

Respirationsundersøgelser paa malkende Kvæg.

Nogle Bemærkninger i Anledning af Professor, Dr. phil. *August Kroghs*
Artikel i nærværende Tidsskrifts Hefte Nr. 8.

Af *Holger Møllgaard* og *A. C. Andersen*.

I dette Tidsskrifts Hefte 8 findes en Artikel af Prof. *Krogh*, hvori den af os i Landbohøjskolens Aarskrift 1917 meddelte metodiske og tekniske Redegørelse for det paa Forsøgslaboratoriets dyrefysiologiske Afdeling indrettede Respirationsapparat er gjort til Genstand for en Kritik, som vi finder Anledning til at imødegaa, da den hviler paa forskellige Misforstaaelser fra Prof. *Kroghs* Side. Vi skal forsøge at fremsætte vore Udtalelser saa kortfattet som muligt og vil derfor ganske se bort fra de Bemærkninger, hvormed Prof. *Krogh* indleder sin Artikel.

Naar Prof. *Krogh* frygter for, »at Apparatet i dets nærværende Skikkelse neppe vil være i Stand til at opfylde de Forventninger, der stilles til det«, maa vi erklære, at vi aldeles ikke deler denne Frygt, ligesom vi ogsaa er uenige med Professoren, naar han længere fremme om Metoden til Bestemmelse af Iltprocenten i Luften udtaler, at »dens Nøjagtighed er ikke stor nok til Formaålet«. Gennem den fejlteoretiske Behandling, som vi har gjort de udførte Kontrollforsøg saavel som de allerede nu foreliggende Stofskiftforsøg til Genstand for, og som vi udførligt har gengivet i den ovennævnte

Redegørelse, mener vi nemlig at have ført Bevis for, at den Nøjagtighed, vi har opnaaet, er tilstrækkelig til Formaalet. I den Henseende behøver vi blot at hen-vise til den Række Forsøg, der findes opført i Tabel 17 i vor Afhandling. I de her angivne Bestemmelser af Iltforbruget indgaar faktisk samtlige metodiske Fejl foruden Variationerne i Dyrets Stofskifte, og til Trods herfor viser Beregningen, at Differensen mellem de to anførte Middeltal, altsaa Arbejdsstofskiftet, er ca. 13 Gange større end sin Middelfejl. Dens Eksistens og omtrentlige Størrelse er altsaa sikker.

At Metoden er ret kostbar, har vi ikke lagt Skjul paa, og vi har derfor ogsaa fortsat vore Bestræbelser for at opnaa samme Nøjagtighed med *Jaquet*-Metoden, men hidtil er det ikke lykkedes os blot tilnærmelsesvis. Forsøgene vil imidlertid blive fortsat, ikke fordi vi mener at kunne opnaa større Nøjagtighed i Resultaterne eller større Sikkerhed i Driften af Apparatet, men fordi *Jaquet*-Metoden er billigere. Naar vi straks fra Begyndelsen har indrettet Apparatet med den i Redegørelsen beskrevne Iltbestemmelsesmetode for Øje, er Grunden den, at vi nærede alvorlige Betænkeligheder ved den sædvanlige Metode, idet denne kun tillader at analysere en overordentlig ringe Brøkdæl af Luften og derfor fordrer absolut Sikkerhed for fuldstændig Blanding af Luften. Saaledes som Apparatet nu arbejder, analyseres $\frac{1}{60}$ af hele Luftmængden, hvad der selvsagt forøger Sikkerheden ganske betydeligt.

At man ved *Jaquet*-Metoden har opnaaet stor Nøjagtighed ved Forsøg med Mennesker, berettiger efter vor Formening ikke uden videre til den Slutning, at det er »hævet over enhver Tvivl«, at Metoden ogsaa vil kunne bruges til Forsøg med malkende Kvæg; periodiske Svingninger i Kulsyreprocenten maa jo nemlig forudsættes at forekomme i langt højere Grad hos Forsøgsdyrene end hos menneskelige Forsøgsindivider, der har Forstaaelse af Forsøgene, og derfor ikke udfører

unødvendigt Arbejde, og her igennem bliver Prøvetagningen ved Dyreforsøg gjort adskilligt vanskeligere end ved Forsøg med Mennesker. Selv om vi altsaa ikke mener uden videre at kunne overføre de ved Forsøg med Mennesker vundne Erfaringer til Forsøgene med malkende Kvæg, afventer vi dog med Interesse en metodisk og teknisk Redegørelse for Prof. *Kroghs* nye Respirationsapparat, idet vi gaar ud fra, at Prof. *Krog*h — i Særdeleshed efter den offentlig fremsatte Kritik af den af os opnaaede Nøjagtighed — vil gøre sit Forsøgsmateriale til Genstand for en fejlteoretisk Behandling af lignende Art som den, vi har anvendt over for vort Talmateriale; kun gennem en saadan er man nemlig i Stand til at danne sig en velbegrundet Opfattelse af Metodens Nøjagtighed.

Vi har, som udførligt udtalt i vor Redegørelse, søgt at opnaa en adskilt Bestemmelse af Lungerespirationen og Gæringsprocesserne i Fordøjelseskanaalen ved at forsyne Dyret med Luftrørskanyle og Respirationsventiler, ikke fordi vi anser denne Metode for absolut ideel — thi det fremgaar af Redegørelsen, at vi er fuldt ud klar over Metodens Mangler — men fordi man for Tiden ingen bedre har. Der resorberes, som omtalt, fra Vommen saavel Methan som Kulsyre, som derefter udskilles gennem Lungerne. Hvad den resorberede Methanmængde angaar, foreligger der, som omtalt, Forsøg af *Klein*, der tyder paa, at indtil en Trediedel af den dannede Methan undertiden kan resorberes. Dette spiller imidlertid ikke nogen væsentlig Rolle for Stofskifteforsøget, thi den Mængde Kulstof, der overhovedet udskilles som Methan, udgør kun $\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{20}$ af hele den udskilte Kulstofmængde. Ikke des mindre har vi, for at gøre vor Metodik saa fuldkommen som mulig, senere indrettet os paa at bestemme ogsaa den gennem Lungerne udgaaende Methanmængde. Hvorledes vi gør det, vil der blive gjort Rede for i en senere Publikation, naar vi raader over flere Forsøgsresultater; fore-

løbig skal vi indskrænke os til at meddele som Resultat af nogle i Maj Maaned udførte Forsøg — i Juni, Juli og August har Apparatet ikke været benyttet — at Kleins Tal synes at være for store, idet det snarere er en Femtedel end en Trediedel af Methanmængden, der resorberes.

Hvad angaar den Mængde Gæringskulsyre, der resorberes, er det vanskeligt at udtale sig om Mængden af den. Ganske vist er Kulsyre lettere opløselig end Methan og vil derfor diffundere lettere, men man maa vel huske paa, at Blodet ikke er kulsyrefrit, — at altsaa Kulsyrens Diffusion i nogen Grad modvirkes af Blodets Kulsyrespænding. Det turde derfor være tvivlsomt, om »langt mere end $\frac{1}{3}$ af Tarmkulsyren vil kunne gaa over i Blodet og blive udskilt gennem Lungerne«, og vi mener i hvert Fald ikke, at det drejer sig om saa store Mængder, at Bestemmelsen af det egentlige respiratoriske Stofskifte bliver »saa temmelig illusorisk«. Sagen er nemlig den, at den resorberede Gæringskulsyre foruden gennem Hudrespirationen tillige kompenseres paa en anden Maade, som vi her benytter Lejligheden til at omtale; skønt vi ofte har drøftet Forholdene indbyrdes, har vi nemlig ikke faaet denne anden Maade frem i Redegørelsen, hvad vi nu meget beklager. En meget betydelig Del af den Kulsyre, som dannes i Vommen, opstaar jo ikke direkte ved Gæring, men derved, at der ved Gæringen dannes Syrer, som omsætter sig med Spyttets Karbonater under Udvikling af Kulsyre. Hvis de dannede Syrer resorberedes som saadanne, vilde ved fuldstændig Forbrænding i Organismen deres samlede Kulstofmængde udskilles gennem Lungerne; idet de imidlertid resorberes som Natriumsalte, vil en Del af deres Kulstof tilbageholdes som Natriumkarbonat. Det ses altsaa, at en Del af den Kulsyre, som dannes ved Forbrænding i Organismen, under disse Forhold vil tilbageholdes til Erstatning for den Mængde Kulsyre, som i Vommen — eller i Munden under Drøv-

tygningen — opstaar ved Indvirkning af Gæringsprodukterne paa Spyttets Karbonater; hvis der ikke finder Kompensation Sted ved Resorption af Kulsyre fra Vommen, vil den udaandede Kulsyremængde derfor være mindre end den Mængde, der dannes ved Forbrænding i Organismen.

Sammendrages de her drøftede Forhold, ses det altsaa, at der ved Bestemmelsen af det egentlige respiratoriske Stofskifte faas:

- 1) For lidt Kulsyre som Følge af
 - a) Tab gennem Hudrespirationen,
 - b) Tab gennem Neutralisation i Fordøjelseskana-len af de ved Gæringen dannede Syrer med Spyttets Karbonater,
- 2) for meget Kulsyre som Følge af Resorption af Kulsyre fra Vommen.

Noget talmæssigt Bevis for, at disse Fejlkilder kompenserer hinanden, kan der naturligvis ikke bringes, men vi mener altsaa, at Fejlen ikke er af en saadan Størrelse, at Metoden paavirkes videre deraf; det maa jo nemlig huskes, at den Mængde Kulsyre, der dannes ved Forbrændingen i Organismen, er mange Gange større end den, der dannes ved Gæringen i Vommen. Imidlertid er vi ganske enige med Prof. *Krogh* i, at det vilde være i høj Grad ønskeligt at have en Metode, hvor en saadan Usikkerhed ikke forefandtes. En saadan Metode findes imidlertid ikke i Øjeblikket, og vi tror ikke, at den Metode, Prof. *Krogh* foreslaar, er anbefalelsesværdig, dels fordi, som ovenfor omtalt, ikke al den Kulsyre, som opstaar i Vommen, er Gæringskulsyre, men dernæst og hovedsagelig ogsaa fordi man umuligt kan være sikker paa, at Gæringen af en udtagen Prøve vil forløbe paa samme Maade uden for Vommen, som hvis den var forblevet i Vommen. Man kan selvfølgelig sagtens sørge for samme Temperatur, men dermed er ogsaa al Ting sagt; samme

Tilførsel af Karbonater, samme Resorptionsforhold etc., vil man aldrig kunne garantere.

Vi kan ikke slutte dette Afsnit uden at tilføje, at det i længere Tid har været vor Hensigt, saa snart Forholdene tillader os det — Krigen vanskeliggør Anskaffelsen af de fornødne Apparater — at udføre saadanne Gæringsforsøg som af Prof. *Krogh* antydet, til Trods for at vi, som det fremgaar af ovenstaaende, meget vel ser Vanskelighederne ved at slutte fra Resultaterne af saadanne Forsøg til Forholdene i Organismen. Vi havde imidlertid, det skal vi villigt indrømme, ikke tænkt os den af Prof. *Krogh* foreslaaede Anvendelse af Resultaterne; det drejer sig for os hovedsagelig om at faa et Skøn over Varmetoningen ved Gæringen, og det er derfor vor Hensigt at lade Gæringen foregaa i et Kalorimeter under samtidig Bestemmelse af den udviklede Varmemængde og af Gæringsluftarternes S sammensætning (Methanets Brændværdi). Til Bestemmelse af denne Varmetoning haves nemlig ingen bedre Metode.

Vi skal saa gaa over til at omtale Prof. *Kroghs* andet Forslag: Et Respirationsapparat til flere, f. Eks. 5, Køer. Professoren fremhæver alle de Fordele, en saadan Indretning vilde frembyde, men synes ganske at have overset, at den foreslaaede Ordning umuliggør en virkelig Bestemmelse af Kulstofbalancen, der for Løsningen af den stillede Opgave er af mindst lige saa stor Betydning som Bestemmelsen af det respiratoriske Stofskifte. Har man flere Køer i samme Respirationskammer, vil man jo faa Dyrenes samlede Kulsyreproduktion bestemt som een Størrelse, og følgelig vil man ogsaa faa Kulstofbalancen for alle Køerne bestemt under eet. Selv om det herved viser sig, at hele Systemet er i Ligevægt, at alle Køerne tilsammen altsaa udskiller lige saa meget Kulstof, som de optager, saa følger deraf ikke, at alle de enkelte Køer er i Kulstoflige vægt; den ene kan tværtimod aflejre Kulstof, medens

den anden taber Kulstof af sin Reserve, altsaa af Legemets Fedt. Og sæt nu, at det viser sig, at alle Køer, taget under eet, aflejrer Kulstof! Skal man saa ændre Foderet for dem alle, eller kun for en enkelt, eller maaske for flere af dem? Og hvorledes skal man i det hele taget kunne fordele Foderet mellem Køerne? Hvis man kunde skaffe 5 ganske ens Køer, med samme Legemsvægt, samme Alder, samme Mælkeproduktion etc. etc., vilde man naturligvis give dem lige meget hver, men saadanne Køer kan jo ikke skaffes. Man vil altid være henvist til at anvende Køer, der for at være i Kulstoffigevægt kræver forskellige Mængder Næring, og for at kunne tildele hver enkelt af disse den netop nødvendige Mængde Foder, maatte man bl. a. kende Minimumsomkostningerne ved Mælkeproduktionen, men som bekendt er det netop denne Værdi, Forsøgene gaar ud paa at udfinde. Vi ser derfor ikke rettere, end at den af Prof. *Krogh* foreslaaede Anordning med flere Køer i eet Respirationskammer hviler paa forkerte Forudsætninger, og at den saa langt fra at frembyde nogen Fordele ved Løsningen af det foreliggende Problem tværtimod vilde forøge Vanskelighederne og Usikkerheden ved Tydningen af de vundne Resultater. Vi maa følgelig tage Afstand fra en saadan Plan.

Naar man ikke kan indrette Respirationskammeret til Forsøg med flere Køer paa een Gang, tror vi, at Prof. *Krogh* vil være enig med os i, at Fodring og Malkning helst maa foregaa udefra, da der vil indføres for store Fejl ved, at man lader en Mand enten gaa ind i Respirationskammeret eller opholde sig der inde hele Tiden. Naar Professoren om de Anordninger, vi har truffet for at opnaa en saadan Fodring og Malkning, udtaler, at Opgaverne er løst paa en tilfredsstillende Maade, kan en saadan Anerkendelse selvfølgelig kun glæde os. At Apparaterne kan komme i Uorden og bringe Forsøg til at gaa tabt, har Pro-

fessoren naturligvis Ret i, men hvilke Apparater kan ikke det? Naar Prof. *Krogh* imidlertid derefter skriver: »De (d. v. s. Apparaterne til Fodring og Malkning udefra) medfører endvidere, at Perioderne for Fodringsforsøg og Respirationsforsøg ikke kommer til at dække hinanden, da man kun kan have Koen i Respirationsapparatet en begrænset Del af Forsøgstiden«, maa vi tilstaa, at vi ikke ganske forstaar Professorens Mening, idet vi ikke kan se nogen Sammenhæng mellem disse Ting. Saaledes som vi har planlagt og udført vore Forsøg, strækker Forsøgsperioden sig over 5—6 Uger, indbefattet en Forperiode paa ca. 2 Uger; i Hovedperioden, 3—4 Uger, opholder Dyret sig ialt 4×2 Døgn i Respirationskammeret, og hver Gang anstilles der Respirationsforsøg i 2 fulde Døgn, altsaa i 48 Timer uden Afbrydelse, ganske uafhængigt af Fodring og Malkning, der foregaar til bestemte Tider uden Afbrydelse af Respirationsforsøget. Der vil intet være til Hinder for at anstille adskilligt flere Respirationsforsøg indenfor den angivne Forsøgstid, men vi mener ikke, at der er Anledning til det, naar de 4×2 Døgn er fordelt over Forsøgsperioden, saaledes som angivet udførligt i Beretningen.

At gaa yderligere ind paa en Drøftelse af Enkeltheder finder vi ikke Anledning til. Det vil formentlig fremgaa med tilstrækkelig Tydelighed af det ovenfor fremførte, at de af Prof. *Krogh* fremsatte Indvendinger væsentlig skyldes Misforstaaelser, dels af den foreliggende Opgave, dels af Enkeltheder ved Apparatet, og at de af Professoren fremsatte Forslag til Ændringer i Apparatet og Teknik ikke betyder nogen Forbedring.

Til Slutning finder vi Anledning til at udtale, at vi selvfølgelig til enhver Tid er rede til at forevise Respirationsapparatet for Prof. *Krogh*, hvis han vil aflægge Laboratoriet et Besøg, ligesom vi er rede til at besvare eventuelle Forespørgsler og Henstillinger fra Professoren, selv om disse ikke fremsættes offentligt.