sukkermængden, idet et vandigt Udtræk¹⁾ behandledes med Fehlings Vædske paa sædvanlig Maade, efter at Sukkeret først var inverteret med Saltsyre. Stivelsesmængden bestemtes ved REINKES' Højtryksmetode²⁾; for Roernes Vedkommende fjernedes Sukkeret ved Udvaskning med Vand før Autoklave-
ringen.

Aske. Der er foretaget Bestemmelser af den samlede Askemængde, da Mængden af kvælstoffrie Extraktstoffer ellers ikke kan beregnes. Bestemmelserne udførtes paa den almindelige Maade³⁾.

Forbrændingsvarmen bestemtes paa sædvanlig Maade i den kalorimetriske Bombe, og efter at Bestemmelsen var ført til Ende, udførtes en Kulsyrebestemmelse i Bombens

¹⁾ J. KÖNIG, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 3. Bd. 1 T. 4. Aufl. Berl. 1911, S. 423.

²⁾ J. KÖNIG, det anf. Sted, S. 439.

³⁾ J. KÖNIG, det anf. Sted, S. 474.

Indhold, idet den samlede Kulsyremængde absorberedes i Kaliapparater og Natronkalkrør og vejedes¹⁾; af den fundne Kulsyremængde beregnedes derefter Kulstofmængden i vedkommende Foderstof.

§ 2. Mælken.

Prøvetagningen. Efter hver Malkning vejede vi den udvundne Mælk og blandede den derefter ved Omrystning. For hvert Kilogram udtoges 50 g, og disse Prøver samledes for en hel Periode (= 8 Dage) i en Flaske, der henstod i Isskab. Til yderligere Sikkerhed mod Forraadnelse tilsattes lidt fint pulveriseret Kaliumdikromat, dog kun saa meget, at Mælken farvedes straaugul.

Den kemiske Analyse. I den saaledes vundne Gennemsnitsprøve bestemtes Total-N, Fedt, Sukker, Kulstof og Forbrændingsvarme.

Total-N bestemtes ved KJELDAHLS Metode.

Til Bestemmelse af Fedt anvendtes RÖSE-GOTTLIEBS Metode²⁾, og vi har altid anvendt 2 Udrystninger³⁾.

Sukker. Det har været angivet i Litteraturen, at man finder højere Værdier for Mælkesuktermængden, naar denne bestemmes ved Polarisation, end naar den bestemmes ved Hjælp af Fehlings Vædske, og som Forklaring er fremsat den Mulighed, at der ved Siden af Mælkesukkeret findes smaa Mængder af andre Kulhydrater i Mælken⁴⁾. Vi har derfor stadig bestemt Suktermængden paa begge Maader, og vi har da regnet med Middeltallet; uden paa dette Sted at gaa i Detailler vil vi dog anføre, at vi i Reglen har fundet god Overensstemmelse mellem de fundne Værdier. Ved den polarimetriske Bestemmelse har vi anvendt SALKOWSKIS Metode⁵⁾; ved den vægtanalytiske har vi derimod fulgt SCHEIBES Frem-

¹⁾ E. GRAFE, Methodisches zur Kohlensäurebestimmung mit der Berthelotschen Bombe (Biochem. Zeitschr. 24. Bd. 1910, S. 277).

²⁾ E. GOTTLIEB, En bekvem Maade til Bestemmelse af Fedt i Mælk (Tidsskr. f. Fysik og Kemi, 29. Bd. 1890, S. 294).

³⁾ Se Forsøgslaboratoriets 56. Beretning. S. 12.

⁴⁾ JOHN SEBELIEN, Über den in der Milch vorkommenden Zucker (Festschrift for Olof Hammarsten, 1906).

⁵⁾ E. SALKOWSKI, Über das Verhalten der Milch zu Ammoniumsulfat und ein neues Verfahren zur Bestimmung des Milchezuckers (Zeitschr. f. physiol. Chemie, 78. Bd. 1912, S. 89).

gangsmaade¹⁾, kun at vi her, som i øvrigt overalt ved Bestemmelse af Sukkerarter, ved selve Reduktionen, og hvad derefter følger, har fulgt KJELDAHLS Anvisninger og derfor ogsaa benyttet hans Tabeller.

Til Bestemmelse af Forbrændingsvarmen indtørredes passende Mængder (ca. 5 g) Mælk i smaa tyndvægede Glas, som passede til Diglen i den kalorimetriske Bombe; Indtørringen skete i Vakuum over Svovlsyre, og for at fremskynde Indtørringen hensatte vi Ekssikkatoren i en Termostat ved ca. 37 °. Den videre Fremgangsmaade var som ved Foderstofferne, saaledes at vi ogsaa her fik Kulstofbestemmelsen i Tilslutning til Bestemmelsen af Forbrændingsvarmen.

§ 3. *Urin.*

Prøvetagningen og Opbevaringen af Prøverne foregik paa lignende Maade som ved Mælken, kun at der benyttedes lidt Kresol (ca. 1 %₀₀) som Konserveringsmiddel.

Den kemiske Analyse. I den vundne Gennemsnitsprøve bestemtes Total-N, Kulstof og Forbrændingsvarme.

Total-N bestemtes efter KJELDAHLS Metode.

Kulstofmængden bestemtes her ad vaad Vej, idet Indtørringen, der er en nødvendig Forudsætning for Bestemmelsen i den kalorimetriske Bombe, er forbundet med store Tab af Kulsyre. Ved Udførelsen fulgtes den af RONA efter HUPPERT givne Arbejdsmetode²⁾.

Vi ved vel, at vi ved Anvendelsen af Kresol som Konserveringsmiddel indfører en Fejl paa Kulstofbestemmelsen, idet Kresolets Kulstof bestemmes med, men denne Fejl kommer ikke til at spille nogen Rolle i Kulstofbalancen, da Urinens Kulstof kun er en lille Del af hele Kulstofmængden; Fejlen vil desuden modvirkes af en anden, idet nemlig Urinen indeholder Natriumbikarbonat i ikke ringe Mængder, saa at et Kulsyretab er muligt. Da Anvendelsen af Kresol paa den anden Side frembyder visse Fordele, er vi foreløbig blevet staaende herved.

¹⁾ J. KÖNIG, det anf. Sted, Bd. III. 2. Del, S. 213.

²⁾ P. RONA, Bestimmung des Kohlenstoffs im Harn (Abderhaldens Handbuch der biochem. Arbeitsmethoden. I. S. 361).

Forbrændingsvarmen bestemmer vi efter Indtørring af en passende Mængde Urin paa Celluloseblokke af bekendt Forbrændingsvarme. Da Indtørringen er forbundet med betydelige Tab af Kvælstof, maa der foruden Korrektionen for Cellulosens Forbrændingsvarme tillige indføres en Korrektion, svarende til Forbrændingsvarmen af de bortgaaede kvælstofholdige Stoffer. Vi har derfor bestemt Kvælstoftabet og saa anvendt den af KRUMMACHER angivne Korrektion¹⁾.

§ 4. Gødningen.

Prøvetagningen. Den i Løbet af et Døgn producerede Gødning røres omhyggeligt sammen i en stor Beholder og vejes. Heraf tages da en bestemt Del, f. Eks. $\frac{1}{50}$, og denne mindre Portion bringes over i en Spand med Laag og røres her sammen med lidt Formalin. Spanden opbevares i Isskab, og i den samles efterhaanden Prøverne for hele den paa-gældende Forsøgsperiode. Naar Perioden er afsluttet, blandes Spandens Indhold godt ved kraftig Omrøring, og derefter ud-tages Analyseprøven.

Den kemiske Analyse. I den udtagne Prøve foretages de samme Bestemmelser som i Foderstofferne, og der anvendes de samme Metoder. Da Tørringen af Gødningen har vist sig at være forbundet med et, om end ikke særlig stort, saa dog kendeligt Kvælstoftab, udføres Bestemmelserne af Total-N og »Renprotein-N« direkte paa den vandholdige Gødning, og det samme gælder Stivelsebestemmelsen. Resten af Bestemmelserne foretages derimod først, naar Gødningen er tørret og malet.

Kap. 3. Beregningen af et totalt Stofskiftebalanceforsøg med en malkende Ko.

I Tabel 15 har vi opført Værdierne fra et af vore totale Stofskifteforsøg med en malkende Ko. Forsøget angaar et Dyr, der vejede ca. 400 kg og leverede 9.5 kg Mælk ca. $3\frac{1}{2}$ Maaned efter Kælvningen.

¹⁾ Se Fremstillingen i NEUBERGS Haandbog »Der Harn sowie die übrigen Ausscheidungen und Körperflüssigkeiten von Mensch und Tier, ihre Untersuchung und Zusammensetzung«, Bd. 2. 1911, S. 1325. — Angaaende Korrektionen henvises specielt til K. FARKAS u. M. KORBULY, Kritisch-experimentelle Studien über die Calorimetrie des Harns (Arch. f. d. ges. Physiologie. 104. Bd. 1904, S. 564).

I Tabellen er opført alle de Værdier, der er fundet ved kemiske Analyser og Respirationsforsøg. De skal dog ikke behandles systematisk i det følgende, idet Forsøget kun skal tjene til Eksempel paa de Stofskiftforsøg, hvoraf vi siden Respirationsapparatets Bygning har udført i alt 13. De endelige Resultater af disse Forsøg vil ikke blive offentliggjort, før vi er naaet gennem hele Forsøgsplanen i hvert Fald for nogle enkelte Dyr. Først da kan nemlig Resultaterne endelig overes.

Den Redegørelse, der i det følgende er givet for disse Forsøgsresultater, er derfor ogsaa kun at betragte som en foreløbig Meddelelse, der dels skal tjene til helt ud at fastslaa vore Apparaters og Metoders Anvendelighed til Forsøg paa Løsningen af det vanskelige Problem, vi beskæftiger os med, og dels maaske give et Fingerpeg om, hvorledes Løsningen kommer til at tage sig ud.

§ 1. *Beregning af Varmedannelsen paa Grundlag af Iltforbruget og Kulsyreudskillelsen.*

I Urinen udskiltes: 51.6 g N, hvilket vil sige, at der er omsat: $51.6 \times 6.0 = 310$ g Protein = 161 g C = 1376 Kalorier.

310 g Protein bruger ved Oxydation til de kvælstoffholdige Endeprodukter i Urinen: $310 \cdot 0.97 = 301$ l O₂ og producerer under samme Omstændigheder: $310 \cdot 0.78 = 242$ l CO₂.

Ifølge Respirationsforsøget er der i alt brugt: 2762 l O₂ og produceret 2670 l CO₂.

Til Oxydation af N-fri Stoffer er der da brugt: 2762 — 301 = 2461 l O₂.

Ved Oxydation af N-fri Stoffer er der produceret: 2670 — 242 = 2428 l CO₂.

Heraf faas Respirationskvotienten for Forbrændingen af kvælstoffri Stoffer bestemt ved:

$$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{2428}{2461} = 0.987.$$

Under Forudsætning af, at de oxyderede kvælstoffri Stoffer helt eller væsentlig bestaar af Fedt og Kulhydrat, kan man nu beregne Varmedannelsen ved denne Oxydation efter en af ZUNTZ¹⁾ angiven Metode:

¹⁾ ZUNTZ u. SCHUMBURG, Physiologie des Marsches, Berlin 1901.

1 Liter Ilt leverer ved Forbrænding af

Stivelse	5.047 Kal.;	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 1.000$
Fedt	4.686 Kal.;	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 0.707$
Differens	0.361 Kal.;	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 0.293$

Forbrænder nu en Blanding af Fedt og Kulhydrat, vil saavel den respiratoriske Kvotient som Varmeværdien af 1 Liter Ilt vokse proportionalt med stigende Kulhydratforbrænding. Altsaa for hver Gang Respirationskvotienten stiger 0.001 over 0.707, vil Iltens Varmeværdi stige med $\frac{0.361}{293} = 0.00123$ Kalorier. Man faar da i det foreliggende Tilfælde følgende Værdi for Varmedannelsen af N-fri Stoffer ved Respirationskvotienten 0.987

$$2461 (4.686 + 0.00123 \cdot 280) = 2461 \cdot 5.030.$$

Ved Oxydation af N-fri Stoffer er da dannet: 12379 Kalorier

Ved Oxydation af Protein-stoffer er der dannet: 1376 Kalorier

Samlede Varmedannelse: 13755 Kalorier.

Videre kan man med en vis Tilnærmelse beregne, hvor stor en Del af denne Varmedannelse der skyldes Fedt og hvor stor en Del Kulhydrater.

Kaldes den Mængde Ilt, der medgaar til Oxydation af Fedt, for X, bliver den Mængde, der medgaar til Oxydation af Kulhydrater, $2461 - X$. Man har da, idet Respirationskvotienten for Fedt sættes til 0.707, for Kulhydrater til 1.000:

$$0.707X + 2461 - X = 2428,$$

og heraf faas igen

$$X = 1121 \text{ O}_2.$$

Da 1 g Fedt med gennemsnitlig Sammensætning bruger 2.02 l Ilt til fuldstændig Oxydation, svarer de 1121 l O_2 til 55 g Fedt $= 42 \text{ g C} = 520 \text{ Kal}$. Til Oxydation af Kulhydrater er der da medgaaet: $2461 - 1121 = 2349 \text{ l O}_2$, beregnet som Stivelse lig 2830 g Stivelse $= 1257 \text{ g C} = 11829 \text{ Kalorier}$, idet 1 g Stivelse bruger 0.83 l Ilt.

Tabel 15. Hovedregnskab for Stofskifteforsøg.

Nr. 3. Periode III. $\frac{5}{5}$ Kl. 8 F— $\frac{13}{5}$ Kl. 8 F.

Indtægter. Middel for 24 Timer af Forsøg paa 8 Dage. Respirationsforsøg Nr. 40 og 41 à 48 Timer.

Foderstoffer	Totalmgd. kg	Tørstof g	Organisk Substans g	Totale Energi Kal.	Kal. pr. Kilogram Dyr	Total-N g	Raaprotein $N \times 6.0$ g	Ren- protein-N g	Amid-N g	Fedt = Eterextrakt g	Sukker g	Stivelse g	Rest g	C g	Aske g
Soyakager	0.500	426	401	2126	5.4	33.0	[198]	31.2	1.8	29	—	57	117	203	25
Bomuldsfrøkager....	1.100	964	906	4788	12.1	60.2	[361]	58.3	1.9	75	—	123	377	467	58
Sukkerroesnitte	5.000	4165	3965	17455	44.4	57.0	[342]	39.5	17.5	—	1273	760	1590	1808	200
Halm	4.955	4218	3901	18299	46.2	37.5	[225]	32.2	5.3	79	—	753	2844	1882	317
Summa...		9773	9173	42668	108	187.1	[1126]	161.2	26.5	183	1273	1693	4928	4360	600
Udgifter pr. 24 Timer.															
Gødning	24.777	3486	3134	16378		81.3	[488]	69.4	11.9	100		337	2209	1615	352
Hudaffald o. s. v.	0.007			102		3.7	[22]	3.7						12	
Urin	7.407			911		51.6	[310]	[45.0]	6.6					120	
Tarmgæring (og Hudrespiration)...				2297 1561										495	
Respiration				13744										1433	
Mælk	9.490			6728		43.1	[259]	43.1		346	747			607	
Summa...				41721		179.7		161.2	18.5	446	477	[337]	[2209]	4282	
Balance				+ 947		+ 8.0	+ 47		+ 8.0	—263				+78	
Resorberet										83					

Respiratorisk Stofskifte, Middel af Forsøg 40 og 41: $O_F = 2762$ l; $CO_{2P} = 2670$ l;Tarmgæring: CO_2 : 681 l; CH_4 : 242 l.

Den samlede Forbrænding bliver da

55 g Fedt	=	520 Kal.
2830 g Stivelse	=	11829 —
310 g Protein	=	1376 —
Sum...		13725 Kal.

altsaa, som venteligt, omtrent samme Værdi som beregnet efter ZUNTZ.

§ 2. Beregning af Omsætningerne ved Mælkedannelsen.

I Følge Tabel 15 er der resorberet	83 g Fedt
Der er oxyderet	55 g —
Rest...	28 g Fedt

I Mælken er der udskilt 346 g Fedt. Da der kun er 28 g Fedt til Disposition for Mælkedannelse, maa de 318 g Mælkefedt være dannet af Kulhydrat, da Kulstofbalancen er positiv.

Disse 318 g Fedt kan dannes af 757 g Stivelse. Imidlertid er det vel sikkert, at en meget stor Del af det opstaar af de ved Vomgæringen dannede Fedtsyrer, hvor meget kan imidlertid ikke afgøres.

§ 3. Aflejringen af Protein og Fedt.

Ifølge Tabellen er der en positiv N-Balance paa 8 g N. Beregnet som Protein bliver det 50 g Protein = 26 g C.

Der var i alt aflejret 78 g C, heraf altsaa 26 som Protein, Resten, nemlig 52 g C, som Fedt = 68 g Fedt. Om dette gælder det som for Mælkefedtet, at det er dannet af Kulhydrater paa en eller anden Maade.

50 g Protein svarer til 285 Kal.; 68 g Fedt til 643 Kal. Tilsammen er der da ifølge den stofflige Balance aflejret 928 Kal. Af Tabel 15 fremgaar, at den energetiske Balance viser en Aflejring paa 947 Kal. Overensstemmelsen er altsaa tilfredsstillende.

§ 4. Kontrollering af Forsøget ved indirekte Biokalorimetri.

Det tilførte Foder (se Tabellen) indeholdt: 42668 Kal.

Bestemmer man nu Forbrændingsvarmen af samtlige faste, flydende og luftformige Stofskifteprodukter, adderer de fundne Størrelser og trækker deres Sum fra Foderets Forbrændingsvarme, skal Differensen naturligvis

Tabel 16.

Forsøgets Nr. og Dato	Varmedann. beregnet af Of Kal.	Varmedann. fundet ved indirekte Kalorimetri Kal.	Diff. % af Kalori- metri	Ind- tægter Kal.	Ud- gifter Kal.	Afvigelse fra Princip om E.s Konst. % af Indtægt
Vore Forsøg						
1916 Malkeko						
2 II $\frac{15}{3} - \frac{22}{3}$	14002	13440	+ 4.2	42860	43422	+ 1.3
2 III $\frac{23}{3} - \frac{31}{3}$	14448	14291	+ 1.1	42258	42415	+ 0.4
3 I $\frac{17}{4} - \frac{27}{4}$	15108	15313	- 1.3	43562	43357	- 0.5
3 II $\frac{27}{4} - \frac{5}{5}$	13891	14713	- 5.6	44015	43193	- 1.9
3 III $\frac{5}{5} - \frac{13}{5}$	13744	13695	+ 0.4	42668	42717	+ 0.1
4 I $\frac{20}{5} - \frac{7}{6}$	14186	13724	+ 3.4	41632	42094	+ 1.1
4 II $\frac{7}{6} - \frac{15}{6}$	14478	15116	- 4.2	39513	38875	- 1.6
4 III $\frac{15}{6} - \frac{23}{6}$	14611	14898	- 1.9	38955	38668	- 0.7
Goldko						
(samme Ko som ovenfor)						
5 I $\frac{31}{10} - \frac{8}{11}$	11924	11636	+ 2.5	30132	30420	+ 1.0
5 II $\frac{8}{11} - \frac{16}{11}$	11943	11403	+ 4.7	29616	30156	+ 1.8
5 III $\frac{16}{11} - \frac{25}{11}$	11808	11518	+ 2.5	28667	28957	+ 1.0
ARMSBYS Forsøg 1903¹⁾						
A	9215	9243	0.3	17600	17572	0.2
B	10296	10201	0.9	21081	21176	0.5
C	10749	11116	3.4	25149	24782	1.5
D	11493	11577	0.7	29538	29454	0.3
ARMSBYS Forsøg 1908²⁾						
Ia	10911	11013	0.9	18414	18311	0.6
IIa	11435	11980	4.8	23897	23352	2.3
IIIa	10724	11274	5.1	21250	20700	2.6
Ib	11736	11185	4.7	18045	19096	3.1
IIb	11318	11727	3.6	23644	23234	1.7
IIIb	10875	11066	1.8	21105	20914	0.9

¹⁾ The available energy of timothy-hay (U. S. Dep. of agriculture. Bur. of animal industry. Bull. 51. 1903).

²⁾ H. P. ARMSBY and J. A. FRIES, The available energy of red clover hay (Samme Sted Bull. 101. 1908).

være lig med Varmedannelsen i Kroppen, beregnet af Iltforbruget, saafremt Dyret er i Ernæringslignevægt og ikke taber Varme paa anden Maade.

Er Dyret ikke i Ernæringslignevægt, skal den potentielle Energi i de aflejrede Stoffer lægges til Udgifterne, den i de tilsatte Stoffer lægges til Indtægterne.

Ovenstaaende Tabel viser Afvigelserne imellem den af Iltforbruget beregnede og den kalorimetrisk bestemte Varmedannelse for alle de Stofskifteforsøg paa 8 Dage, vi hidtil har udført, og giver altsaa et Begreb om Nøjagtigheden af vor hele samlede Arbejdsmetode. Tillige er opført Afvigelserne fra Princippet om Energiens Konstans i Procent af Indtægterne, alt maalt i Kalorier. Til Sammenligning har vi tillige anført lignende Kontrolberegninger fra Forsøg anstillede i ARMSBYS Respirationskalorimeter med Tyre og Stude.

Det fremgaar for det første af denne Tabel, at vore Bestemmelser af Energiomsætningen gennemgaaende er lige saa gode som de, der er vundet med det amerikanske Respirationskalorimeter, altsaa direkte kalorimetrisk Bestemmelse af Varmedannelsen i Kroppen.

En bedre Overensstemmelse kan heller ikke ventes, for det første i Betragtning af de talrige og alle med Fejl behæftede kemiske Analyser, der indgaar i disse Regninger, men dernæst fordi Beregningen helt igennem beror paa Anvendelsen af visse Konstanter for Stoffernes Sammensætning, Iltforbrug, Forbrændingsvarme o. s. v., altsammen Tal, der naturligvis kun er fastsat med en vis Tilnærmelse og derfor kan give større eller mindre Fejl i de enkelte Tilfælde, alt efter de Foderstoffer, man har at gøre med. En eksakt Beregning af disse Fejls Størrelse lader sig foreløbig ikke udføre. Anvender vi, naar vi til praktisk Brug opgør hele Stof- og Energiomsætningen, Middeltallet mellem den af Iltforbruget og den af Kalorimetrien beregnede Værdi for Varmedannelsen i Kroppen, vil de Fejl, vi begaar, i Almindelighed være uden praktisk Betydning.

FORELØBIG BERETNING

OM RESULTATER AF STOFSKIFTEFORSØG MED MALKENDE KVÆG.

AF
HOLGER MØLLGAARD.

I DEN første Afhandling i denne Beretning har jeg omtalt, at man ved enhver rationel Undersøgelse over Stof- og Energiomsætning hos Malkekqvæg, i hvert Fald foreløbig maa inddele Omsætningen i 4 Kategorier for at kunne give sine Slutninger en generel Udstrækning.

Af disse 4 Kategorier er de Grupper, der rummer Vedligeholdelsesstofskiftet og Omkostningerne ved Fosterets Vækst og Stofskifte saa naturlige, at Berettigelsen af deres Opstilling og Adskillelse neppe vil møde nogen Indvending. At man hertil følger en 3die Kategori, der omfatter de samlede Udgifter ved Mælkeproduktionen, vil sikkert heller ingen finde uberegtiget. Anderledes gaar det imidlertid med den foreslaaede Inddeling af Omsætningen ved denne Produktion i et Produktionsstofskifte og et Arbejds- eller Sekretionsstofskifte. Denne Inddeling hviler nemlig paa det Postulat, at det Stof- og Energiforbrug, der medgaar til selve Dannelsen af Mælken, og til Fordøjelsen af den Mængde Foder, som Dyret paa Grund af sin Mælkeproduktion maa optage ud over Vedligeholdelsesfoderet, har en saadan Størrelse, at det virkelig udgør en nævneværdig Del af Dyrets samlede Energiforbrug. Saafernt dette sidste er Tilfældet, vil Arbejdsstofskiftets Afhængighed af Mælkens Mængde og Sammensætning have stor Betydning for Spørgsmaalet om, i hvilket Forhold til Mælke- mængden vi skal beregne Energiindholdet i Foderet.

I den foregaaende Afhandling har A. C. ANDERSEN og jeg gjort Rede for, hvorledes man af Dyrets respiratoriske Stofskifte — det vil sige dets Iltoptagelse og Kulsyreudskillelse gennem Lungerne — samt af dets Kvælstofudskillelse kan beregne, hvor megen Energi der er frigjort i Organismen, og i hvilket Forhold de enkelte Næringsstofgrupper indgaar i Forbrændingen.

Da nu Vedligeholdelsesstofskiftet er Dyrets Stofskifte i den Tilstand, hvor Grundomsætningen er dækket, er det klart, at dets Størrelse vil være tilstrækkeligt sikkert bestemt ved Dyrets Minimumskvælstofomsætning, dets Iltforbrug og dets Kulsyreudskilning i relativ Hvile og under Ernæringsligevægt. Vi kan bestemme Vedligeholdelsesstofskiftet ved at bestemme Kvælstofminimum, Iltforbrug og respiratorisk Kvotient hos den hvilende Goldko under saadanne Fodringsbetingelser, at den hverken aflejrer eller taber nævneværdige Mængder.

Udføres de samme Bestemmelser for Koen i malkende Tilstand og under de samme Fodringsbetingelser, vil man, saafremt den omhandlede Afsondring af et Arbejdsstofskifte som en særlig Gruppe er rigtig, finde en kendelig Stigning af Iltforbruget hidførende fra, at Energiforbruget ved Produktionen af Mælken og ved Fordøjelsen samt Omsætningen af den forøgede Mængde Foder har en virkelig betydelig Størrelse. Stigningen af Iltforbruget angiver direkte Arbejdsstofskiftets Størrelse.

Endvidere vil man, uanset Gruppedelings Rigtighed, altid finde en forøget N-Omsætning. En Del af Kvælstoffet vil i hvert Fald komme ud i Mælken som Protein, og man kan ved Analyse af Mælken beregne hvor meget; Resten, om der er en saadan, repræsenterer de kvælstofholdige Stoffers Deltagelse i Mælkesekretionens Arbejdsomkostninger.

Vi har da altsaa her to fundamentale Spørgsmaal for os. Det ene drejer sig om, hvorvidt den samme Ko har et større Iltforbrug i malkende end i gold Tilstand, og det andet om der ved Mælkesekretionen medgaar kvælstofholdige Stoffer til andet end til at danne Mælkeprotein. Paa det første Spørgsmaal leverer vore Forsøg et tydeligt bekræftende Svar.

I omstaaende Tabel har vi sammenstillet to Rækker Bestemmelser af Iltforbruget hos en Ko paa 400 kg Legemsvægt, hver Række bestaaende af henholdsvis 14 og 16 Bestemmelser og den ene svarende til den Tid, da Dyret malkede mellem 9.8 og 9.1 kg Mælk, den anden til Goldtiden.

I begge Perioder har Grundfoderet været af samme Beskaffenhed, nemlig Roetørstof og Halm. Tillægget i Foder for Malketiden bestod af Oliekager og Halm. I Goldtiden

Tabel 17. Iltforbrug hos en Ko paa 400 kg i malkende og gold Tilstand.

I. I malkende Tilstand.			II. I gold Tilstand.		
O _F	d	d ²	O _F	d	d ²
			2404	— 11	121
			2295	— 120	14400
2737	— 122	14884	2591	+ 176	30976
2800	— 59	3481	2299	— 116	13456
2867	+ 8	64	2410	— 5	25
2772	— 87	7569	2340	— 75	5625
2716	— 143	20449	2348	— 67	4489
2693	— 166	27556	2402	— 13	169
2917	+ 58	3364	2427	+ 12	144
2868	+ 9	81	2540	+ 125	15625
2878	+ 19	361	2447	+ 32	1024
2905	+ 46	2116	2396	— 19	361
3058	+ 199	39601	2382	— 33	1089
2896	+ 37	1369	2426	+ 11	121
2899	+ 40	1600	2460	+ 45	2025
3017	+ 158	24964	2467	+ 52	2704

$$M = 2859 \quad \Sigma d^2 = 147459$$

$$N = 14 \quad \sigma = \pm \sqrt{\frac{147459}{13}}$$

$$\sigma = \pm 107 \quad \frac{\sigma \cdot 100}{2859} = 3.7 \%$$

$$m = \pm \frac{107}{\sqrt{14}}$$

$$m = \pm 29$$

$$\frac{m \cdot 100}{2859} = 1.0 \%$$

Med en respiratorisk Kvotient paa gennemsnitlig 0.933 svarer 2859 l O₂ til en Energiomsætning af: 14192 Kal. ± 142 .

$$M = 2415 \quad \Sigma d^2 = 92354$$

$$N = 16 \quad \sigma = \pm \sqrt{\frac{92354}{15}}$$

$$\sigma = \pm 78 \quad \frac{\sigma \cdot 100}{2415} = 3.2 \%$$

$$m = \pm \frac{78}{\sqrt{16}}$$

$$m = \pm 20$$

$$\frac{m \cdot 100}{2415} = 0.8 \%$$

Med en respiratorisk Kvotient paa gennemsnitlig 0.951 svarer 2415 l O₂ til en Energiomsætning af: 12041 Kal. ± 96 .

har Foderet været helt konstant under alle Forsøgene. I Malketiden er dets Sammensætning derimod forandret engang midt i Forsøgstiden, svarende til den vandrette Streg. Det ses imidlertid, at Middeltallene fra de to ved Stregen adskilte Perioder ikke afviger mere fra hinanden end svarende til Middelfejlen paa Middeltallet af samtlige Bestemmelser. Heller

ikke hvis Iltforbruget opgøres pr. Kilogram leveret Mælk, findes der nogen nævneværdig Afvigelse mellem de to Perioders Værdier. Vi kan da for en foreløbig Oversigts Skyld behandle samtlige 14 Bestemmelser under eet uden Hensyn til den foretagne Foderforandring.

Af Tabel 17 fremgaar det for det første, at de i den foregaaende Afhandling omtalte metodiske Fejl paa Bestemmelsen af Iltforbruget er langt mindre end de Variationer, som Iltforbruget udviser paa Grund af Svingninger i Dyrets eget Stofskifte.

Som Enderesultat af hele den foregaaende fejlteoretiske Redegørelse fremgik det, at vi i første Forsøgsrække (uden Termoregulation), hvortil Bestemmelserne paa den malkende Ko henhører, er berettiget til at regne med, at den enkelte Bestemmelse af Iltforbruget pr. 24 Timer er behæftet med en metodisk Middel fejl, der udgør 2.5 % af Iltforbrugets Værdi. Af Tabellens første Afdeling fremgaar, at σ udgør 3.7 % af Iltforbruget, hvilket altsaa vil sige, at de Variationer, der hidrører fra uundgaelige Svingninger i Dyrets eget Stofskifte, er betydelig større end den metodiske Fejl.

For den sidste Forsøgsrække (med Termoregulation), hvortil Forsøgene med Goldkoen hører, beregnede vi en metodisk Fejl, der udgjorde 1.5 % af Værdien for den enkelte Bestemmelse af Iltforbruget. I den Række udgør σ 3.2 % af Iltforbrugets Værdi. Altsaa har vi her et lignende Forhold som i første Række. Under alle Omstændigheder er den metodiske Fejl langt mindre end σ .

Dette siger os da endelig, at vor Metode er nøjagtig nok til at foretage Bestemmelserne af det respiratoriske Stofskifte med en Sikkerhed, der er fuldkommen tilstrækkelig saavel teoretisk som praktisk.

Videre fremgaar det af Tabellen, at der er en ret væsentlig Differens mellem Middeliiltforbruget hos Koen i malkende og i gold Tilstand. Da Dyret ikke er bedækket, da altsaa intet Foster spiller en Rolle med her, angiver Differensen mellem de to Middeltal ligefrem Middeliiltforbruget ved selve Dannelsen af Middelmælkemængden i det paagældende Tidsrum, indbefattet den Stigning i Fordøjelsesarbejdet, der direkte hænger sammen med Mælkesekretionens Opretholdelse.

Differensen er:

$$2859 \pm 29 - 2415 \pm 20 = 444 \pm 35 \text{ l O}_2.$$

Det ses altsaa, at denne Differens, paa hvilken til syvende og sidst alle Fejl, dels fra Metodikken og dels fra Variationer i Dyrets Stofskifte, overføres, dog er ca. 13 Gange større end sin Middelfejl. Dens Eksistens og omtrentlige Størrelse er altsaa sikret.

Beregnet i Kalorier giver den ligefrem et Maal for Funktionsstofskiftets Størrelse. Beregningen kan udføres med tilstrækkelig Tilnærmelse paa den i Tabellen angivne Maade.

Regner man med Middelværdierne for Respirationskvotienterne i hver af de to Forsøgsrækker, faas for Koen i malkende Tilstand en Middelvarmedannelse i Kroppen paa:

$$14192 \pm 142 \text{ Kalorier; } \cdot$$

for Koen i gold Tilstand faas:

$$12041 \pm 96 \text{ Kalorier.}$$

Differensen, lig Funktionsstofskiftet, bliver da:

$$14192 \pm 142 - 12041 \pm 96 = 2151 \pm 172 \text{ Kal.}$$

hvor Forholdet mellem Middelfejlen og Værdien naturligvis er omtrent det samme som for Ilforbrugets Vedkommende. Det ses heraf, at Arbejdsstofskiftet i det foreliggende Tilfælde, hvor Dyret har givet ca. 10 kg Mælk, udgør mellem $\frac{1}{6}$ og $\frac{1}{7}$ af den malkende Kos hele respiratoriske Stofskifte maalt i Energi. Tænker vi os, at Arbejdsstofskiftet er proportionalt med Mælke-mængden, vil vi for 20 kg Mælk faa et samlet Energiforbrug af ca. 16000 Kal. og deraf et Arbejdsstofskifte paa ca. 4000 Kal., altsaa paa ca. $\frac{1}{4}$ af det samlede respiratoriske Stofskifte. Det fremgaar da tydeligt af disse Forsøg, at den af mig foreslaaede Afgrænsning af Arbejdsstofskiftet er berettiget og at dettes Størrelse ikke er en Faktor, man kan lade ude af Betragtning i Praksis.

I det Tidsrum, hvori de 14 Forsøg med Malkekoen er anstillet, er der produceret i Middel 9.5 kg Mælk pr. 24 Timer med en Middelfedtprocent af 3.4, hvilket altsaa giver: 32.300 kg Mælk med 1 % Fedt pr. Døgn.

Energiforbruget ved Fremstillingen af denne Mælk bliver da 66.6 Kal. pr. kg Mælk med 1 % Fedt. Beregnes det som Stivelse, svarer det til et Forbrug af ca. 16 g Stivelse pr.

Kilogram Mælk med 1% Fedt. Om man virkelig har Lov at antage, at de 66.6 Kal. kun dannes af Stivelse, eller om f. Eks. ikke en vis Mængde Protein nødvendigvis gaar med i Løbet, herom siger disse foreløbige Beregninger intet. Først videre Forsøg, som vi er i Færd med at anstille, vil kunne oplyse herom.

Vender vi os nu til det andet Problem om, hvorvidt der ved Mælkedannelsen medgaar kvælstofholdige Stoffer til andet end til Dannelse af Mælkeprotein, er det jo klart, at vi her ved med det samme er inde paa det gamle Problem om Kvælstofminimum for Malkekæg.

Dette Spørgsmaal har som bekendt været omdiskuteret i de sidste 50 Aar og er endnu uløst. Udviklingen har i korte Træk været den, at vi indenfor saavel den menneskelige som den dyriske Fodringslære begyndte med at betragte betydelige Proteintilførsler som nødvendige. Derefter gik man indenfor Menneskefysiologien under Indflydelse af Svenskeren SIVÉN'S, Amerikaneren CHITTENDEN'S og Danskeren HINDHEDE'S Forsøg over til betydeligt lavere Proteinnormer. For Malke-dyrenes Vedkommende har JORDAN'S, KELLNER'S og Forsøgs-laboratoriets Undersøgelser i nogen Grad bevirket en lignende Reduktion af Proteintilførselen. Navnlig JORDAN, der mente at have vist, at en Malkeko kan nøjes med en Tilførsel af Protein, der blot dækker dens Forbrug til Vedligeholdelse og til Udskillelsen i Mælken, har haft ikke ringe Indflydelse paa Bedømmelsen af Kvælstofminimumproblemet i Litteraturen.

Nu har imidlertid alle Undersøgelserne over dette Problem, for saa vidt de angaar Malkekøer, altid lidt af to Fejl, nemlig for det første, at der ikke er taget tilstrækkeligt Hensyn til Fedtmængden i Mælken, og for det andet, at de indtil 1914 ikke har været udstrakt over længere Tid.

Ved vore første Forsøg, der blev anstillet med en mal-kende, ikke drægtig Ko, udførte vi nu en systematisk Ombyt-ning af Protein med N-frit Stof. Vi har saaledes 3 Forsøgs-perioder, hver paa ca. 3 Uger, og for hver Periode har vi nedsat Proteinmængden i Foderet uden at forandre dettes to-tale Energiindhold i væsentlig Grad. Resultatet af Forsøgene er med Hensyn til Mælkemængde, absolutte Fedtmængde og Mælkefedme angivet paa omstaaende Tabel.

Forsøg 1916 med malkende Ko.

Forsøg Nr.	Omsætteligt N.	N i Mælk.	N-Udnytg. til Mælk.	Fedt.	Abs. Fedtmg.
	gr	gr	%	%	gr
2 II	140.8	51.3	36	3.8	402
2 III	142.7	53.2	37	3.8	418
3 I	109.3	47.1	43	3.4	338
3 II	103.3	44.7	43	3.5	333
3 III	98.4	43.1	44	3.6	346
4 I	71.3	40.8	57	3.0	383
4 II	71.1	42.6	60	2.9	276
4 III	68.0	40.6	60	3.0	269

Det ses altsaa, at Formindsnelsen af Proteinmængden her har bevirket en lovmæssig Nedgang af Fedtprocenten og den absolute Fedtmængde i Mælken, og i sidste Forsøg er Nedgangen endog meget betydelig, skønt der oven i Købet er tillagt store Mængder Fedt til Dyrets Foder. Forsøgene, der nu bliver kontrollerede ved Holdforsøg af Forsøgslaboratoriets ambulante Virksomhed, bragte mig til at undersøge, hvordan det egentlig forholdt sig med Mælkens Fedtprocent og absolute Fedtmængde i de forskellige Forskeres Minimumsforsøg.

I 55de Beretning har Forsøgslaboratoriet underkastet Spørgsmaalet en ret indgaaende Behandling for det Tilfælde, at proteinholdigt Næringsmateriale ombyttes med Roetørstof. Resultatet var i alle Tilfælde, undtagen 2, en ringe Nedgang Fedtprocenten, fra 0,05 til 0,10. Men da Roeholdene gennemgaaende gav lidt mere Mælk, blev der i Virkeligheden ikke nogen nævneværdig Forskel paa den samlede producerede Mængde Smørfedt hos de to Hold.

Nu er den indførte Proteinmængde her, selv hos Roeholdene, ret stor (mellem 800 gr og 1 kg) pr. Ko til ca. 14 kg

Forsøgslaboratoriets 63de Beretning 1907.

Ko Nr. 53. Periode	Omsætteligt N.	N i Mælk.	N-Udnytg. til Mælk.	Fedt.	Abs. Fedtmg.
	gr	gr	%	%	gr
1.	129	75	58	2.86	501
2.	132	69	52	2.81	458
3.	101	63	62	2.74	419
4.	62	38	61	2.93	213
5.	59	37	63	2.93	208
6.	59	35	59	2.93	216
7.	92	42	46	3.19	265

Mælk. Vender vi os imidlertid til Bregentved-Forsøgene fra 1907, 63de Beretning, hvor de indfodrede Proteinmængder er mindre, faas i Hovedsagen samme Billede som i mine Forsøg (sammenlign Tabellerne).

Fedtprocenten og den absolute Fedtmængde daler med synkende N-Tilførsel og stiger med stigende. (Navnlig hos Ko Nr. 53 er det tydeligt.) Ganske lignende Forhold findes i en Del af JORDAN's Forsøg, hvor Dyrene omtrent udnytter hele den Proteinmængde, der staar til Disposition udover Vedligeholdelsesfoderet til Mælkeprotein, og endelig ses det samme i nogle nyere, meget omfattende Forsøg af HAECKER, 1914. Det synes som om en vis, ikke helt ringe Mængde Protein er nødvendig, for at Fedtsekretionen kan foregaa i tilstrækkeligt Omfang.

Denne Slutning støttes yderligere, naar man sammenligner de Tal, der er anført i 3die Kolonne paa de to Tabeller. Disse Tal angiver, hvor stor en Procentdel af det samlede, til Raadighed staaende Kvælstof, der er bleven udskilt i Mælken. Det ses, at denne »Udnytningsfaktor« i Forsøgslaboratoriets Forsøg gennemgaaende ligger omkring 60 %, medens den i vore Forsøg stiger fra 36 til 60. Tillige ses det imidlertid, at medens Fedtprocenten i Forsøgslaboratoriets Forsøg ligger omkring 3.0 %, er den i vore Forsøg til en Begyndelse 3.8 og falder med synkende Albuminoptagelse indtil 3 %, som den netop naar samtidig med, at Udnyttningen stiger til 60 %.

Hvis denne Iagttagelse bekræftes ved yderligere Forsøg, betyder den, at en høj Fedtprocent i Mælken eller maaske bedre en stor Fedtproduktion kræver Tilførsel af en betydelig Mængde Protein, udover den Mængde, der udskilles i Mælken. Spørgsmaalet om Kvælstofminimum er da langt fra løst endnu.

Hertil kommer nu imidlertid en ret bemærkelsesværdig Iagttagelse, som Amerikaneren HAECKER har offentliggjort i 1914. Paa Minesota-Forsøgsstationen har han igennem 4 Vintre fodret 2 Hold Køer med henholdsvis middelstort og lave N-indhold i Foderet. Det viste sig, at de Dyr, der fik den ringe Mængde N, efter 2 à 3 Vintres Forløb for det første startede efter Kælvningen med en meget ringere Mængde Mælk end oprindelig, og nogle Maaneder efter denne viste Tegn paa almindelig Sløjhed og Slappelse i Muskulaturen. En ikke helt

ringe Del blev overhovedet ikke drægtige. Muskel-Slappelsen kom sig, da han forhøjede N-Indholdet i Foderet. Det alvorlige er nu, at de N-Mængder, her er Tale om, ligger langt over N-Minimum, saaledes som det er bestemt ved f. Eks. Forsøgslaboratoriets Forsøg. HAECKER opnaar først at holde Dyrene i fuld, sund Konstitution Aar igennem, naar han giver dem ca. 1.6 kg Protein pr. 1 kg Mælkeæggehvide udover den Mængde, han regner til Vedligeholdelse, nemlig 350 gr for 500 kg Legemsvægt.

Om nu HAECKER's Forsøgsresultater kan generaliseres, skal jeg ikke omtale her. Men de maner sammen med Iagttagelserne over Fedtindholdet til at være forsigtig med lave Proteinmængder og til at erindre, at vi endnu ikke har løst Problemet om Proteinminimum for malkende Kvæg, og navnlig ikke har taget Hensyn til, hvordan det gaar i det lange Løb.

Til Slut skal jeg kort gennem et Eksempel illustrere, hvorledes vi fra Bestemmelserne af Iltforbrug, Kulsyreudskillelse og N-Udskillelse kan regne os til Dyrets Forbrug af de enkelte Næringsstoffer og derfra igen til den Mængde naturlige Foderstoffer, som man skal tilføre for at dække dets Behov. Eksemplet gælder den i Tabel 17 omhandlede Goldko.

I det foregaaende beregnede vi Goldkoens samlede Iltforbrug til en Varmedannelse af 12041 Kal. Forsøg, som skal omtales nærmere i en senere Publikation, har nu vist os, at en Goldko paa 400 kg Legemsvægt som den her undersøgte holdes i Kvælstoffigevægt med en daglig Resorption af ca. 27 g Total N, hvoraf kun de 5—7 g behøver at være »Renprotein«. N-Udskillelsen i Urinen er under disse Omstændigheder i Middel 25 g N for 24 Timer, idet 2 g hidrører fra Tab fra Hudoverfladen. Regner vi, hvad vi foreløbig er nødt til, at samtlige 25 g svarer til Omsætning af Proteinstoffer, faar vi en Proteinomsætning paa 150 g = 666 Kal. som Minimumsomsætning af Raaprotein hos en Goldko paa 400 kg. Af de 12041 Kal. skulde da efter denne Regning de 666 hidrøre fra Omsætning af Proteinstof, Resten, 11375 Kal., fra Omsætning af N-fri Stoffer. Beregnet i Stivelse bliver dette 2721 g Stivelse.

Lægges hertil 13 g Protein til Dækning af Tabet fra Hudoverfladen faas altsaa en Vedligeholdelsesomsætning paa 163 g »Raaprotein« (hvoraf højst 42 g »Renprotein«) og 2721 g Stivelse.

Af de samme Forsøg, hvorfra disse Tal hidrører, kan vi opgøre Tabet ved Fordøjelsen og Tarmgæringen til ca. 62 % for de N-holdige Stoffer og til ca. 52 % af de N-fri Stoffer, naar Foderet hovedsagelig sammensættes af Roer og Halm. Resultatet bliver da, at en Goldko paa 400 kg skal kunne holdes i Ernæringsligevægt med en samlet Tilførsel af 430 g Raaprotein og 5670 g N-frit Stof, beregnet som Stivelse.

Beregnet pr. Kilogram Legemsvægt bliver dette 1.08 g Raaprotein og 14.2 g N-frit Stof, beregnet som Stivelse.

Beregnet i Varme svarer dette til en samlet Energitilførsel af ca. 27000 Kal., hvoraf ca. 3000 i Proteinstof, altsaa: 68 Kal. pr. Kilogram Legemsvægt, hvoraf mellem 7 og 8 Kal. Protein.

Regnet ud i naturlige Foderstoffer, bliver Vedligeholdelsesfoderet for Goldkoen da endelig, idet vi kender de nedenævnte Foderstoffers kemiske Sammensætning,

35.000 kg	Roer (her anvendt Barres)
0.100	- Bomuldsfrøkager
3.200	- Halm

Med dette Foder har vort Forsøgsdyr da faktisk ogsaa holdt sig i Ernæringsligevægt under Goldperioden.

En lignende Beregningsmaade kan anvendes for Koen i malkende Tilstand. Da vi imidlertid foreløbig ikke bestemt ved, hvor stor en Andel de N-holdige Stoffer nødvendigvis maa have i Stofskiftet for at opretholde Mælkekirtlens Arbejde, skal vi ikke her indlade os paa nogen Beregning for det malkende Dyr, men opsætte en saadan til senere Publikationer, naar videre Forsøg har skaffet os de ønskede Oplysninger om de N-holdige Stoffers Rolle i Malkedyrets Stofskifte.

Til Slut skal vi for at forebygge Misforstaaelser udtrykkeligt fremhæve, at de i denne Afhandling omhandlede Forsøgsresultater og Beregninger kun maa betragtes som foreløbige Resultater. Størrelsesordenen af de enkelte Værdier er dog

temmelig sikker, men vi tager ethvert Forbehold med Hensyn til Talværdiernes absolutte Størrelse, idet denne først kan afgøres endeligt gennem videre Forsøg, der sikkert, og navnlig under de nuværende yderst vanskelige Forhold for al Laboratorievirksomhed, vil tage en ikke ringe Tid at udføre.

OM PROTEINSTOFFERNE

OG NOGLE NYERE METODER TIL UNDERSØGELSE AF DERES SAMMENSÆTNING.

AF

A. C. ANDERSEN.

SOM bekendt hører Hovedmængden af de Stoffer, hvoraf den dyriske Organisme er sammensat, til den Gruppe af organiske Stoffer, som vi nu til Dags med et Fællesnavn kalder Proteinstoffer eller Proteiner¹⁾, og Studiet af den dyriske Organismes kemiske Sammensætning fører derfor naturnødvendigt til Studiet af Proteinstoffernes kemiske Sammensætning, — ja man kan gerne sige, at Opklaringen af Proteinstoffernes Sammensætning er nødvendig for et indgaaende Studium af Organismens Sammensætning. I den dyriske Organismes Stofskifte indtager Proteinstofferne endvidere en Stilling, der er væsensforskellig fra Fedtstoffernes og Kulhydraternes; medens disse sidste mere eller mindre fuldstændig kan erstatte hinanden eller endogsaa erstattes af Proteinstoffer, saaledes at f. Eks. nogle Dyr kan leve af Proteinstoffer alene, saa er i det mindste for alle de højere Dyrs Vedkommende en Tilførsel af en vis Mængde Protein en absolut Nødvendighed; indeholder Føden ikke den tilstrækkelige Mængde Protein, saa gaar Dyret til Grunde efter kortere eller længere Tids Forløb, selv om der i øvrigt er nok saa store Mængder Fedt og Kulhydrat i Føden. Da Proteinstofferne i Modsætning til Fedtstofferne og Kulhydraterne er kvælstofholdige, kunde man maaske tro, at det var Kvælstofmanglen, der var Aarsagen til dette Forhold, men at dette ikke er Tilfældet, følger af, at en samtidig Tilførsel af et Ammoniumsalt eller en anden simpel

¹⁾ De gamle Betegnelser »Æggehvite-stoffer«, »Albuminstoffer« var misvisende og er derfor nu forladt.

Kvælstofforbindelse ikke forhindrer, at Dyret bukker under. Proteinstoffernes Uundværlighed for Organismen maa derfor forklares ved, at der med disse Stoffer tilføres Organismen visse kemiske Forbindelser, visse Atomkomplekser, som er absolut nødvendige for den, det være sig nu til Opbygning af nye Væv, Produktion af Sekreter eller andet, og disse Atomkomplekser maa da antages at være af en saadan Art, at Organismen ikke selv kan fremstille dem af Fedt eller Kulhydrat. Vi møder altsaa ogsaa her Spørgsmaalet om Proteinstoffernes Sammensætning, og vi ser, at saa længe denne ikke er opklaret, mangler Grundlaget for et indgaaende Studium af Proteinstoffernes Rolle i Stofskiftet. Det er derfor forstaaeligt, at dette Spørgsmaal i lange Tider har beskæftiget saavel Kemikere som Fysiologer, og til Trods for de store Vanskeligheder, dets Løsning frembyder, er det efterhaanden lykkedes at trænge ind i det. Selv om der endnu er langt til Maalet, saa er vi dog i de senere Aar kommet et godt Stykke frem, og da de indvundne Resultater ikke er uden Interesse for Ernæringsfysiologien, vil en kort Redegørelse for de senere Aars Undersøgelser saavel som for vort nuværende Standpunkt antagelig kunne paaregne almindelig Interesse.

At Proteinstofferne kunde sønderdeles ved Behandling med Syrer eller Alkalier, var bekendt allerede i den første Del af forrige Aarhundrede, men hvad der dannedes ved Spaltningen, stod længe hen i det uvisse. Først lidt efter lidt lykkedes det at isolere Spaltningsprodukter, hvis Sammensætning enten i Forvejen var bekendt eller senere lod sig konstatere. Det viste sig da efterhaanden, at de isolerede Stoffer altid hørte til den Gruppe af organiske Stoffer, som vi kalder Aminosyrer, og i Tidens Løb er man naaet til med Sikkerhed at fastslaa 18 Aminosyrer blandt Proteinstoffernes Spaltningsprodukter. I nedenstaaende Fortegnelse over disse 18 Aminosyrer findes i første Kolonne de Navne, hvorunder Stofferne sædvanlig gaar, medens anden Kolonne indeholder de systematiske Betegnelser; i tredje Kolonne er angivet, hvornaar de enkelte Aminosyrer første Gang er paavist som Spaltningsprodukt af et Proteinstof, og i fjerde Kolonne endelig, hvem Paavisningen skyldes. Stofferne er anført i den Orden, hvori de er opdaget.

Glykokoll	α -Aminoeddikesyre	1820	H. Braconnot
Leucin	α -Aminoisobutyleddikesyre	1820	H. Braconnot
Tyrosin	α -Amino- β -p-oxyphenylpropionsyre	1846	J. Liebig
Serin	α -Amino- β -oxypropionsyre	1865	E. Cramer
Glutaminsyre	α -Aminoglutarsyre	1866	H. Ritthausen
Asparaginsyre	α -Aminoravsyre	1868	H. Ritthausen
Phenylalanin	α -Amino- β -phenylpropionsyre	1881	{E. Schulze og J. Barbieri
Alanin	α -Aminopropionsyre	1888	T. Weyl
Lysin	α - ϵ -Diaminocapronsyre	1889	A. Drechsel
Arginin	α -Amino- δ -guanidovaleriansyre	1894	S. G. Hedin
Histidin	α -Amino- β -imidazolpropionsyre	1896	{A. Kossel, S. G. Hedin
Cystin	α -Amino- β -disulfidpropionsyre	1899	K. A. H. Mörner
Valin	α -Aminoisovaleriansyre	1901	E. Fischer
Prolin	α -Pyrrolidinkarbonsyre	1901	E. Fischer
Tryptophan	α -Amino- β -indolpropionsyre	1901	{F. G. Hopkins og S. W. Cole
Oxyprolin	γ -Oxy- α -pyrrolidinkarbonsyre	1902	E. Fischer
Isoleucin	α -Amino- β -methylvaleriansyre	1903	F. Ehrlich
Neuroleucin	α -Aminocapronsyre	1912	{E. Abderhalden og A. Weil

Det vil heraf ses, at det har taget ca. 100 Aar at naa til Kendskab om, at disse 18 Aminosyrer indgaar som Bestanddel af Proteinmolekulet, men samtidig er det saa desuden paavist, at alle Proteinstoffer, hvor forskellige de end er i ydre Egenskaber, i Hovedsagen er opbygget af de samme Aminosyrer; man kender vel Proteinstoffer, hvori en enkelt eller nogle faa Aminosyrer mangler, men de er forholdsvis faa og kan betragtes som Undtagelser fra Reglen. Endvidere er man samtidig naaet til Klarhed over, paa hvilken Maade de enkelte Aminosyrer i Hovedsagen er forbundet til det store Hele, som Proteinmolekulet er; dette skyldes især E. FISCHER, hvem det gennem et ihærdigt Arbejde er lykkedes at koble indtil 18 Molekuler Aminosyre sammen til et stort Molekule, og saadanne sammensatte Stoffer, de saakaldte Polypeptider, viste sig at have Egenskaber, der i forbavsende Grad stemmede med Proteinstofferne. Det vil imidlertid føre for vidt her at gaa nærmere ind paa disse Forhold; jeg skal derfor indskrænke mig til at henviser til et Foredrag, som FISCHER holdt i »Deutsche Chemische Gesellschaft« i 1906¹⁾.

¹⁾ EMIL FISCHER, Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine (Berichte d. Deutschen Chem. Gesellsch. 39. Jahrg. Berl. 1906, S. 530).

Ved Siden af Aminosyrerne har man som Spaltningsprodukt af alle Proteinstoffer fundet Ammoniak. Selv om en Del af dette Stof er dannet sekundært ved Proteinstoffernes Spaltning, idet nogle af Aminosyrerne sønderdeles ved langvarig Kogning med stærke Syrer, saa er det paa den anden Side givet, at den største Del af Ammoniakken indgaar som Bestanddel af Proteinmolekulet, og den almindelige Anskuelse er da den, at de to Aminosyrer, Asparaginsyre og Glutaminsyre, indgaar i Proteinmolekulet i Forbindelse med Ammoniak som henholdsvis Asparagin og Glutamin. Denne Anskuelse støttes dels derved, at de Proteinstoffer, der ved Spaltning giver meget Asparagin- og Glutaminsyre, tillige giver meget Ammoniak, og dels ogsaa derved, at Asparagin og Glutamin findes som almindelig Bestanddel af mange Plantesaft. Noget afgørende Bevis for denne Opfattelses Rigtighed foreligger imidlertid ikke, og der er Forhold, som tyder paa, at en Del af Ammoniakken er bundet paa anden Maade; ogsaa disse Forhold, som væsentlig har teoretisk Interesse, vil det dog være nødvendigt her at forbigaa¹⁾.

Alle de Arbejder, der har ført til Opdagelsen af de omtalte Aminosyrer, har væsentlig været af præparativ Art, om man end i mange Tilfælde har søgt at forme Præparationen som en kvantitativ Analyse for saaledes samtidig at faa Underretning om de Mængder, hvori de forskellige Syrer forekommer. Vanskelighederne ved at isolere de enkelte Aminosyrer i en Blanding er imidlertid saa store, at det kun i de færreste Tilfælde er muligt at opnaa blot tilnærmelsesvis rigtige Resultater ad denne Vej; saa meget kan dog i hvert Fald siges, at selv om de forskellige Proteinstoffer, som ovenfor omtalt, er sammensat af de samme Aminosyrer, saa er Forholdet mellem de Mængder, hvori de forskellige Aminosyrer forekommer, forskelligt hos de forskellige Proteinstoffer. Arginin, Lysin, Histidin, Glykokoll, Glutaminsyre og Tyrosin lader sig med nogenlunde tilfredsstillende Udbytte isolere, idet Kontrollforsøg har vist, at man ved omhyggeligt Arbejde kan faa omkring 90% af den virkelig tilstedeværende Mængde isoleret. For de andre Aminosyrers Vedkommende stiller Forholdet sig langt

¹⁾ Angaaende Enkeltheder herom se bl. a. A. C. ANDERSEN u. REGITZE ROED-MÜLLER, Zur Kenntniss d. Eiweisskörper. II. (Biochem. Zeitschr. 70. Bd. Berl. 1915, S. 442).

ugunstigere; saaledes kan man af Alanin, Serin og Asparaginsyre end ikke regne med at isolere Halvdelen af den virkelige tilstedeværende Mængde¹). Det kan derfor ikke forbavse, at de af et Proteinstof isolerede Aminosyrer gennemgaaende kun udgør omkring Halvdelen af Proteinstoffets Vægt, men tager man den ovenfor omtalte Størrelse af Tabene i Betragtning, maa man dog sige, at i hvert Fald de i nogenlunde rigelig Mængde forekommende Aminosyrer nu er kendte. Selvfølgelig er det ikke udelukket, at der endnu kan findes nye Aminosyrer blandt Proteinstoffernes Spalttingsprodukter, men disse Aminosyrer vil da næppe forekomme i større Mængder.

Jævnside med de her omtalte Undersøgelser, der i saa høj en Grad udvidede vort Kendskab til Proteinstoffernes kemiske Sammensætning, blev der foretaget talrige Forsøg for at belyse Proteinstofferne i deres Forhold til den levende Organisme. At der i Mavesaften og Pankreassaften fandtes Enzymer — henholdsvis Pepsin og Trypsin — som var i Stand til at opløse og spalte Proteinstofferne under Dannelse af simple sammensatte Stoffer, de saakaldte Albumoser, Peptoner etc., var bekendt siden Midten af det 19. Aarhundrede, og man vidste endvidere, at der ved Indvirkning af Trypsin paa Proteinstofferne vel kunde fraspaltes forskellige Aminosyrer, men at Spaltningen paa den anden Side langt fra var fuldstændig. Ved Siden af de fraspaltede Aminosyrer fandt man i Opløsningen Stoffer med kompliceret Sammensætning, Stoffer der i ydre Egenskaber nærmest forholdt sig som Peptonerne, men som ikke kunde spaltes yderligere af Trypsin, og som derfor sædvanlig kaldtes Antiptoner. Pepsinets og Trypsinets Betydning i Organismen antoges sædvanlig at være den, at de bragte Proteinstofferne i Opløsning, d. v. s. overførte dem i en saadan Tilstand, at de kunde resorberes, og man regnede her ikke med, at en dybtgaaende Spaltning var nødvendig; tværtimod antog man sædvanlig, at det kun var

¹) T. B. OSBORNE and D. B. JONES, A consideration of the sources of loos in analyzing the products of protein hydrolysis (Amer. Journ. of physiology. 26. Bd. 1910, S. 305). — E. ABDERHALDEN u. A. WEIL, Über die bei der Isolierung der Monoaminosäuren mit Hilfe der Estermethode entstehenden Verluste (Zeitschr. f. physiol. Chemie, 74. Bd. 1911, S. 445, og 77. Bd. 1911, S. 59).

selve Proteinstofferne og de disse allernærmest staaende Spaltning produkter, som kunde udnyttes af Organismen. Saa fandt imidlertid O. COHNHEIM i Aaret 1901 i Tarmsaften et nyt Enzym, som han kaldte Erepsin, og som viste sig at spalte Proteinstofferne langt stærkere end Trypsinet, idet det ogsaa formaaede at spalte de saakaldte Antipeptoner, og de anstillede Forsøg førte efterhaanden til den Antagelse, at Erepsinet formaaede at spalte Proteinstoffer, der først var behandlet med Pepsin og Trypsin, fuldstændig ned, saa at der udelukkende resulterede Aminosyrer. Selv om dette nu næppe er Tilfældet — i hvert Fald ikke naar Spaltningen foregaar uden for Organismen¹⁾ — saa er Spaltningen dog ret nær ved at være fuldstændig, og Paavisningen af Erepsinet bragte derfor ogsaa Fart i Diskussionen om, hvor langt Proteinstofferne egentlig nedbrydes i Fordøjelseskanalen, før de resorberes. Herhjemme toges Spørgsmaalet op af V. HENRIQUES og C. HANSEN, som gennem en Række Fodringsforsøg med Rotter²⁾ fastslog, at selv fuldstændig nedbrudte Proteinstoffer var i Stand til at bringe Dyrene i Kvælstoflige vægt eller bevirke Kvælstofaflejring, altsaa fuldstændig kunde erstatte selve Proteinstofferne; dette var dog kun Tilfældet, naar Spaltningen var udført paa en saadan Maade, at der ikke var indtraadt for store sekundære Spaltninger, d. v. s. at ikke ogsaa Aminosyrerne var spaltet. Disse Resultater blev fuldt ud bekræftet ved Forsøg med Hunde, som ABDERHALDEN og hans forskellige Medarbejdere omtrent samtidig anstillede, og andre, til Dels senere Forsøg har ført til samme Resultat, saa at vi nu med fuldstændig Sikkerhed kan sige, at en Blanding af de i Proteinstofferne indgaaende Aminosyrer fuldtud kan erstatte selve Proteinstofferne i Dyrenes Føde.

Disse forskellige Resultater, sammenholdt med det ovenfor omtalte Forhold, at de forskellige Proteinstoffer er opbygget af de samme Aminosyrer, men at hver enkelt Aminosyre findes i forskellig Mængde i de forskellige Proteinstoffer, fører ret naturligt til den Anskuelse, at Proteinstofferne i Tarmkanalen spaltes meget stærkt, før de resorberes, og at saa kun de

¹⁾ Se herom bl. a. A. C. ANDERSEN, Zur Kenntnis der Eiweisskörper. I. (Biochem. Zeitschr. 70. Bd. Berlin 1915, S. 344).

²⁾ Forsøgene er udført i 1904 og de følgende Aar og offentliggjort i Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 43 og følg.

simplest sammensatte Spaltningsprodukter, maaske endda kun Aminosyrerne, optages og med Blodet føres rundt i Organismen; de forskellige Organer skulde da fra Blodet kunne tage de Aminosyrer, de har Brug for, og i den Mængde, hvori de skal bruges. Denne Anskuelses Rigtighed bestyrkes ved, 1) at de forskellige Aminosyrer kan paavises i Blodet¹⁾, 2) at det er paavist, at Aminosyremængden i Blodet stiger under Fordøjelsen²⁾, og 3) at man kan ernære et Dyr, d. v. s. holde det i Kvælstoffigevægt eller bevirke Kvælstofaflejring, ved permanent at injicere Aminosyreblandingen i Blodet i Stedet for at lade Dyret æde Proteinstoffet³⁾.

Efter at det gennem de her kortelig omtalte Undersøgelser var paavist, at det ved Dyrenes Ernæring med kvælstofholdige Stoffer er Aminosyrerne, det kommer an paa, og ikke selve Proteinstofferne, frembød sig af sig selv det Spørgsmaal, om alle de 18 Aminosyrer er nødvendige, eller om nogle af dem, og da hvilke, kan undværes. Ogsaa dette Spørgsmaal har i nogen Tid været under eksperimentel Behandling, og trods de store Vanskeligheder, der ogsaa her er at kæmpe med, har man været i Stand til at besvare det stillede Spørgsmaal for nogle af Aminosyrernes Vedkommende. Metoden maatte selvsagt være den: af en given Aminosyreblending, som var tilstrækkelig til Dyrets Ernæring med kvælstofholdige Stoffer, at fjerne en eller flere Aminosyrer for derpaa at undersøge, om den resterende Blanding stadig formaaede at hidføre Kvæststoffigevægt eller Kvæststofaflejring; men denne Vej er vanskelig derved, at det for de fleste Aminosyrers Vedkommende er saa

¹⁾ E. ABDERHALDEN, Der Nachweis von freien Aminosäuren im Blute unter normalen Verhältnissen (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 88. Bd. 1913, S. 478).

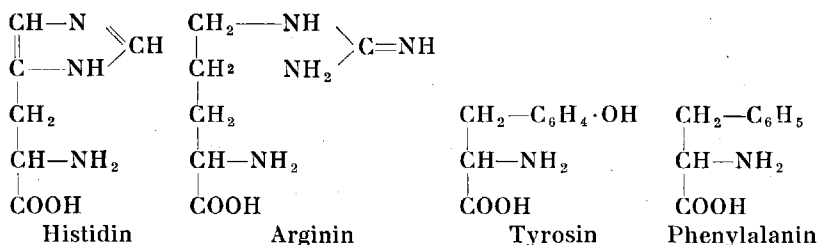
²⁾ D. D. VAN SLYKE and G. M. MEYER, The amino-acid-nitrogen of the blood (Journ. of biolog. chemistry. 12. Bd. 1912, S. 399). — A. COSTANTINO, Der durch Formol titrierbare Aminosäurenstickstoff im Blutserum und in den Blutkörperchen von verschiedenen Tieren (Biochem. Zeitschr. 51. Bd. 1899, S. 91). — Samme, Der durch Formol titrierbare Aminosäurestickstoff in den Blutkörperchen und im Serum des Blutes von hungernden und ernährten Tieren. (Smst. 55. Bd. 1913, S. 402).

³⁾ V. HENRIQUES u. A. C. ANDERSEN, Über parenterale Ernährung durch intravenöse Injektion (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 88. Bd. 1913, S. 357). — Samme, Über Stickstoffretentionen bei Zufuhr von Ammoniaksalzen oder Harnstoff (Smst. 92. Bd. 1914, S. 194).

svært at isolere dem, altsaa ogsaa at fjerne dem af en Blanding. For nogle Aminosyrers Vedkommende er det saa heldigt, at der er visse Proteinstoffer, hvori de mangler; ved at fodre nogle Dyr med saadanne Proteinstoffer eller med deres Spaltningsprodukter, medens en Række Kontrol dyr samtidig faar samme Foder i Forbindelse med den eller de manglende Aminosyrer, kan man altsaa faa det stillede Spørgsmaal besvaret for disse Aminosyrers Vedkommende.

Saadanne Kvælstofbalanceforsøg, som de her i al Korthed skitserede, medfører talrige kemiske Analyser, og da de omtalte Undersøgelser kræver et stort Antal Forsøg, bliver de vanskelige at overkomme. Man er derfor ved de fleste af disse Undersøgelser i Reglen gaaet den Vej at anvende ganske unge Forsøgsdyr, sædvanlig Rotteunger, idet man lader Væksten træde i Stedet for Kvælstofflæge vægten som Indikator for Foderblandingen Tilstrækkelighed; man undersøger altsaa, hvorledes dette, at en bestemt Aminosyre mangler i Foderet, indvirker paa Væksten, — om den fortsættes normalt eller standser, eller om der maaske endog indtræder Vægttab. Fortsættes Væksten normalt, kan vedkommende Aminosyre undværes, medens Hemning i Væksten saavel som Vægttab betyder, at den hører til de uundværlige. Man maa naturligvis herved regne med den Mulighed, at den voksende Organismes Behov af kvælstofholdige Stoffer er et andet end den udvoksedes, ikke alene kvantitativt, men ogsaa kvalitativt, idet det er muligt, at den voksende Organisme, som i stor Udstrækning skal opbygge nye Væv, kræver nogle Aminosyrer, som den udvoksede Organisme kan undvære. Man maa imidlertid have Lov til at gaa ud fra som givet, at en Aminosyreblending, der i den Grad kan dække det voksende Dyrs Kvælstofbehov, at Væksten forløber normalt, ogsaa vil være i Stand til at holde det udvoksede Dyr i Kvælstofflæge vægt; Forsøgene giver os derfor i hvert Fald Besked om, hvad der er nødvendigt og tilstrækkeligt for det voksende, og hvad der er tilstrækkeligt for det udvoksede Dyr. Saadanne Forsøg er i de senere Aar anstillet i stort Antal af F. G. HOPKINS, T. B. OSBORNE, L. B. MENDEL, E. ABDERHALDEN og andre, og ifølge disse Forsøg er Tryptophan, Lysin, Histidin (Arginin) og Tyrosin (Phenylalanin) absolut nødvendige for det voksende Dyr. Histidin og Arginin behøver dog ikke at være til Stede samti-

dig; det er tilstrækkeligt, naar en af dem er der, og det samme gælder Tyrosin og Phenylalanin.



Betragter man de ovenstaaende Formler for de Aminosyrer, der ifølge det foreliggende kan erstatte hinanden, ser man, at Tyrosin er Phenylalanin, hvori et Brintatom er ombyttet med en Hydroxylgruppe, og at Histidin og Arginin viser betydelig indbyrdes Lighed, saa stor Lighed, at det i hvert Fald ikke synes urimeligt, at de kan erstatte hinanden, at Organismen altsaa kan omdanne den ene til den anden, men hvorledes dette sker, er foreløbig ubekendt.

Forsøgene har endvidere givet os Oplysning om, at Glykokoll, Asparaginsyre og Glutaminsyre kan undværes uden Gene. Det maa dog bemærkes, at det er meget svært at fjerne de to sidstnævnte fuldstændigt fra en Blanding, saa at der godt kan have været smaa Mængder af dem tilbage i Foderet; om Resten af Aminosyrerne vides foreløbig intet i denne Forbindelse.

Endnu kan der være Grund til at nævne nogle Forsøg, som viser, at de to Aminosyrer, som begge er nødvendige for den voksende Organisme, dog kan have højst forskellig Betydning. I Gliadin, et af Hvedens, og Zein, et af Majsens Protein-stoffer, har vi to Stoffer, som begge mangler Aminosyren Lysin, og hvoraf Zein i Modsætning til Gliadin ogsaa mangler Aminosyren Tryptophan; ved Fodring med Gliadin som eneste Protein unddrager man altsaa Organismen Tilførslen af Lysin, medens man ved Fodring med Zein unddrager den baade Lysin og Tryptophan. Fodrer man nu med Gliadin som eneste Protein, saa ved man, bl. a. fra Forsøg af HENRIQUES og HANSEN, at voksne Dyr kan klare sig med det, d. v. s. kan komme i Kvælstoffigevægt, hvad de derimod ikke kan, hvis man i Stedet for Gliadin benytter Zein; heraf følger, at de voksne

Dyr kan undvære Lysin, men derimod ikke baade Lysin og Tryptophan. Forsøg med voksende Dyr har nu vist, at hvis man fodrer unge Dyr med Zein som eneste Protein, saa taber de hurtigt i Vægt og dør snart; tilsætter man imidlertid en passende Mængde Tryptophan, saa beholder Dyrene deres Vægt uforandret, — de vokser altsaa ikke, men de taber heller ikke i Vægt; hvis man derimod foruden at tilsætte Tryptophan tillige tilsætter Lysin, saa indtræder normal Vækst. Paa samme Maade finder man, at Dyr, der fodres med Gliadin som eneste Protein, ikke vokser, men bevarer deres Vægt uforandret, medens Væksten indtræder, saasnart der tilføjes Lysin. Giver man afvekslende lysinfri og lysinholdig, men i øvrigt tilstrækkelig Næring, saa vokser Dyrene kun i de Perioder, hvor der tilføres Lysin. Medens altsaa Tryptophan er nødvendigt for Tilvejebringelsen af Kvælstoffigevægt, synes Lysin kun at være uundværlig, hvor større Nydannelser af Væv skal foregaa.

Det fremgaar altsaa af de her refererede Undersøgelser, at det er Proteinstoffernes Bestanddele, altsaa Aminosyrerne, der er afgørende for Proteinstoffets Anvendelighed i Organismen, idet det er disse og ikke Proteinstofferne som saadanne, der anvendes. Om et Foder indeholder saa og saa meget »Renprotein«, siger altsaa i og for sig ingen Ting, hvis ikke dette »Renprotein« indeholder de nødvendige Aminosyrer i tilstrækkelig Mængde; hvis de nødvendige Aminosyrer er til Stede i tilstrækkelig Mængde, er det paa den anden Side ligegyldigt, om vi fodrer med de genuine Proteinstoffer, som altsaa indeholder ca. 100% »Renprotein«, eller med Blandingen af deres primære Spaltningsprodukter, Aminosyrerne, en Blanding, som intet »Renprotein« indeholder. Naar vi derfor ved Foderstofferne skelner mellem »Renprotein« og »Andre N-holdige Stoffer«, saa er dette, efter hvad vi nu ved om disse Forhold, ikke helt korrekt; »Renproteinet« bestaar nemlig af saavel uundværlige som overflødige Aminosyrer, og det samme er sikkert Tilfældet med de »Andre N-holdige Stoffer«. Naar denne Deling dog stadig opretholdes og ogsaa er anvendt ved de omfattende Forsøg, som for Tiden anstilles paa Forsøgslaboratoriets dyrefysiologiske Laboratorium, og for hvilke der andetsteds i dette Skrift er gjort Rede, saa ligger det for det første deri, at vi endnu ikke er i Stand til at bestemme det, hvorpaa det egentlig kommer an, nemlig de nødvendige Aminosyrer,

og for det andet deri, at de »Andre N-holdige Stoffer« for de naturlige Foderstoffers Vedkommende i saa langt overvejende Grad bestaar af Stoffer, som, saavidt vi ved, er undværlige for Organismen, — Stoffer, som enten ikke er Aminosyrer, eller ogsaa saadanne Aminosyrer, som Organismen ikke behøver.

Det er ovenfor fremhævet, at der er flere Proteinstoffer, hvori enkelte Aminosyrer, og tilmed saadanne, som er uundværlige, mangler. Nu er det heldigvis saaledes, at de naturlige Foderstoffer hver for sig indeholder en Blanding af flere forskellige Proteinstoffer; selv om en Aminosyre mangler i et af disse, saa vil den vel altid forekomme i de andre, saaledes at der ikke er megen Sandsynlighed for, at en Aminosyre kommer til at mangle i Foderet under almindelige Forhold. Selv om man altsaa kan regne med, at alle naturlige Foderstoffer hver for sig indeholder alle nødvendige Aminosyrer, saa maa man dog stadig holde sig den Mulighed for Øje, at de nødvendige Aminosyrer kan være rigeligere repræsenteret i et Foderstof end i et andet, at det ene Foderstof altsaa kan være bedre end det andet, hvad der i denne Forbindelse bl. a. vil sige, at Kvælstofminimum ikke behøver at være det samme for forskellige Foderstoffer under i øvrigt lige Forhold.

Det vil af det her fremførte forstaas, at Metoder til Undersøgelse af Proteinstoffernes Sammensætning er af overordentlig stor Betydning. De ældre Metoder, som gik ud paa en Isolering af de enkelte Aminosyrer, og som har ført til Opdagelsen af disse, var imidlertid af en saadan Art, at de praktisk talt var uanvendelige i større Stil. Dels var de overordentlig besværlige, kostbare og langvarige, idet de krævede, at der arbejdedes med store Mængder Stof, og dels var de vundne Resultater for de fleste Aminosyrers Vedkommende meget langt fra at være kvantitative. Skal en Undersøgelse af et Proteinstofs Sammensætning være mulig i større Udstrækning, er en Forbedring af de gamle Metoder derfor næppe tilstrækkelig; man maa have Metoder af en ganske anden Art, hvor en Isolering af de enkelte Aminosyrer ikke er paakrævet. Der maa heller ikke udkræves for store Stofmængder til en Analyse, da Arbejdet derved baade fordyres og forsinkes, og Analysen maa kunne udføres i en rimelig Tid. Om saa det, man i et givet Tilfælde faar bestemt, er en enkelt Aminosyre

eller en Gruppe af i kemisk Henseende sammenhørende, beslægtede Aminosyrer, gør for saa vidt mindre til Sagen, selv om det selvfølgelig helst skulde være enkelte Aminosyrer; naar blot vi kan bestemme tilstrækkelig mange enkelte Aminosyrer eller Grupper af saadanne, kan vi dog herigennem naa til at karakterisere et Proteinstof eller sammenligne to Proteinstoffer eller Proteinstofblandinger paa et tilstrækkelig eksakt Grundlag.

Det første egentlige Skridt til en let gennemførlig, kvantitativ Undersøgelse af Proteinstofferne eller rettere sagt til en Sammenligning mellem dem paa kvantitativ-analytisk Grundlag skylder vi HAUSMANN, som i 1899 i HOFMEISTERS Laboratorium udarbejdede en Metode, hvorefter Proteinstoffet blev hydrolyseret og dets Spaltningsprodukter delt i tre Fraktioner, nemlig:

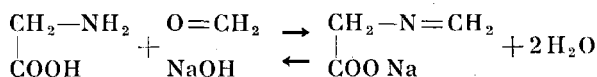
- 1) Ammoniak
- 2) Hvad der fældes af Fosforwolframsyre
- 3) Hvad der ikke fældes af Fosforwolframsyre.

I hver Fraktion bestemtes Kvælstofmængden, og de fundne Mængder, udtrykt i Procent af Totalkvælstoffet, benyttedes da til Sammenligning af de undersøgte Proteinstoffer. Fraktion 2 indeholder Aminosyrerne Histidin, Arginin, Lysin og Cystin, medens alle de andre indgaar i Fraktion 3; det var altsaa ikke nogen omfattende Fraktionering, der opnaaedes ved denne Metode. I KOSSELS Laboratorium udarbejdedes vel i de nærmest paafølgende Aar en Metode, hvorved Mængden af Histidin, Arginin og Lysin kunde bestemmes i Fraktion 2, men denne Metode, der i øvrigt gav gode Resultater, var overmaade besværlig og har derfor ikke fundet almindelig Anvendelse.

Den næste Metode, som fremkom, var den af S. P. L. SØRENSEN i 1907 udarbejdede, saakaldte Formoltitrering. Som foran omtalt, spaltes Proteinstofferne ved Hydrolysen til en Blanding af Aminosyrer, hvoraf nogle foruden Aminogruppen ogsaa indeholder andre kvælstofholdige Grupper, saaledes Indolgruppen i Tryptophan, Guanidingruppen i Arginin og Imidazolgruppen i Histidin, ja nogle indeholder overhovedet ingen Aminogruppe, men derimod en Iminogruppe (Prolin og Oxyprolin). Da de forskellige Proteinstoffer indeholder forskellige Mængder af de samme Aminosyrer, er det ogsaa rimeligt at antage, at de indeholder ulige store Mængder af Aminogruupper, og da man netop ved Formoltitreringen bestemmer Mængden af Aminogruupper, har man ogsaa her et Middel til at sammen-

ligne forskellige Proteinstoffer paa kvantitativ-analytisk Grundlag. Vi behøver endvidere ikke her at indskrænke os til at undersøge Spaltningsprodukterne; vi kan ogsaa undersøge selve det til Analyse foreliggende Stof, for saa vidt som det da kan bringes i Opløsning uden Sønderdeling, og vi kan altsaa faa at vide, hvor meget Aminokvælstof det indeholder i denne Tilstand, hvad der kan være af stor Betydning, naar det drejer sig om Undersøgelsen af ufuldstændige Spaltningsprodukter, som f. Eks. Peptoner. Idet man bestemmer Mængden af Aminogrupper før og efter Hydrolyse, faar man herigennem Oplysning om Mængden af bundne Aminogrupper, d. v. s. om Mængden af det, som man kalder »peptidbundet Kvælstof« i det foreliggende Stof, og ved at foretage saadanne Bestemmelser paa forskellige Stadier af Hydrolysen er man endvidere i Stand til kvantitativt at følge Hydrolysens Gang, hvad der er af særlig stor Betydning for Studiet af de proteolytiske Enzymers Indvirkning paa Proteinstofferne. Da Formoltitreringen foreligger beskrevet paa Dansk¹⁾, skal her kun fremhæves Hovedtrækkene, som er nødvendige for Forstaaelsen af det følgende.

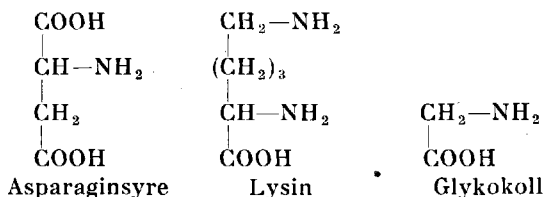
Hvis man til en Opløsning af en neutral Aminosyre, som f. Eks. Glykokoll, sætter Formalin i Overskud, saa vil Formaldehydet forene sig med Aminogruppen; herved ophæves Aminogruppens basiske Karakter, og der resulterer en enbasisk Syre, som kan titreres med Natron:



Skal dette Forhold benyttes til Bestemmelse af Mængden af Aminogrupper i en Opløsning, saa maa tilstedeværende fri Syre eller Base først neutraliseres. Det gælder herved ikke om at neutralisere Opløsningen i egentlig Forstand, saa at den kommer til at indeholde lige mange Brintioner og Hydroxyliøner, men derimod gælder det om at bringe den til at indeholde lige mange sure og basiske Grupper. En Syre, som f. Eks. Asparaginsyre, kræver Tilsætning af et Mol. Natron pr. Mol. Asparaginsyre, medens en Aminosyre, som f. Eks. Lysin, kræ-

¹⁾ S. P. L. SØRENSEN, Enzymstudier (Medd. fra Carlsberg Laboratoriet. Bd. 7. 1907. Kbh., S. 1).

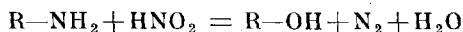
ver et Mol. Saltsyre pr. Mol. Lysin, for at Opløsningen skal indeholde lige mange sure og basiske Grupper; derimod kræver en Aminosyre, som f. Eks. Glykokoll, hverken Tilsætning af Saltsyre eller Natron, for at dens Opløsning skal tilfredsstille den omtalte Fordring.



Dette udføres i Praksis paa den Maade, at man til Opløsningen sætter Saltsyre eller Natron, indtil den ikke forandrers et Stykke Lakmuspapir, for hvis Fremstilling der er givet bestemte Forskrifter; Opløsningen har da en Brintionkoncentration paa ca. $10^{-6.8}$.

Sætter man nu Formalin til en saadan Opløsning, saa vil alle Aminogrupeerne forene sig med Formaldehydet, og den ækvivalente Syremængde kan titreres. Af de kvælstofholdige Grupper, der ikke er Aminogrupeer, vil Histidinets Imidazolgruppe reagere delvis med Formaldehyd, og en Del af den Syremængde, som neutraliserer denne Gruppe, vil derfor titreres med; det samme gælder om Prolinets Imidgruppe, saa at man altsaa ved Formoltitreringen finder lidt mere Aminokvælstof, end der virkelig er.

En anden Metode til Bestemmelse af Aminokvælstof blev i 1910 foreslaaet af VAN SLYKE; den beror paa den bekendte Reaktion mellem alifatiske Aminogrupeer og Salpetersyrling:



Denne Reaktion har ogsaa tidligere været benyttet til Bestemmelse af Aminokvælstof, men først ved den af VAN SLYKE indførte Metodik er Metoden blevet paalidelig og let anvendelig. Princippet er følgende: Aminosyreopløsningen sættes til en Blanding af Iseddike og Natriumnitritopløsning, og den udviklede Blanding af Kvælstof og Kvælstofilte — det sidste dannet ved Salpetersyrlingens Sønderdeling — opsamles. Efter at Kvælstofiltet er absorberet af en alkalisk Kaliumpermanganatopløsning, maales Kvælstofmængden, og heraf beregnes

Aminosyremængden. Processen forløber for α -Aminogrupper kvantitativt paa 4—5 Min. ved 20° , hvorimod Lysinets ϵ -Aminogruppe kræver 15—20 Min. ved denne Temperatur. Ammoniak kræver henved 2 Timer for at reagere fuldstændigt, og da man ikke kan vente saa længe og ikke kan regne sikkert med, at den samme Brøkdel af Ammoniakken reagerer hver Gang, maa Ammoniakken først fjernes, hvad jo for øvrigt ingen Vanskelighed volder¹⁾.

Da hverken Histidin eller Prolin reagerer unormalt med Salpetersyrling, vil man efter VAN SLYKES Metode finde lidt mindre Aminokvælstof end efter SØRENSENS, men i glykokoll- eller cystinrige Stoffer formindskes Forskellen lidt derved, at Glykokoll og Cystin reagerer med mere end 100% af deres Kvælstof, d. v. s. der udvikles andre Luftarter end Kvælstof, der ikke optages af Kaliumpermanganat.

Disse to Metoder tilstræber altsaa begge at maale Mængden af Aminogrupper i den foreliggende Opløsning, og de giver ogsaa nogenlunde samme Resultat, som det fremgaar af følgende Eksempler; der er her anvendt fuldstændig hydrolyserede Proteinstoffer, og Ammoniakken er fjernet, før Bestemmelserne udførtes. Tallene betyder Aminokvælstof, udtrykt i Procent af Totalkvælstoffet.

	Kød	Kasein
Efter VAN SLYKES Metode.....	74.5	69.4
Ved Formoltitreringen	76.5	72.6

Hvilken af Metoderne, man i et givet Tilfælde bør bruge, afhænger noget af Omstændighederne, idet hver af dem har sine Fordele og sine svage Sider. Formoltitreringen er efter min Erfaring den Metode, der giver de bedst overensstemmende Resultater ved Parallelforsøg, naar den benyttes under gunstige Forhold, d. v. s. naar Vædsken er nogenlunde farveløs, og man ikke har for lidt af den; ogsaa er der vel for de fleste noget mere betryggende ved en Titring, hvor man ved skiftevis Tilsætning af Syre og Base saa at sige kan gentage Bestemmelsen og derved blive mere sikker paa Resultatet. Formoltitreringen kan imidlertid ikke anvendes, naar man arbejder

¹⁾ Angaaende Enkeltheder ved Udførelsen henvises til VAN SLYKES Beskrivelse i ABDERHALDEN, Handbuch d. biochem. Arbeitsmethoden. 5. Bd. 1912, S. 995 og 6. Bd. 1912, S. 278.

med Opløsninger, der ved Siden af Aminosyrerne indeholder svage Syrer, og den kan kun med nogen Vanskelighed benyttes, naar det drejer sig om stærkt farvede Opløsninger. Disse Forhold er derimod uden Betydning ved VAN SLYKES Metode, men denne er til Gengæld usikker, naar det drejer sig om Opløsninger, der indeholder ufuldstændig spaltede Proteinstoffer, idet en Del Polypeptider udvikler mere Kvælstof, end der svarer til deres frie Aminogrunder, medens der paa dette Punkt intet ufordelagtigt er bekendt om Formoltitreringen. Man maa altsaa her, som paa saa mange andre Punkter, ved Valget af sin Metode tage Omstændighederne i Betragtning.

Ved at kombinere sin Metode med HAUSMANNS og samtidig benytte sig af nogle andre Forhold, som straks skal omtales, er det lykkedes VAN SLYKE at udarbejde en Analysemetode, der tillader at dele Proteinkvælstoffet i 6 bestemt definerede Fraktioner og at bestemme hver af dem kvantitativt. Delingen fremgaar af følgende Skema:

HAUSMANNS Fraktionsskema	VAN SLYKES Fraktionsskema
I: Ammoniak	1) Ammoniak-N
II: Fosforwolframsyrebundfaldet	{ 2) Arginin-N 3) Histidin-N 4) Lysin-N Cystin-N
III: Filtratet fra Fosforwolframsyrebundfaldet	{ 5) Amino-N 6) Ikke-Amino-N

Som det fremgaar af dette Skema, fremkommer de 6 Fraktioner derved, at Kvælstoffet i Fosforwolframsyrebundfaldet er delt i 3 og i Filtratet fra Fosforwolframsyrebundfaldet i 2 Fraktioner, medens Ammoniakken udgør den 6. Fraktion. Det vil endvidere ses, at Cystinkvælstoffet ikke er regnet med som en særlig Fraktion. Grunden hertil er, at den største Del af Cystinet sønderdeles ved Hydrolysen, saa at den i Fosforwolframsyrebundfaldet fundne Cystinmængde er alt for lille.

VAN SLYKES Fremgangsmaade ved en Proteinanalyse er i Korthed følgende: En vis Mængde Proteinstof koges med Saltsyre, indtil fuldstændig Hydrolyse er indtraadt, og den vundne Opløsning inddampes saa vidt som muligt paa Vandbad, hvorved Overskud af Saltsyre fjernes; Inddampningsresten opløses i Vand og bringes i en Kolbe, hvor den blandes med Overskud af Kalciumhydroxyd, og den derved frigjorte Ammoniak

afdestilleres i Vacuum, opsamles i fortyndet Syre og bestemmes ved Titrering.

Den ammoniakfrie Opløsning filtreres fra det uopløste Kalciumhydroxyd, som derefter vaskes klorfrit med Vand. De humusagtige Stoffer, som giver den hydrolyserede Proteinstofopløsning dens mørke Farve, bliver tilbage i Filtret sammen med Kalciumhydroxydet, saa at Filtratet sædvanlig er næsten farveløst. Bundfaldet tilbageholder ogsaa en ringe Mængde Kvælstof, det saakaldte Huminkvælstof, der bestemmes, idet Filtret med samt Bundfaldet underkastes en Kvælstofbestemmelse efter KJELDAHLS Metode.

Det klare Filtrat bliver gjort surt med Saltsyre og fældes nu med Overskud af Fosforwolframsyre; det fremkomne Bundfald filtreres fra og vaskes grundigt. Bundfaldet og Filtratet behandles da hver for sig.

1. Fosforwolframsyrebundfaldet.

Af de blandt Proteinstofspaltningsprodukterne fundne Aminosyrer indgaar Arginin, Histidin, Lysin og Cystin i dette Bundfald, og det er en Forudsætning for VAN SLYKES Metode, at der ikke er andre kvælstofholdige Stoffer til Stede. Da imidlertid Arginin, Histidin og Lysin kan udvindes saa godt som kvantitativt ved KOSSELS Metode (sml. S. 159), og da Cystin i det overvejende Antal Tilfælde er til Stede i minimale Mængder og tilmed kan bestemmes kvantitativt gennem sit Svovlindhold, saa har det været muligt at underkaste denne Forudsætning en eksperimentel Undersøgelse, og i alle de undersøgte Tilfælde har den da vist sig at være rigtig. Det anses derfor for berettiget i al Almindelighed at regne med den; er man under særlige Forhold i Tvivl, kan man altid gribe tilbage til KOSSELS Metode.

Hovedtrækkene i Undersøgelsen af Fosforwolframsyrebundfaldet er nu følgende: Bundfaldet opløses i Natron, og Opløsningen befries for Fosforwolframsyre ved Hjælp af Baryumklorid og deles derefter i 4 Dele.

a) I den ene Del bestemmes Svovlmængden kvantitativt, og heraf beregnes Cystinmængden; ved svovlfattige Protein-stoffer kan dette undlades.

b) Den anden Del koges med Kaliumhydroxyd under bestemte Forhold i 6 Timer. Herved fraspalter Arginin Halvdelen af sit Kvælstof i Form af Ammoniak; en Del af Cystinkvælstoffet fraspaltes ligeledes, men hverken Histidin eller Lysin sonderdeles. Af den fundne Ammoniakmængde kan Argininmængden beregnes, idet der ved svovlrige Proteinstoffer indføres en Korrektion, hvis Størrelse afhænger af Cystinmængden, som derfor i dette Tilfælde maa bestemmes (a).

c) Den tredje Del tjener til Bestemmelse af Totalkvælstoffet (KJELDAHLS Metode, GUNNING-ARNOLDS Modifikation). $\text{Total-N} \div \text{Arginin-N} \div \text{Cystin-N}$ giver da Summen af Lysin-N og Histidin-N.

d) Den fjerde Del bruges til Bestemmelse af Mængden af Aminogruupper ved Reaktionen med Salpetersyring i VAN SLYKES Apparat. Med Salpetersyring reagerer Lysin og Cystin med hele deres Kvælstofmængde, Arginin derimod kun med $\frac{1}{4}$ og Histidin kun med $\frac{1}{3}$ af Totalkvælstoffet. $\text{Total-N} \div$ den med Salpetersyring reagerende Del af Kvælstoffet (bestemt i Apparatet) er da lig med Summen af $\frac{3}{4}$ Arginin-N og $\frac{2}{3}$ Histidin-N, og da Mængden af Arginin-N er bekendt (b), faas heraf Mængden af Histidin-N. Da desuden Summen af Lysin-N og Histidin-N er bekendt (c), kan altsaa tillige Mængden af Lysin-N beregnes¹⁾.

2. Filtratet fra Fosforwolframsyrebundfaldet.

Af bekendte Aminosyrer forekommer heri følgende: Glykoll, Alanin, Serin, Phenylalanin, Tyrosin, Valin, de tre isomere Leuciner, Asparaginsyre, Glutaminsyre, Prolin og Oxyprolin, men den Mulighed er, som foran omtalt, ikke udelukket, at der findes endnu flere. Efter deres Forhold over for Salpetersyring kan disse Syrer deles i 2 Grupper, hvoraf den ene omfatter Prolin og Oxyprolin, den anden hele Resten; denne sidste Gruppe bestaar udelukkende af α -Aminosyrer, hvis Aminogruupper reagerer kvantitativt med Salpetersyring, saa at alt Kvælstoffet udvikles. I Modsætning hertil er Prolin og Oxyprolin Iminosyrer, der ikke reagerer med Salpetersyring, og de to Fraktioner 5 og 6 (se Skemaet S. 163) frem-

¹⁾ Angaaende Enkeltheder ved Udførelsen henvises til ABDERHALDEN, Handbuch der biochem. Arbeitsmethoden. 5. Bd. 1912, S. 1018 og følg.

kommer da simpelthen paa den Maade, at en Del af den foreliggende Opløsning undersøges i VAN SLYKES Apparat, og af den fundne Kvælstofmængde beregnes da Mængden af Amino-N, Fraktion 5. I en anden Del bestemmes Totalkvælstoffet efter KJELDAHLS Metode, og $\text{Total-N} \div \text{Amino-N}$ giver da Fraktion 6.

Dette er i korte Træk VAN SLYKES Metode til kvantitativ Bestemmelse af Proteinstoffernes Sammensætning, og hertil mener jeg nu, at der kan gøres en ikke uvæsentlig Tilføjelse, idet det vil være muligt at dele Fraktion 5 i to Dele. Af de til denne Fraktion hørende Aminosyrer danner nemlig Glykokoll, Alanin, Serin, Phenylalanin, Tyrosin, Valin og de tre isomere Leuciner en Gruppe for sig, idet de er Monoamino-monokarbonsyrer, medens de andre, nemlig Asparaginsyre og Glutaminsyre, er Monoamino-dikarbonsyrer. Hvis man neutraliserer en vandig Opløsning af en Blanding af disse Aminosyrer med Natriumhydroxyd, saaledes som nærmere angivet ved Formoltitreringen (se S. 161), saa er Monoamino-monokarbonsyrerne saavel som Prolin og Oxyprolin til Stede i »fri Tilstand«, d. v. s. hverken i Forbindelse med Syre eller Base, medens Monoamino-dikarbonsyrerne binder et Ækvivalent Base pr. Molekule Aminosyre. Hvis man inddamper en saadan Opløsning og forasker den tørre Rest, saa efterlader den Natriumkarbonat, og Mængden af dette vil være ækvivalent med Mængden af Monoamino-dikarbonsyre og altsaa et Maal for denne. En Bestemmelse af det tilbageblivende Natriumkarbonat, der kan udføres ved en simpel Titring, bliver altsaa tillige en Bestemmelse af Monoamino-dikarbonsyremængden.

En simpel Overvejelse viser, at der er følgende Fejlkilder at tage Hensyn til:

1. Ammoniak maa ikke være til Stede, thi ved Op-hedning af f. Eks. Ammoniumklorid med Natriumkarbonat bortgaar Ammoniumkarbonat, og man vil derfor finde for lidt Natriumkarbonat, d. v. s. for lidt Monoamino-dikarbonsyre.

2. Basisk reagerende Aminosyrer — Arginin, Lysin og Histidin — vil give Anledning til en lignende Fejl som Ammoniakken og maa derfor udfældes saa fuldstændigt som muligt. Deres Forbindelser med Fosforwolframsyre er imidler-

tid ikke helt uopløselige, saa at der altid vil være en lille Smule af dem til Stede; dette medfører, at de fundne Værdier for Monoamino-dikarbonsyremængden bliver en Smule for lave, men Fejlen ophæves delvis af en anden (4).

3. Cystin maa heller ikke være til Stede, da dets Svovl helt eller delvis bliver tilbage i Asken som Sulfit eller Sulfat paa Bekostning af noget Natriumkarbonat, men da Cystinet fældes saa godt som fuldstændigt af Fosforwolframsyre og derfor fjernes sammen med de under 2 nævnte Aminosyrer, kommer heller ikke denne Fejl til at spille nogen Rolle.

4. Kvælstoffrie organiske Syrer giver selvfølgelig Anledning til for høje Resultater, hvis de forekommer sammen med Aminosyrerne, idet deres neutrale Salte ved Glødning omdannes til Karbonater. Saadanne Syrer synes imidlertid ikke at forekomme i Proteinstofferne¹⁾, men man maa selvfølgelig regne med dem som en Mulighed. Det maa i denne Sammenhæng udtrykkelig betones, at Betegnelsen »Monoamino-dikarbonsyre-N« for den nye Fraktion kun maa opfattes som en Betegnelse, der ikke gør Fordring paa at være absolut dækkende; den er selvfølgelig kun formelt rigtig under den Forudsætning, at Monoamino-dikarbonsyrerne er de eneste Proteinstofspaltningssprodukter, der indeholder Karboxylgrupper i overskydende Antal, d. v. s. i større Antal, end der svarer til de i samme Molekule tilstedeværende Aminogrupper eller andre basiske Grupper. Denne Indskrænkning gælder imidlertid kun Betegnelsen, men rammer selvfølgelig hverken Udførelsen, Anvendelsen eller Betydningen af den her foreslaaede Bestemmelse.

Ved Proteinstoffernes Hydrolyse indtræder der altid en sekundær Spaltning, hvorved nogle Aminosyrer delvis spaltes under Afgivelse af Ammoniak. Det er derfor sandsynligt, at der blandt Spaltningssprodukterne altid findes smaa Mængder kvælstoffrie organiske Syrer, men da kun de, der ikke er flygtige og derfor bliver tilbage i Inddampningsresten, kan bevirke en Fejl, vil denne altid være lille og delvis kompensere eller kompenseres af den under 2 og 3 nævnte Fejl.

5. Uorganiske Syrer. Idet Fosforwolframsyren fjernes med Natriumhydroxyd og Baryumklorid, som foran omtalt,

¹⁾ Sml. A. C. ANDERSEN u. Regitze Roed-Müller, det anf. Sted, S. 450.

befries Opløsningen samtidig for Fosforsyre og Svovlsyre. Der er da sædvanlig af uorganiske Syrer kun Saltsyre tilbage, og den bevirker ingen Fejl, idet baade Natriumklorid og Baryumklorid kan glødes, uden at de sønderdeles; om andre Klorider se under 6. For store Saltmængder volder imidlertid Ulemper af ren praktisk Art under Glødningen og maa derfor helst fjernes, hvad i øvrigt let sker paa den senere omtalte Maade.

En Syre, der kan give Anledning til betydelige Fejl, er Kulsyren. Det er derfor nødvendigt ved den sidste Neutralisation saavel som ved Titreringen at benytte kulsyrefrie Vædsker.

6. Uorganiske Baser. Uorganiske Klorider, som ved Inddampningen og Glødningen afgiver Klorbrinte, maa selvfølgelig ikke være til Stede. Et saadant Klorid er Kalciumklorid, der ved den af VAN SLYKE givne Arbejdsforskrift (se S. 163) vil findes i ikke ringe Mængde i Filtratet fra Fosforwolframsyrebundfaldet, og da det foruden at give Anledning til den omtalte Fejl tillige besværliggør Fjernelsen af Fosforwolframsyren, idet der dannes et amorft Kalciumsalt, som i høj Grad besværliggør Filtrering og Udvaskning, maa Anvendelsen af Kalciumhydroxyd til Neutralisation af Saltsyren ved Analysens Begyndelse undgaas. Naar den her foreslaaede Bestemmelse af Monoamino-dikarbonsyrerne skal udføres, bør man da anvende Natriumkarbonat i Stedet for Kalciumhydroxyd til Neutralisation af Saltsyren og Afdestillation af Ammoniakken. Denne Ændring vil imidlertid have til Følge, at de ved Hydrolysen dannede farvede Substanser, som ellers optages af det i Overskud tilstedeværende Kalciumhydroxyd, nu forbliver i Opløsningen, men de optages af Fosforwolframsyrebundfaldet og fjernes sammen med Fosforwolframsyren.

7. Glukosamin. Tilstedeværelsen af Glukosamin i større Mængde kan foraarsage Fejl af forskellig Art. For det første kan Glukosaminet ved Hydrolysen omsætte sig med Aminosyrerne under Fraspaltning af Ammoniak og Dannelse af kvælstoffrie Syrer, hvad der jo umuliggør Monoamino-dikarbonsyrebestemmelsen (se ovenfor under 4). For det andet vil den Del af Glukosaminet, som ikke sønderdeles, findes i Filtratet fra Fosforwolframsyrebundfaldet som saltsurt Glukosamin, der vil kunne give Anledning til lignende Fejl som Ammoniakken (se ovenfor under 1). Kontrollforsøg, som ikke

skal gengives her, viste, at den første Fejlkilde var den fremherskende, og at Fejlen var saa stor, at Metoden ikke kan anvendes — i hvert Fald ikke i den foreliggende Form — naar der er rigeligt Glukosamin til Stede, hvad der imidlertid kun er i meget faa Proteinstoffer, nemlig kun i de saakaldte Glukoproteider.

8. En Fejl af lignende Art som den under 3 omtalte kan fremkomme, naar Foraskningen foregaar over en Gasflamme, i Særdeleshed naar man benytter en Platinskaal, idet den ved Gassens Forbrænding dannede Svovlsyring kan optages af Asken. Foraskningen bør derfor ske over en Spritflamme.

Under Hensyn til de her fremdragne Forhold bliver Fremgangsmaaden ved en Proteinanalyse efter denne Metode følgende:

Ca. 5 g af det paagældende Proteinstof (indeholdende ca. 800 mg N) opvarmes paa kogende Vandbad med 100—125 cm³ ca. 3n Saltsyre, indtil alt eller dog saa godt som alt er opløst, og Opløsningen autoklaveres derefter i 1½ Time ved 150°, hvorpaa den inddampes saa stærkt som muligt paa Vandbad. Inddampningsresten opløses i Vand, og Opløsningen filtreres gennem et lille Filter ned i en Maalekolbe paa 250 cm³; Skaalen saavel som Filtret vaskes omhyggeligt med Vand, og det samlede Filtrat fortyndes til Mærket paa Maalekolbens Hals. Den uopløste Kvælstofmængde bestemmes efter KJELDAHLS Metode, idet hele Filtret behandles med Svovlsyre; sædvanlig er Kvælstofmængden saa lille, at man kan se bort fra den.

5 cm³ af Opløsningen benyttes til Bestemmelse af Totalkvælstof efter KJELDAHLS Metode, og i 20 cm³ bestemmes den tilstedeværende Ammoniakmængde; dette sidste sker bedst ved Destillation i Vacuum med methylalkoholisk Baryt¹⁾.

200 cm³ bringes i en Kolbe paa ca. 1 Liter, tilsættes lidt Phenolphthalein samt mættet Natriumkarbonatopløsning til tydelig rød Farve og inddampes i Vacuum næsten til Tørhed. Inddampningsresten opløses i ca. 100 cm³ Vand og inddampes paa ny i Vacuum; skulde Opløsningen ikke være tydelig alka-

¹⁾ V. HENRIQUES u. S. P. L. SØRENSEN, Über die quantitative Bestimmung der Aminosäuren, Polypeptide und der Hippursäure im Harne durch Formoltitration (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 64. Bd. 1909, S. 137).

lisk, maa der dog først tilsættes lidt mere Natriumkarbonatopløsning. Hvis Opløsningen i sig selv skulde være saa stærkt farvet, at Phenolphthalein ikke er anvendeligt som Indikator, prøver man med Kurkumapapir, som skal farves tydelig brunt.

Inddampningsresten opløses i ca. 50 cm³ Vand, og Opløsningens Reaktion prøves. Hvis den ikke reagerer basisk, maa den inddampes paa ny med Natriumkarbonat, i modsat Fald neutraliseres den med Saltsyre, og der tilsættes yderligere 27 cm³ konc. Saltsyre. Efter at Kulsyren er uddrevet nogenlunde ved Opvarmning paa Vandbad, tilsættes en vandig Opløsning af 25 g Fosforwolframsyre samt saa meget Vand, at det samlede Rumfang bliver ca. 300 cm³. Ved Opvarmning paa kogende Vandbad bringer man Bundfaldet saa vidt som muligt i Opløsning og henstiller derefter Opløsningen roligt i 48 Timer; herved udskilles Fosforwolframaterne igen, men denne Gang i krystallinsk Tilstand, hvad der tillader en hurtig Filtrering og Udvaskning. Den til Fældningen anvendte Fosforwolframsyre skal være rensed ved Udrystning med Æter, hvad vi plejer at udføre paa følgende Maade: Indkøbt Fosforwolframsyre opløses i sin dobbelte Vægt ca. 1n Svovlsyre, og Opløsningen rystes med saa meget Æter, at den deler sig i 3 Lag; hertil udskræves omtrent lige saa meget Æter, som der er anvendt Fosforwolframsyre. Efter nogen Tids Henstand fraskilles det nederste Lag, som fortyndes med Vand og inddampes i Vacuum, indtil al Æter er fjernet; Inddampningsresten fortyndes da til et passende Rumfang, og denne Opløsning benyttes til Fældningen.

Frafiltreringen af Bundfaldet sker under Sugning, idet der anvendes et hærdet Filter, som lægges sammen paa sædvanlig Maade og anbringes i en almindelig Glastragt, der ved Hjælp af en Gummiprop sættes fast i en Sugflaske. Efter god Afsugning af Moderluden vaskes Bundfaldet med 10×15 cm³ af en Opløsning, der indeholder 2.5% Fosforwolframsyre og 3.5% Saltsyre; denne Opløsning dryppes rundt langs Randen af Filtret ved Hjælp af en Pipette, og Bundfaldet og Vaskevædsken røres omhyggeligt sammen med en lille Spatel før Afsugningen. Ved de sidste Vaskninger gaar Vædsken sædvanlig lidt uklar igennem Filtret, hvorfor det maa tilraades at opsamle de sidste 5 Portioner for sig; de kan da om fornødent filtreres om paa et lille Filter.

Fosforwolframsyrebundfaldet behandles derefter ganske som angivet af VÅN SLYKE og som foran kortelig omtalt; angaaende Enkeltheder herved kan der derfor henvises til ABDERHALDEN¹⁾, kun maa det erindres, at man til Bestemmelse af Huminkvælstoffet maa udføre en Kvælstofbestemmelse i de uopløselige Barytsalte, som faas ved Fjernelsen af Fosforwolframsyren. I denne Anledning tørres Baryumsaltene i Luft og vejes, og i $\frac{1}{10}$ af det godt sammenrevne Stof bestemmes da Kvælstoffet efter KJELDAHL (Humin-N I).

Filtratet fra Fosforwolframsyrebundfaldet fortyndes med Vand til ca. 1 Liter; hertil sættes lidt Phenolphthalein, dernæst Natronlud til tydelig basisk Reaktion og endelig et tydeligt Overskud af Baryumklorid; hvis den røde Farve herved forsvinder, maa der tilsættes mere Natronlud. Bundfaldet filtreres fra og vaskes klorfrit med svagt Barytvand; en Kvælstofbestemmelse heri, udført paa lignende Maade som ovenfor omtalt, giver Humin-N II.

Det samlede Filtrat inddampes i Vacuum til ca. 200 cm³, hvorved sædvanlig fremkommer et ringe Bundfald, der filtreres fra. Efter at Filtret er vasket ud med svagt Barytvand, neutraliseres det samlede Filtrat med Saltsyre, og der tilsættes desuden saa meget Saltsyre, som svarer til ca. $\frac{3}{4}$ af den Kvælstofmængde, der indeholdtes i de oprindelige 200 cm³. Opløsningen inddampes derefter i Vacuum, til en rigelig Mængde Salt har udskilt sig; efter at der er tilsat 200 cm³ Alkohol, og Blandingen har henstaaet $\frac{1}{2}$ —1 Time, filtreres de udskilte Klorider fra og vaskes gentagne Gange med 80 Procents Alkohol. Saltene opløses derefter i Vand, og i en Del af Opløsningen bestemmes Kvælstofindholdet efter KJELDAHL; sædvanlig er der saa lidt Kvælstof til Stede, at man kan se bort fra det; skulde det imidlertid engang hænde, at der er for meget, saa maa der til Resten af Saltopløsningen sættes den med den fundne Kvælstofmængde ækvivalente Mængde Saltsyre, hvorefter Inddampningen og Behandlingen med Alkohol maa gentages.

Det alkoholiske Filtrat, der indeholder de saltsure Aminosyrer, inddampes til Tørhed i Vacuum; Inddampningsresten opløses i Vand og fortyndes til 100 cm³ i en Maalekolbe.

¹⁾ ABDERHALDEN, Handbuch d. biochem. Arbeitsmethoden. 5. Bd. 1912. S. 1018 og følg.

I 5 cm³ bestemmes Totalkvælstoffet efter KJELDAHL.

25, 30 eller 40 cm³, alt efter Kvælstofindholdet, neutraliseres omtrentlig og fortyndes med Vand til 50 cm³. I denne Opløsning bestemmes Aminokvælstoffet med Salpetersyring i VAN SLYKES Apparat.

20 eller 25 cm³ neutraliseres i en Platinskaal nøjagtigt med kulsyrefri Natronlud, idet man som Indikator bruger Azolitminpapir, fremstillet som til Formoltitreringen efter HENRIQUES og SØRENSEN¹⁾. Den neutraliserede Opløsning inddampes paa Vandbad til Tørhed, til sidst under jævnlig Omrøring med en Platintraad, og den tørre Masse foraskes over en Bartelsk Spritlampe. Asken bringes ved Hjælp af Vand og et ikke for stort Overskud af $\frac{n}{5}$ Saltsyre over i en Kogeflaske af Jenaglas, hvori den koges i 5—10 Min. for at uddrive Kulsyren. Efter Afkøling titreres tilbage med Natron, og den forsvundne Saltsyremængde er da ækvivalent med de i den oprindelige Aminosyreopløsning tilstedeværende overskydende Karboxylgrupper; forudsættes disse udelukkende at hidrøre fra Monoamino-dikarbonsyrer (sml. under 4, S. 167), faas den i disse Syrer tilstedeværende Kvælstofmængde, udtrykt i Milligram, ved at multiplicere den forsvundne Saltsyremængde, udtrykt i Kubikcentimeter, med 2,8.

De ved Udarbejdelsen af den her meddelte Supplering af VAN SLYKES Metode paakrævede Forundersøgelser og Kontrolforsøg har jeg udført sammen med cand. polyt. Frøken REGITZE ROED-MÜLLER, hvem jeg ogsaa paa dette Sted beder modtage min Tak for god Hjælp og godt Samarbejde.

Af Kontrollforsøgene med rene Aminosyrer skal her kun anføres et enkelt:

0,5 g Glutaminsyre opløstes i 17 cm³ $\frac{n}{5}$ Natronlud.

5 cm³ indeholdt 12,85 mg N (KJELDAHLS Metode).

10 cm³ blandedes i en Platinskaal med 0.2 g Glykokoll, 0.2 g Alanin, 0.2 g Tyrosin og 0.4 g Leucin (Blanding af isomere). Efter Neutralisation, som ovenfor omtalt, inddampedes til Tørhed, og Resten foraskedes over en Spritlampe. Ved Titrationen fandtes der at være Natriumkarbonat, svarende til 9.30 cm³ Saltsyre, hvad der svarer til 26.04 mg N, medens der efter Kvælstofbestemmelsen skulde være 25.70 mg.

¹⁾ V. HENRIQUES u. S. P. L. SØRENSEN, det anf. Sted S. 133.

Efter at en Del Forsøg med rene Aminosyrer af forskellig Art havde givet lignende Resultater som dette, besluttede vi at anvende Metoden paa et Par af de med Hensyn til deres Sammensætning bedst undersøgte Proteinstoffer, og vi valgte da de to i Alkohol opløselige Planteproteiner Zein og Gliadin, der er indgaaende undersøgt af OSBORNE og hans Medarbejdere.

Gliadin. Ifølge OSBORNE og GUEST¹⁾ indeholder 100 g Gliadin 43.7 g Glutaminsyre og 0.6 g Asparaginsyre, hvad der svarer til henholdsvis 23.6 og 0.4, tilsammen 24.0 % af Totalkvælstoffet. Den ovenfor beskrevne Metode gav 24.3 %.

Zein. 100 g Zein indeholder ifølge OSBORNE og LIDDLE²⁾ 26.2 g Glutaminsyre og 1.7 g Asparaginsyre, hvad der svarer til henholdsvis 15.5 og 1.1, tilsammen 16.6% af Totalkvælstoffet, medens vi i to Bestemmelser fandt 17.8 og 18.0%.

Naar man gør sig klart, at OSBORNES Bestemmelser maa føre til Minimumsværdier, da det her drejer sig om en Isoleering af Aminosyrerne, medens de af os fundne Værdier nærmest maa være Maksimumsværdier, saa fremgaar der af de anførte Tal en saa god Overensstemmelse, at man vel tør regne med Metodens Anvendelighed ved Undersøgelser over Proteinstoffernes Sammensætning.

Det er foran omtalt, at en Tilførsel af Aminosyren Tryptophan er en absolut Betingelse for, at et Dyr skal kunne komme i Kvælstoffigevægt; det vil derfor være af Interesse at kunne bestemme denne Aminosyre kvantitativt. I det foran omtalte Fraktionsskema indgaar den imidlertid slet ikke, af den simple Grund at den er saa ubeständig over for Kogning med stærke Syrer, at den sønderdeles fuldstændigt ved Proteinstoffernes Hydrolyse. Til Bestemmelse af den maa man derfor have helt andre Metoder, og saadanne foreligger da ogsaa; det drejer sig her hovedsagelig om kolorimetriske Bestemmelser, baseret paa dels selve Tryptophanets, dels visse Spalttingsprodukters Farvereaktioner. Materialet er imidlertid endnu af en saadan Art, at man ikke kan udtale sig om Brugbarheden af de forskellige Metoder, og de skal derfor ikke udredes nærmere

¹⁾ T. B. OSBORNE and H. H. GUEST, Analysis of the products of hydrolysis of wheat gliadin (Journ. of biol. chemistry. 9. 1911, S. 425).

²⁾ T. B. OSBORNE and L. M. LIDDLE, Notes on the analysis of edestin and zein (Amer. journ. of physiology 26. 1910. S. 295).

her. Selv om det skulde vise sig, at de ikke tillader en videre nøjagtig Bestemmelse af Tryptophanet, saa tillader de dog sikkert hver for sig en Sammenligning mellem enkelte Proteinstoffer, og der er herved skabt et godt Grundlag for fortsatte Undersøgelser, som sikkert heller ikke vil udeblive.

Vi er altsaa nu i Stand til at inddele og bestemme de i Proteinstofferne indgaaende Aminosyrer i 7 velkarakteriserede Fraktioner ved en i Betragtning af Opgavens Vanskelighed forholdsvis simpel Metode. Da man desuden, som kortelig berørt, i mange Tilfælde vil kunne skaffe sig et begrundet Skøn over Tryptophanmængden, saa ses det altsaa, at der nu er Mulighed for en ganske god Karakterisering og Sammenligning af de enkelte Proteinstoffer paa kvantitativ-analytisk Grundlag. Da der tilmed til en Analyse kun udkræves nogle faa Gram Proteinstof, saa at Fremskaffelsen af Materialet ingen særlige Vanskeligheder frembyder, vil det være at haabe, at man vil benytte sig af disse Metoder, hvor det gælder om at beskrive eller sammenligne Proteinstoffer.

OVERSIGT

OVER

DE FRA DEN KGL. VETERINÆR- OG LANDBOHØJSKOLES LABORATORIUM FOR LANDØKONOMISKE FORSØG UDGAAEDE BERETNINGER.

1. (18de fra N. J. Fjord). 1883. a. Maaling af Kraftforbrug ved Burmeister & Wains lille og de Laval's Centrifuger. b. Skumningsforsøg med de samme Centrifuger (Konkurrenceforsøg i Vestervig). c. Almindelige Bemærkninger om Centrifuger. d. Anvendelse af skummet Mælk til Foder for Kalve og Svin. (50 Øre.)
- Tillæg hertil.*) 1883. a. Kemisk Sammensætning af nymalket Mælk og skummet Mælk, Kærnemælk og Valle fra danske Mejerigaarde. b. Vanskeligheder med at faa Mælk. c. Mælks Næringsværdi (af Panum).
2. (19de fra N. J. Fjord). 1883. a. Fodring af Kalve og Grise med skummet Mælk fra Centrifuge og Bøtter. b. Holdbarhed af centrifugeret og ikke-centrifugeret Mælk. c. Forøgelse af centrifugeret Mælks Holdbarhed ved Opvarmning. (50 Øre.)
3. (20de fra N. J. Fjord). 1885. Is, Bøtter og Centrifuge. Forsøgene udførte paa Tanderup, Ravnholt (med Ryslinge). Lustrupholm og Ladelundgaard. (50 Øre.)
- 4*) 1885. Om tuberkuløs Mælk. a. Undersøgelser angaaende Mælk og Mejeriprodukter af tuberkuløse Køer (af Prof., Dr. med. Bang). b. Kemisk Undersøgelse af Mælken fra Køer med Yverbetændelse (af Prof. V. Storch). (50 Øre.)
5. (21de fra N. J. Fjord). 1885. a. Udtørring af Laboratoriet under dets Opførelse. b. Afkølingsforsøg med Kød af nylig slagtede Kreaturer (50 Øre.)
- 6*) (22de fra N. J. Fjord). 1885. Foreløbige Forsøg over Fedmen af og Kontrol med den til Fællesmejerier leverede Mælk.
7. 1886. To Osteudstillingsforsøg med Ost af skummet Mælk fra Is- og Centrifugemejerier (af Prof. V. Storch). (50 Øre.)
8. (23de fra N. J. Fjord). 1886. Afkøling af Smør under dets Henstand i Mejerier og dets Forsendelse med Jærnbane og Dampskibe. (50 Øre.)
- 9*) (24de fra N. J. Fjord). 1887. Betaling af sød Mælk i Fællesmejerier efter »Forskel i pCt. Fløde« (Differensberegning) (1 Kr.), hvortil slutter sig Tillæg. 1887. Tabelværk (5 Kr.) med Tavle (2 Kr. 35 Øre) til Brug i Fællesmejerier, særlig hvor man ønsker at betale Mælken efter dens Fedme.

10. (25de fra N. J. Fjord). 1887. Fodringsforsøg med Svin, navnlig over Forholdet mellem Foderværdien af skummet Mælk og Valle samt mellem Korn, Mælk og Valle. (50 Øre.)
11. 1888. Undersøgelser af Hvede og Hvedemel fra Dyrkningsforsøg, iværksatte af Det kgl. danske Landhusholdningsselskabs Hvedeudvalg (af Docent E. Gottlieb). (50 Øre.)
12. 1888. Undersøgelser over Aarsagen til Kværke (af Prof. G. Sand og Lektor C. O. Jensen). (50 Øre.)
13. (26de fra N. J. Fjord). 1888. Bevægelige Forsøgsstationer i Danmark. a. Almindelig Oversigt over Forsøgene 1872—87. b. Fodringsforsøg med Malkekøer i Vinteren 1887—88. (50 Øre.)
- 14*) 1889. Aarsagerne til Yverbetændelse hos Kvæget (af Prof., Dr. med. Bang). (50 Øre.)
15. (27de fra N. J. Fjord). 1889. Fodringsforsøg med Svin. a. Sammenligning mellem Korn og Oljekager og b. mellem Svin af forskellige Racer. (50 Øre.)
16. 1889. Om tuberkuløs Mælk. a. Undersøgelser over Smitteevnen af Mælk af tuberkuløse Køer og over Varmens Indvirkning paa Tuberkelbaciller i Mælk (af Prof., Dr. med. Bang). b. Undersøgelser over Mælkens Omdannelse ved Yvertuberkulose (af Prof. V. Storch). (50 Øre.)
17. (28de fra N. J. Fjord). 1889. 2det Aars Fodringsforsøg med Malkekøer: Sammenligning mellem Kraftfoder og Roer. (50 Øre.)
- 18*) 1890. Nogle Undersøgelser over Flødens Syrning (af Prof. V. Storch). (50 Øre.)
19. (29de fra N. J. Fjord). 1890. Fodringsforsøg med Svin. a. Korn, Majs og Rugklid. b. Korn, Roer og Kartofler. c. Svin af forskellige Racer. (50 Øre.)
20. (30te fra N. J. Fjord). 1890. 3die Aars Fodringsforsøg med Malkekøer. Fortsat Sammenligning mellem Kraftfoder og Roer. (50 Øre.)
- 21*) 1891. Den Koch'ske Lymfe som diagnostisk Middel over for Kvægets Tuberkulose (af Prof., Dr. med. Bang).
22. 1891. Pasteuriseringsforsøgene. a. Bakteriologiske Undersøgelser over visse Mælke- og Smørfejl (af Lektor C. O. Jensen). b. Forsøg med Pasteurisering af sød Mælk og Fløde samt Anvendelse af god Syre som Middel til Bekæmpelse af forskellige Mælke- og Smørfejl. c. Holdbarhedsforsøg med pasteuriseret Mælk (af Overassistent H. P. Lunde. (1 Kr.)
23. 1891. Forsøg med Brødbagning af Rugmel og Hvedemel samt Blandinger af disse. (50 Øre.)
- 24*) 1891. Fortsatte Forsøg med Tuberkulin (af Prof., Dr. med. Bang).
- 25*) 1892. Undersøgelse af nogle Former af Rødsyge hos Svinet. a. Om Endokarditis hos Svinet (af Prof., Dr. med. Bang). b. Om Knuderosen, tør Hudbrand og Rødsyge (af Lektor C. O. Jensen). (50 Øre.)
26. 1892. Fodringsforsøg med Svin i Aarene 1890—92. a. Korn- og Hvedeklid. b. Korn, Runkelroer (og Sukkerroer) samt kemiske Undersøgelser af de til Forsøgene benyttede Foderstoffer (af Prof. V. Storch). 50 Øre.
27. 1892. 4de og 5te Aars Fodringsforsøg med Malkekøer (1891 og 1892). Sammenligning mellem Korn og Oljekager. (50 Øre.)
- 28*) 1893. Samlet Beretning om de »sammenhængende Rækker af Smørudstillinger« 1889—1892. (Fortsættes i 33te). (2 Kr.)
29. 1894. 6te og 7de Aars Fodringsforsøg med Malkekøer (1893 og 1894). Sammenligning mellem Korn og Hvedeklid. (50 Øre.)

30. 1891. Fodringsforsøg med Svin i Aarene 1891—94. a. Sammenligning mellem Korn — Roer — Gulerødder (og Turnips). Korn — Oljekager — Roer. Byg og Majs. Dansk og russisk Byg. b. Slagtningsforsøg. c. Kornforbrug til 1 Pd. Tilvækst, ved svagere og stærkere Fodring, ved Vinter- og Sommerforsøg. d. Fodringsforsøg med store Svin. e. Sammenligning mellem Galt og So. (1 Kr.)
31. 1895. Forsøg med Apparater til hurtig Fedtbestemmelse i Mælk (Babcock's, Gerber's og Lindstrøm's). (50 Øre.)
32. 1895. Syrningsforsøg (Sammenligning mellem Handelssyreværkere og Kærnemælk fra gode Mejerier.) (50 Øre.)
33. 1895. Anden samlede Beretning om de »sammenhængende Rækker af Smørudstillinger« (Fortsættelse af 28de). (50 Øre.)
34. 1895. Samlet Oversigt over Fodringsforsøgene med Malkekøer 1887—1895. (75 Øre.)
35. 1896. Forsøg med et selvregulerende Pasteuriseringsapparat (af Prof., Dr. med. V. Henriques og Docent V. Stribolt). (50 Øre.)
- 36*) 1896. Undersøgelser over Konsistensfejl hos Smørret samt over Smørrets og Mælkekuglernes Bygning (af Prof. V. Storch). (2 Kr.)
37. 1897. Forsøg over Foderets Indflydelse paa Smørrets Kvalitet. 1892—96. (1 Kr.)
38. 1897. I. Seruminjektioner som Forebyggelsesmiddel mod Lungesygdom hos Hesten. II. Oversigt over den bakteriologiske Afdelings Virksomhed indtil Marts 1897 (af Lektor C. O. Jensen). (50 Øre.)
39. 1897. 8de og 9de Aars Fodringsforsøg med Malkekøer. Sammenligning mellem Blandsæd og Hvede (1895) og mellem Blandsæd og Melassefoder (1896). (1 Kr.)
- 40*) 1898. En kemisk Prøve til at afgøre, om Mælk eller Fløde har været opvarmet til mindst 80° C. eller ikke (af Prof. V. Storch). (50 Øre.)
41. 1898. Sammenlignende Undersøgelser af forskellige Apparaters Anvendelighed til Kontrollering af Mælkens Fedme. (1 Kr.)
42. 1899. Fodringsforsøg med Svin i Aarene 1895—98. Foderværdien af Kaalrabi og Turnips, Sammenligning mellem Hvede og Byg. Foderværdien af forskellige Slags Melassefoder samt Palmekager og Majs med Hensyn til Flæskets Kvalitet. (1 Kr.)
43. 1899. Forsøg med Pasteuriseringsapparater. (1 Kr.)
44. 1899. Undersøgelser over Fedtdannelse i Organismen ved intensiv Fedtfodring (af Prof., Dr. med. V. Henriques og Docent C. H. Hansen). (50 Øre.)
45. 1899. 11te og 12te Aars Fodringsforsøg med Malkekøer (1898—99). Sammenligning mellem Blandsæd og Majs. (1 Kr.)
46. 1900. Undersøgelser over Smørfedts Lysbrydningssevne, Jodtal og Indhold af flygtige Syrer. (1 Kr.)
47. 1900. Forsøg med Pasteuriseringsapparater (Fortsættelse af 43de Beretning). (1 Kr.)
48. 1901. A. Forsøg over Smørudbyttet ved Fremstilling af vasket fersk Smør i Sammenligning med almindelig salt Smør, samt B. Forsøg over, hvilken Indflydelse Udluftning af den søde Mælk har paa Smørrets Finhed og Holdbarhed. (50 Øre.)
49. 1901. Forsøg med forskellige Saltningssmaader for Flæsk. (50 Øre.)
50. 1901. Sammenlignende Forsøg med Afkøling af Jærnbanevogne ved Hjælp af Is eller Ammoniak. (50 Øre.)

51. 1902. Fortsatte Forsøg med forskellige Saltningsmaader for Flæsk. (1 Kr.)
52. 1902. Om Rødsygebacillens Forekomst paa Slimhinderne hos sunde Svin. (1 Kr.)
53. 1902. Kort Meddelelse om Fodringsforsøgene med Malkekøer 1900—01 samt Redegørelse for Laboratoriets Standpunkt til forskellige omdebatterede Spørgsmaal Forsøgene vedrørende. (50 Øre.)
54. 1902. Forsøg med Lysanlæg i Mejerier. (1 Kr.)
- Ekstra. 1903. Nogle Undersøgelser over Nedarvning og Variabilitet hos Havre (af Assistent A. V. Krarup). (50 Øre.)
55. 1904. 13de og 14de Aars Fodringsforsøg med Malkekøer. Forsøg over Roctørstoffets Foderværdi for Malkekøer. (1 Kr. 50 Øre.)
56. 1905. Undersøgelser over forskellige Metoder til Fedtbestemmelser i Mælk samt om Mælkens Renskumning ved forskellige Temperaturer. (50 Øre.)
57. 1905. Forsøg med Udluftning af Fløde med Ulanders Mælkerenser og med Disbrowkærnen. (50 Øre.)
58. 1905. Den kemiske Analyse af Foderstoffer og dens Forhold til Fodringsforsøgene (af Prof. V. Storch). (2 Kr.)
59. 1905. Indberetning til Landbrugsministeriet om Laboratoriets Fodringsforsøg med Malkekøer. (2 Kr.)
60. 1906. Forsøg med at bestemme Æggehvideminimum i Malkekøernes Foder. (Fortsættes i 63de Beretning.) (3 Kr.)
61. 1907. A. Forsøg med Ostning af pasteuriseret Mælk og B. Fortsatte Undersøgelser over Metoder til Fedtbestemmelser i Mælk. (1 Kr.)
- 62*) 1907. Bestemmelse af Vandindholdet i Smør. (50 Øre.)
63. 1907. Fortsatte Forsøg over Æggehvideminimum i Malkekøernes Foder. (Fortsættelse af 60de Beretning.) (2 Kr.)
64. 1908. Sammenlignende Forsøg med Svin af forskellig Afstamning. (2 Kr.)
- Ekstra 1908. Redegørelse for Forsøg over Forhold vedrørende Svinets Stivsyge (af Prof. Carl H. Hansen. (50 Øre.)
65. 1909. Fodrings- og Nedkulingsforsøg med Sukkerroeaffald. (50 Øre.)
66. 1909. 1) Kvægets smitsomme kroniske Tarmbetændelse (af Professor B. Bang). 2) Omvendelse af Tuberkulin af Fjerkrætuberkelbaciller som diagnostisk Middel mod Kvægets kroniske smitsomme Tarmbetændelse (af Assistent O. Bang). (1 Kr.)
67. 1909. 1ste Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra forskellige Avlscentre. (1 Kr.)
A. Paa Elsesminde ved Odense med Svin fra fynske Centre.
B. Paa Rodstenseje ved Odder med Svin fra jyske Centre.
68. 1910. Forsøg med Malkemaskiner (Lawrence-Kennedy-Gillie). (1 Kr.)
69. 1910. Forsøg med Paraffinering af Ost. (50 Øre.)
70. 1910. Sammenlignende Forsøg med Centrifuger. (2 Kr.)
71. 1910. A. Forsøg med Opvarmning af sød Mælk og Fløde til 120 à 130° C. B. Forsøg med Aktieselskabet Titans nye Centrifuge. (50 Øre.)
72. 1910. Fodringsforsøg med Heste. (75 Øre.)
73. 1911. Forsøg over Vandindholdet i Svinefedt fra Svineslagterierne, Undersøgelser over Grevekagernes Fedtindhold samt Forsøg med Afsmeltning af Sæbefedt. (50 Øre.)
74. 1911. Fodringsforsøg med Malkekøer. I. Forsøg med Mask. II. Forsøg med Soyakager. (75 Øre.)

75. 1911. 2den Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra forskellige Avlscentre paa Bjernedegaard, Elsesminde og Rodtenseje. (1 Kr.)
76. 1911. Fodringsforsøg med Malkekøer. Forsøg med Hø. (1 Kr.)
77. 1912. Forskellige Slagteriforsøg: 1) Forsendelse af Flæsk i almindelige Godsvogne, 2) Stablingsforsøg, 3) Saltning af fast og blødt Flæsk. (50 Øre.)
78. 1912. Forsøg med Malkekøer: 2 eller 3 Gange Malkning daglig. (50 Øre.)
79. 1912. 3die Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra statsunderstøttede Avlscentre. (1 Kr. 50 Øre.)
80. 1912. 4de Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra statsunderstøttede Avlscentre. (50 Øre.)
81. 1913. A. Forsøg med Malkemaskinen »Gandil-Gjetting«, B. Forsøg med Mælkekøleren »Rimula«. (50 Øre.)
82. 1913. Undersøgelser over Vægten af Svin med tilhørende »Plucks«. (50 Øre.)
83. 1913. Om Kød- og Benmelfodringens Indflydelse paa Knoglesystemets kemiske Beskaffenhed (af J. K. Gjaldbæk). (50 Øre.)
84. 1913. Forsøg med Høns samt Temperaturmaaling i Bistader. (50 Øre.)
85. 1914. 5te Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra statsunderstøttede Avlscentre. (50 Øre.)
86. A. Forsøg med Ostning af Mælk af forskellig Fedme. B. Oversigt over Ostesagens Udvikling i Danmark. C. Forsøg med »Universalpasteuren«. D. Tabeller over Smørudbyttet af Mælk og Fløde. (50 Øre.)
87. 1914. 6te Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra statsunderstøttede Avlscentre. (50 Øre.)
88. 1915. Om Svinctuberkulosen og Muligheden for dens Bekæmpelse ved praktiske Midler. (50 Øre.)
89. 1915. Fodringsforsøg med Malkekøer: Runkelroer og Kaalroer. Kakao-kager. (50 Øre.)
90. 1915. 7de Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra statsunderstøttede Avlscentre. (50 Øre.)
91. 1915. Forsøg med Malkemaskinen »Heureka«. (50 Øre.)
92. 1916. Arbejdsprøver med Rugemaskiner. (50 Øre.)
93. 1917. 8de Beretning om sammenlignende Forsøg med Svin fra statsunderstøttede Avlscentre. (50 Øre.)
94. Nærværende Aarsberetning.

Desuden foreligger 10 Aargange (1905—15) af Beretninger om Sammenligning mellem rødt dansk Malkekvæg og Jerseykvæg paa Tranekær. Ligeledes foreligger 21 Aarsberetninger om Smørudstillingerne (»de lovbevalde Smørbedømmelser«) ved Forsøgslaboratoriet.

Forud for de ovenfor nævnte Beretninger fra Laboratoriet gaar følgende 17 Forsøgsberetninger fra N. J. Fjord, hvilke findes trykte i Tidsskrift for Landøkonomi i de Aargange, der nedenfor er angivne:

- 1*) (1867). Varmegrad i det indre af store Stykker Kød under dets Kogning.
 2. (1868). Kogning i Hø. (50 Øre.)
 - 3*) (1870). Kogning i Dampkøgedler.
 - 4*) (1870). Kogning i store indmurede Kedler.
 - 5*) (1872). Vanddampe som Opvarmningsmiddel i Mejerier.
 - 6*) (1875). Regnmaaleres Konstruktion og Opstilling.
 - 7*) (1875). Opbevaring af Is og Sne.
 - 8*) (1876). do. do. (særlig Sneforsøg).
 - 9*) (1877). Forskellige Svalkekummer; Afkølingens Hurtighed i forskellige Spande; de første Kærningsforsøg.
 - 10*) (1877). Smørudbytte ved forskellig Skumningstid og i forskellige Spande samt ved forskellig Afkøling med Is og Vand.
 11. (1878). Opbevaring og Anvendelse af Is og Sne til Mejeribrug. (50 Øre),
 - 12*) (1879). Spredte Vinterforsøg over Smørudbytte ved Centrifuger.
 - 13*) (1880). Loven for Svind i Ishuse. Temperaturforandringer i Smør. Varme i Jærnbanevogne. Varme i Dampskibsrør.
 14. (1881). Centrifugeforsøg (Lefeldt og Nielsen & Petersen): Centrifuge af Is — Bøtter (Rosenfeldt). Kørsel, Henstand, Afkøling, Opvarmning — den søde Mælk. (50 Øre.)
 - 15*) (1881). Centrifuge, Is, Bøtter og Kærning af Mælk. Centrifuger (Nielsen & Petersen's og de Laval's) drevne ved Dampkraft og Hestekraft. Centrifugens sidste Indhold (Nielsen & Petersen's og Lefeldt's) Sugning af af Fløde og Mælk.
 16. (1881). Smørudbytte ved forskellige Mejerisystemer af Mælk fra Køer at forskellige Racer: A. Angelsk og jysk Race. B. Korthorns og jysk Race. (50 Øre.)
 - 17*) (1882). Centrifuge, Is, Vand, Bøtter, Kærning af Mælk (Ourupgaard). Sammenlignende Centrifugeforsøg (Burmeister & Wain's, Nielsen & Petersen's og de Laval's). Forskellige Forsøg med Centrifugedele: Tilstrømningstragt, Stigerør; Kraftmaalinger m. m. Afkølingsapparat for Fløde.
- Ekstra-Nr.: (1883). Cooley's Undervandssystem.

De foran med *) mærkede Beretninger er udsolgte. Alle de øvrige kan faas i Boghandelen. (I Kommission hos August Bang, København.)