

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN.

Over het wezen der vetbolletjes-agglutinatie. De agglutinatie der vetbolletjes en hunne electrische lading.

DOOR

H. A. SIRKS.

Ingezonden 4 Februari 1924.

Toen een vorig onderzoek ¹⁾ had uitgemaakt, dat de oprooming der melk in de allereerste plaats een gevolg is van de samenballing der vetbolletjes en van de opstijging der gevormde complexen en dat het verloop van dit oproomingsproces wordt beheerscht door de snelheid waarmee deze agglutinatie tot stand komt, deed zich verder de vraag voor, hoe men zich het verloop van dit laatste proces moet voorstellen en door welke factoren het wordt beheerscht.

Als een der mogelijkheden werd toen geopperd, dat de electrische lading, welke, zooals reeds lang bekend is, aan de vetbolletjes inhaerent is, bij hunne samenballing eene rol zou spelen. Het is toch uit tallooze proefnemingen ²⁾ gebleken, dat de electrische lading van microscopische en ultra-microscopische deeltjes in hoog gedispergeerde systemen, als emulsies en colloïdale oplossingen, de agglutinatie der deeltjes kan beletten, terwijl in vele gevallen een geheel of gedeeltelijke opheffing dier lading eene samenballing der gedispergeerde stof tengevolge heeft. Ook de onderzoekingen over een met de oprooming in menig opzicht analoog verschijnsel, namelijk de onder bepaalde omstandigheden versnelde sedimenteering van roode bloedlichaampjes ³⁾, hadden

¹⁾ VAN DAM en SIRKS, onderzoekingen over de oprooming volgens het Friesche systeem. Versl. van Landbouwk onderz. der Rijkslandb. proefst. XXVI blz. 106.

²⁾ Zie o. a. ELLIS, Zeitschr. f. Physik. Ch. Bd. 78, 80 en 89.

POWIS, Zeitschr. f. Physik. Ch. Bd. 89, blz. 186.

KRUIT en VAN ARKEL, Rec. des Trav. Ch. XL pag. 169 of Koll. Zeitschr. 82 blz. 29.

³⁾ Zie o. a. SCHWIJZER, Bioch. Z. 60 blz. 297.

FÄHRÆUS, Bioch. Z. 89 blz. 355 en Acta Medica Scandinavica LX blz. 1.

HÖBER u. Mond. Klin. Wochenschr. I 2412.

2100556

tot resultaat, dat velen de lading dier bloedcellen als een hoofdfactor bij het optreden der verschillende sedimenteeringsnelheid hebben beschouwd.

Vooraf ook deze laatste onderzoeken gaven mij aanleiding om nu bij de vetbolletjes in de melk eens na te gaan, of misschien het in bepaalde gevallen zoo sterk uiteenlopend agglutinatievermogen ook met groote verschillen in de lading der vetbolletjes gepaard zou blijken te gaan.

Bij dergelijke onderzoeken over de lading bepaalt men doorgaans niet deze grootte zelf doch de daarmee evenredige grensvlakpotentiaal, d. i. een electrisch potentiaalverschil, dat aan het oppervlak van bijv. in water fijn verdeelde, onoplosbare stoffen optreedt en dat zich o. a. manifesteert door de verplaatsing der deeltjes in eene bepaalde richting, de „kataphorese”, wanneer door middel van een paar in de vloeistof aangebrachte electroden een potentiaalverschil wordt aangelegd.

Deze grensvlakpotentiaal kan met behulp van eene eenvoudige formule, volgende uit de theoretische beschouwingen van PERRIN en VON SMOLUCHOWSKI¹⁾ worden berekend. Deze formule is:

$$E = \frac{4\pi\eta V}{HD}$$
, waarbij E de grensvlakpotentiaal en V de kataphoretische snelheid, welke bij het aanleggen van een potentiaalverschil H per c.M. tusschen twee in de vloeistof gedompelde electroden aan de deeltjes wordt medegedeeld, voorstelt en met η de viscositeit, met D de dielectriciteitsconstante wordt aangeduid. Hiervan zijn H en η gewoonlijk bekend of gemakkelijk te bepalen, terwijl ook D voor water en voor verdunde oplossingen wel bij benadering bekend is; waar het dus vooral op aankomt is de bepaling der snelheid V.

Voor de meting hiervan scheen voor mijn doel wel het meest geschikt de microscopische methode, welke KRUYT en VAN ARKEL²⁾ voor de bepaling der grensvlakpotentiaal der deeltjes van het seleen-sol hebben toegepast.

Wegens de betrekkelijk groote afmetingen der onderzochte vetbolletjes was het niet noodig van een paraboloïd-condensor gebruik te maken en kon de cuvette, waarin de kataphoretische verplaatsing der vetbolletjes moest gemeten worden, iets eenvoudiger van constructie zijn. Ze bestond uit een glazen kamertje, verkregeu door op een objectglas eenige reepjes dun glas op eenigen afstand van elkaar te bevestigen en de zoo ontstane H-vormige ruimte door een derde laag van glazen plaatjes af te dekken. De electroden, welke van zilver waren en bedekt met een dun laagje chloorzilver om gasontwikkeling te voorkomen, werden in de evenwijdige gedeelten der cuvette aangebracht, terwijl in het verbindingsstuk der electrodenruimten

¹⁾ Graetz, Handb. der Elektrizität, Bd. II, blz. 331.

²⁾ van Arkel, Uitvlokkingssnelheid van het seleen-sol. Prelechrift 1920, blz. 60.
Kruyt en van Arkel, Koll. Zeitschr. 32, blz. 29.

de beweging der vetbolletjes onder de microscoop werd nagegaan. De hoogte van het kamertje bedroeg iets minder dan 1 m.M.

Het spreekt wel van zelf, dat voor deze metingen geen volle melk gebruikt kon worden, daar hierin de vetbolletjes veel te talrijk zijn en bovendien door hun agglomeratie en snelle opstijging tegen het dekglas der cuvette, dit spoedig ondoorzichtig zouden maken; de metingen werden daarom verricht met door centrifugeeren ontroomde melk. Hierin bevinden zich nog genoeg kleine vetbolletjes van $\pm 2 \mu$ (= 0,002 m.M.) diameter, die juist wegens hunne uiterst langzame opstijging voor de waarnemingen zeer geschikt zijn. De met ontroomde melk gevulde cuvette werd zoodanig op de objecttafel van den microscoop bevestigd, dat zij in twee onderling loodrechte richtingen verplaatsbaar was. In het oculair bevond zich een micrometerplaatje met eene schaalverdeeling, waarvan, bij de omstandigheden waaronder gewerkt werd, 1 schaaldeel met $3,20 \mu$ overeenkwam. Met behulp van een stophorloge werd nu telkens nagegaan in hoeveel seconden een bepaald vetbolletje zich, nadat de stroom was gesloten, over 20 schaaldeelen van den micrometer, overeenkomend met 64μ , verplaatste, wat door omkeering van den stroom ook telkens in de andere richting werd bepaald. Hieruit werd berekend, hoeveel μ 's per sec. de snelheid van het bolletje bedroeg.

Nu is deze waargenomen snelheid echter niet de ware kataphoretische verplaatsingssnelheid der bolletjes ten opzichte der ondermelk, want deze geraakt zelf in strooming door de capillair-electrische („endosmotische”) verplaatsing der onmiddellijk aan de glaswanden grenzende vloeistoflagen. De intensiteit van deze vloeistofstrooming is op verschillende hoogten van de cuvette niet gelijk. Voor de berekening der ware kataphoretische snelheid V der vetbolletjes zijn nu minstens twee waarnemingen op verschillende en bekende diepten van de cuvette noodzakelijk, waarbij dus gezorgd moet worden, dat de afstand der onderzochte vetbolletjes van den bodem bekend is, wat met behulp van den microscoop-micrometerschroef met verdeelden kop kon worden verwezenlijkt. Deze snelheidsmetingen, telkens bij 5 à 10 verschillende melkvetbolletjes op ieder niveau, werden verricht: juist in het midden tusschen bodem en bovenkant der cuvette en op $\frac{2}{7}$ en $\frac{5}{7}$ der hoogte; door combinatie van elk dezer laatste waarnemingen met die op halve hoogte werden twee theoretisch gelijkwaardige uitkomsten verkregen, waarvan het gemiddelde werd genomen.

Voor de berekening der ware snelheid V uit de schijnbare werden de volgende eenvoudige betrekkingen afgeleid: Noemen we V_x de waargenomen snelheid der vetbolletjes op den afstand x van den cuvettebodem, waarbij x het getal aangeeft op welk gedeelte van de vloeistofhoogte de waarneming geschiedt; v_x de snelheid, waarmee de vloeistof op de hoogte x zich beweegt en v_0 de vloeistofsnelheid onmiddellijk aan den glaswand, dan is volgens SMOLUCHOWSKI

$v_x = v_0 \{1 - 6(x - x^2)\}$, zoodat daar $V_x = V + v_x$, waarbij v_x positief of negatief kan zijn: $V_x = V + v_0 \{1 - 6(x - x^2)\}$ (I)

Voor vetbolletjes op halve cuvette-hoogte, dus als $x = \frac{1}{2}$ wordt dit $V_{\frac{1}{2}} = V - \frac{1}{2} v_0$ (II)

terwijl voor $x = \frac{2}{7}$ en voor $x = \frac{5}{7}$ form. I overgaat in:

$V_{\frac{2}{7}} = V^{\frac{2}{7}} = V - \frac{1}{49} v_0$ (III)

Door (II) van (III) af te trekken vinden we na herleiding:

$$v_0 = \frac{V^{\frac{2}{7}} - V_{\frac{1}{2}}}{0,276} \text{ en } v_0 = \frac{V^{\frac{5}{7}} - V_{\frac{1}{2}}}{0,276}$$

waaruit in verband met vergelijking II volgt voor de ware snelheid:

$$V = 1,81 V^{\frac{2}{7}} - 0,812 V_{\frac{1}{2}} \text{ IV A}$$

$$V = 1,81 V^{\frac{5}{7}} - 0,812 V_{\frac{1}{2}} \text{ IV B}$$

Met behulp van een dezer laatste formules kan dus reeds uit twee waarnemingen, namelijk op halve hoogte en op $\frac{2}{7}$ of $\frac{5}{7}$ der hoogte de ware snelheid worden berekend.

Een voorbeeld moge dit nader aantonen.

Van centrifugemeik, verkregen van melk van een groot aantal koeien der Proefzuivelboerderij, werd een weinig in de cuvette gebracht en op $\frac{5}{7}$ der hoogte de verplaatsingssnelheid van een aantal vetbolletjes onder invloed van een door 4 accumulatoren opgewekt potentiaalverschil gemeten. Zoo verplaatste zich bijv. een vetbolletje over een afstand van 64 micron in 30 sec. van links naar rechts en na omkeering van den stroom in 31 sec. van rechts naar links. De snelheid bedroeg dus resp. 2,13 en 2,07 micron, gemiddeld 2,10 μ per sec. Zoo werden nog 5 andere vetbolletjes op deze hoogte onderzocht; het gemiddelde resultaat van deze 6 paar metingen was $V^{\frac{5}{7}} = 2,07$ per sec. Hetzelfde werd voor 8 vetbolletjes op halve hoogte uitgevoerd en als gemiddelde snelheid gevonden $V_{\frac{1}{2}} = 2,77$ μ per sec.

Op $\frac{2}{7}$ der cuvette-hoogte werd gevonden gemiddeld $V^{\frac{2}{7}} = 2,17$ μ , dus iets meer dan op $\frac{5}{7}$ der hoogte; dit moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan eene kleine onregelmatigheid in de symmetrische ligging der electroden of aan geringe verschillen in ladingstoestand der glaswanden. Met behulp van de formules IV A en IV B vinden we uit de voor de schijnbare snelheden $V^{\frac{5}{7}}$, $V_{\frac{1}{2}}$ en $V^{\frac{2}{7}}$ gevonden cijfers voor de ware kataphoretische snelheid der vetbolletjes van de gemengde melk:

$$V = 1,81 \times 2,17 - 0,812 \times 2,77 = 1,63 \mu \text{ per sec. en}$$

$$V = 1,81 \times 2,07 - 0,812 \times 2,77 = 1,50 \mu \text{ per sec.,}$$

dus gemiddeld $V = 1,59$ μ per sec.

Op deze wijze werd nu in dezelfde cuvette voor eenige monsters gemengde melk en voor een aantal slecht en goed oproomende melken van afzonderlijke koeien de snelheid V bepaald onder gelijke omstandigheden van temperatuur en electroden spanning.

De uitkomsten werden in bijgaande tabel I vereenigd.

Tabel I.

Proefnummer.	Onderzochte melk.	V ^{2/7}	V ^{6/7}	V ^{1/2}	V	Opmerkingen.
		in μ 's per sec.				
1	Gemengd oud- en nieuwmelksch .	2,17	2,07	2,77	1,59	Bij al deze proeven was de electroden-spanning 8,4 volt, de afstand der electroden $\pm 2,5$ c.M. en de temperatuur 17 ^o à 18 ^o . Voor No. 6 was de uitvloeitijd van den viscosimeter bij 17 ^o ,5: 126 sec., voor No. 7: 124 sec. Idem voor No. 9: 133 sec. voor No. 10: 126 sec.
2	Idem, 2 dagen later gemolken . .	1,93	2,20	2,65	1,59	
3	Gemengd nieuwmelksch	1,84	1,88	2,52	1,32	
4	Gemengd oud- en nieuwmelksch .	2,13	—	2,99	1,43	
5	Idem, 10 dagen later gemolken . .	2,19	2,11	3,01	1,45	
6	Slecht opr. melk van koe No. 12 .	2,29	2,55	3,27	1,73	
7	Goed " " " " No. 32 .	2,29	2,02	2,96	1,50	
8	Slecht " " " " No. 4 .	2,31	2,06	2,87	1,63	
9	Goed " " " " No. 1 .	2,19	2,25	2,77	1,77	
10	Slecht " " " " No. 25 .	2,15	2,07	2,82	1,53	
11	Slecht " " " " No. 4 .	2,27	2,02	2,85	1,57	

Reeds bij eene globale beschouwing van de in tabel I voor de kataphoretische snelheid V gevonden waarden, valt direct op, vooral bij de laatste zes monsters, dat de verschillen in V zoo gering zijn, terwijl de oproomgraden zeer uiteenloopen. Verder blijkt dat V bij slecht oproomende melk nu eens iets hooger, dan weer iets lager is dan bij goed oproomende melk, waaronder we de gemengde melken ook wel mogen rangschikken. Een vaste regel schijnt er dus niet te bestaan; van een bepaald verband tusschen den oproomgraad en V is geen sprake.

Daar, zooals we zagen, $E = \frac{4\pi\eta V}{HD}$, kunnen we veilig aannemen, dat de conclusie die we zoo juist voor V hebben getrokken ook wel voor E zal gelden, daar deze grootheid, behalve door V, slechts wordt bepaald door factoren, welke voor de verschillende soorten melk van tabel I dezelfde zijn of slechts zeer weinig zullen uiteenloopen.

Alleen voor de viscositeit η is nog eenig verschil bij oud- en nieuwmelksche melk te verwachten; zooals uit de in de tabel vermelde cijfers voor den uitvloeitijd blijkt, zijn deze verschillen niet van dien aard, dat daardoor de waarde van E belangrijk zou kunnen worden gewijzigd. Het resultaat van de in tabel I vermelde proeven pleit dus niet voor eenig verband tusschen den oproomgraad en de grensvlakpotentiaal of de daarmee evenredige lading der vetbolletjes. Alleen wanneer bij de goed oproomende melken de V steeds veel kleiner was gevonden dan bij de slecht oproomende monsters, zou er aanleiding geweest

zijn te vermoeden, dat een kleine grensvlakpotentiaal en lading der bolletjes de oorzaak zou zijn van hun gemakkelijker samenballing met als gevolg een goede oprooming. Zooals de cijfers van tabel I uitwijzen, is de V der doorgaans goed oproomende gemengde melken en van de goed oproomende melken der afzonderlijke koeien volstrekt niet als regel kleiner dan de V der slecht oproomende melken.

Vroeger¹⁾ is reeds aangetoond, dat wanneer bij normaal oproomende gemengde melk eene geringe hoeveelheid melkzuur werd gevoegd, de oproomgraad hierdoor aanzienlijk verlaagd werd tengevolge van eene sterk verminderde agglutinatie der vetbolletjes. Wanneer dit verklaard zou kunnen worden door eene vermeerdering der lading en der grensvlakpotentiaal der vetbolletjes, dan zou dat, in aanmerking genomen het gelijk blijven der viscositeit, ook moeten blijken uit eene sterke verhooging der kataphoretische snelheid bij de vetbolletjes der aangezuurde melk. Zooals uit de proefnummers 12 en 13 van tabel II blijkt, is van zulk eene verhooging van V , niettegenstaande een flinke verlaging van den oproomgraad, geen sprake; integendeel, de V wordt eer iets verlaagd.

Tabel II.

Proefnummer	Onderzochte melk.	$V^{2/7}$	$V^{5/7}$	$V^{1/2}$	V	Opmerkingen.
		in μ 's per sec.				
12a	Gemengde melk + 5 pct. water	2,16	1,97	2,87	1,57	Oproomgraad 50,5.
12b	Dezelfde melk + 5 pct melkzuur opl. 2)	1,87	1,56	2,08	1,33	" 17,8.
13a	Gemengde melk + 5 pct. water	2,24	1,97	3,08	1,31	" 63,6.
13b	Dezelfde melk + 5 pct. melkzuur opl. 2)	1,83	1,72	2,46	1,22	" 32,1.
14a	Slechtoproomendemelk + 7,5 pct. water	2,21	2,39	2,97	1,75	" 59.
14b	Dezelfde melk + 7,5 pct tragac. opl.	2,42	2,42	3,06	1,90	" 85.
15a	Slechtoproomende melk + 7,5 pct. water	2,42	2,40	3,26	1,72	" 30.
15b	Dezelfde melk + 7,5 pct. tragac opl.	2,52	2,58	3,45	1,84	—

Ten slotte werd nog nagegaan of misschien de sterk bevorderende invloed van tragacanth op de oprooming, welke vroeger³⁾ eveneens was geconstateerd, ook met een verlaging der grensvlakpotentiaal en der kataphoretische snelheid gepaard gaat.

Uit de proefnummers 14 en 15 van tabel II blijkt, dat de tragacanth-toevoeging geen verlaging doch eene geringe verhoging van V tengevolge had, hetgeen met de grensvlakpotentiaal, die evenredig is aan de viscositeit (welke door de tragacanth-

1) Versl. Landtk. Onderzoek. der Rijkslandb. proefst. XXVI, bl. 149.

2) 15 cc norm. melkzuur werd met water tot 50 cc verdund en dit bij 950 cc melk gevoegd.

3) Ibidem, blz. 111.

toevoeging vrij belangrijk stijgt), in nog sterker mate het geval zal zijn.

Evenmin als de resultaten der snelheidsbepalingen van tabel I, met goed en slecht oproomende melk, geven de uitkomsten van het onderzoek over den invloed van melkzuur en tragacanth op de snelheid der vetbolletjes-kataphorese aanleiding om een enigszins belangrijken invloed van de lading der melkvetbolletjes op hunne agglutinatie, en dus op de oprooming der melk, waarschijnlijk te achten. Blijkbaar moet de voornaamste oorzaak van het zoo uiteenlopende agglutinatievermogen der vetbolletjes in andere richting worden gezocht.

Wanneer we de voor de kataphoretische snelheid der melkvetbolletjes verkregen cijfers vergelijken met die, welke door anderen voor de deeltjes van emulsies en colloïdale oplossingen zijn gevonden, dan zien we het volgende:

De door FREUNDLICH in een tabellarisch overzicht¹⁾ gegeven cijfers voor allerlei negatief geladen deeltjes, betrekking hebbend op de kataphoretische snelheid u bij een potentiaalverval van 1 volt per c.M., zijn allen gelegen tusschen 2,0 en 5,8 μ per sec.; zoo vond POWIS voor een olie-emulsie van zeer geringe concentratie in water: $u = 3,2 \mu$, terwijl ELLIS²⁾ daarvoor gemiddeld 3,7 μ heeft gevonden. In den laatsten tijd werd door KRUYT en VAN ARKEL³⁾ de snelheid der deeltjes van een seleensol bepaald, hierbij was $u = 2,9 \mu$ per sec.

Volgens de hiervóór besproken tabel I was voor de door mij onderzochte melkvetbolletjes in gemengde oud- en nieuwmelksche melk gemiddeld voor V gevonden 1,52 μ per sec., namelijk voor een potentiaalverval van 8,4 volt per 2,5 c.M.; hieruit volgt bij 1 volt per c.M. $u = 0,45 \mu$ per sec., dus 7- à 8-maal zoo weinig als bijv. voor een olie-emulsie in water was gevonden. De vraag doet zich nu voor, wat daarvan de oorzaak is.

Wanneer we in de vroeger besproken formule $E = \frac{4\pi\eta V}{HD}$ de V door u vervangen, hebben we, daar dan $H = 1$, de betrekking $u = \frac{ED}{4\pi\eta}$.

Welke van de 3 veranderlijke factoren E, D en η zijn nu de oorzaak der lage u -waarde der melkvetbolletjes? Wat de viscositeit η betreft, deze is voor ontroomde melk ongeveer 1½-maal zoo groot als voor water; dit verklaart dus nog maar voor een klein gedeelte het lage cijfer voor de u der melk. Wat de dielectriciteitsconstante D aangaat, deze is voor melk, voor zover mij bekend, niet bepaald; waarschijnlijk is zij niet geheel dezelfde als die van eene olie-emulsie in water. Wel is in eenige

1) Freundlich, Kapillarchemie 1922, blz. 349.

2) Zeitschr. f. physik. Ch. 78, blz. 348.

3) Koll. Zeitschr. 22, blz. 91.

gevallen geconstateerd ¹⁾, dat colloïdaal opgelost eiwit de *D* van water verlaagt, terwijl ook bekend is ²⁾, dat verdunde zoutoplossingen doorgaans een iets hogere *D* hebben dan water. Het is dus niet te verwachten, dat in melk, waar deze beide factoren in tegengestelden zin invloed uitoefenen, de *D* zeer veel van die eener olie-emulsie of van water zal afwijken, zoodat ook in de *D* moeilijk de oorzaak kan gezocht worden van de zooveel malen kleinere waarde van *u* bij de melkvetbolletjes, doch veeleer in een sterk verlaagde waarde van den derden factor, de grensvlak-potentiaal *E*.

Inderdaad is het een bekend feit, dat de *E* van in water colloïdaal opgeloste of geëmulgeerde deeltjes door toevoeging van zouten in het algemeen sterk wordt verlaagd, zoodat we in de eerste plaats de melkzouten voor de lage *u*-waarde der vetbolletjes verantwoordelijk zullen moeten stellen.

In de tweede plaats komt dan pas de invloed der grootere viscositeit, terwijl ook aan de *D*-verlagende invloed der eiwitstoffen misschien eenige beteekenis is toe te kennen.

De aannemelijkheid van deze veronderstellingen kon nog op de volgende wijze door eenige metingen op de proef worden gesteld.

Uitgegaan werd van eene uiterst verdunde emulsie van zuiver botervet in water; hiervan kon verwacht worden, dat de snelheid *u* der vetdruppeltjes weinig zou verschillen van die eener olie-emulsie, waarvoor door ELLIS en POWIS resp. 3,7 en 3,2 μ per sec. was gevonden. Het leek mij daarbij gewenscht, teneinde een goed vaststaand uitgangspunt te hebben en tevens de waarde van de door mij gebezigde methode op de proef te stellen, om volgens deze methode ook eens de *u*-waarde van eenige olie-emulsies te bepalen. Deze werden verkregen door krachtig schudden van enkele druppels zuurvrije minerale olie in gedestilleerd water en filtreren door een hard filter om de grootere druppels terug te houden.

Een zevental bepalingen werden met emulsies van centrifuge-olie verricht en als gemiddelde waarde voor *u* gevonden 3,2 μ per sec. (de hoogste waarde was 3,45 μ , de laagste 3,05 μ per sec.). Vervolgens werden 3 bepalingen gedaan met eene emulsie van minder zuivere, niet zuurvrije centrifuge-olie, die eenige malen met water werd gewasschen en toen in gedestilleerd water geëmulgeerd. Het gemiddelde resultaat was $u = 2,7 \mu$, dus merkbaar lager, waarschijnlijk door sporen achtergebleven zuur. Tenslotte werden nog 4 metingen verricht met emulsies van een zuurvrije motorolie (herhaaldelijk gewasschen) in gedestilleerd water van eene zuiverheid als voor geleidbaarheidsmetingen wordt vereischt. Bij deze metingen werd eene nieuwe cuvette gebruikt van ongeveer dezelfde afmetingen als de vorige. Als gemiddelde

¹⁾ R. KELLER. *Bioch. Zeitschr.* 115, blz. 114 en 186 blz. 163.

²⁾ GRAETZ. *Handbuch der Elektr.* Bd. I, blz. 231.

werd hiermee gevonden $u = 3.3 \mu$ per sec. (uitersten $u = 3.1 \mu$ en 3.5μ), dus vrij wel hetzelfde als voor de eerste olie-emulsie met de andere cuvette en ook als door POWIS met zijne eenigszins afwijkende methode was gevonden.

Vervolgens werd hetzelfde gedaan met een emulsie van door herhaald uitschudden met water gezuiverd botervet in gedestilleerd water. De gemiddelde waarde van 3 weinig uiteenlopende bepalingen was $u = 2.8 \mu$, welke waarde tusschen de voor niet geheel zuurvrije en de zuurvrije mineraalolie-emulsies gevonden cijfers in ligt. Daar voor de vetbolletjes in de melk gemiddeld $u = 0.45 \mu$ was gevonden, blijkt nu duidelijk, hoezeer het milieu, waarin het van de melk afkomstige vet is geëmulgeerd, van invloed is op de waarde van u en de grensvlakpotentialiaal. De vraag was nu of zoowel de zouten alsook de andere bestanddeelen der melk, zooals de eiwitten, hierbij een belangrijke rol spelen.

Wat de invloed der melkzouten betreft, hierover kunnen we ingelicht worden, wanneer we eene 2de hoeveelheid van hetzelfde botervet als bij de vorige proef gebruikt, nu emulgeeren in eene vloeistof, die al de melkzouten bevat doch geen eiwit, en die verkregen kan worden door melk onder druk te filtreren door een z.g. „collodiumkaars”, een Chamberland-filtreerkaars, op bepaalde wijze met een collodiumhuidje overtrokken. Hierbij kan een geheel eiwitvrij „ultrafiltraat” worden opgevangen, dat geheel helder is en een lichtgroene kleur vertoont. Voor eene emulsie van botervet in zulk ultrafiltraat werd voor u gevonden: 1.17μ per sec.; voor 2 andere emulsies $u = 1.09 \mu$ en $u = 1.06$, gemiddeld 1.1μ per sec., welke snelheid, hoewel nog vrij wat grooter dan die voor melk ($u = 0.45 \mu$) reeds heel wat kleiner is dan de voor botervet in water gevonden waarde: $u = 2.8 \mu$ per sec. Het is dus wel zeer waarschijnlijk, dat aan de melkzouten een stuk verlagenden invloed op de kataphoretische snelheid der vetbolletjes toekomt.

Op soortgelijke wijze kon ook voor de melkeiwitten, althans voor een deel daarvan, de invloed worden nagegaan op de u -waarde eener botervet-emulsie. Daarvoor werd eene emulsie bereid van zuiver botervet in het filtraat van melk, gefiltreerd door een Berkefeld-filtreerkaars, welke het vet en een deel der eiwitten, in de eerste plaats caseïne, terughoudt. Deze emulsie onderscheidt zich dus alleen van de vorige, die in ultrafiltraat, door haar eiwitgehalte.

In een dergelijke botervet-emulsie in Berkefeldkaarsfiltraat met een stikstofgehalte van 76 m.gr. per 100 c.c., werd voor de vetbolletjes gevonden $u = 0.59 \mu$ per sec., een tweede keer 0.65μ per sec. In een andere emulsie met 60 m.gr. stikstof per 100 c.c. werd gevonden $u = 0.60 \mu$ en $u = 0.64 \mu$ per sec.

Deze cijfers zijn weer belangrijk lager dan voor de botervet-emulsies in eiwitvrij ultrafiltraat en beginnen de gemiddelde u -waarde van melk, namelijk 0.45μ reeds vrij dicht te naderen,

wat ook te verwachten was, nu de samenstelling der botervet-emulsie hoe langer hoe meer op die van melk begint te gelijken.

Uit deze laatste proeven volgt dus, dat waarschijnlijk ook de melk-eiwitten mede oorzaak zijn van de lage u -waarde der vetbolletjes in de melk.

Er is nog ééne omstandigheid, welke voor de uitvlokking van colloïdale oplossingen (solen) en emulsies in het algemeen en voor de agglutinatie der melkvetbolletjes in het bijzonder van buitengewone beteekenis is, en welke hier niet onbesproken moge blijven.

Het is namelijk de beschuttende werking, welke opgeloste eiwitten uitoefenen op de deeltjes van hydrophobe solen¹⁾ en emulsies, wanneer ze tegelijk met deze in de vloeistof aanwezig zijn, en die tengevolge heeft, dat bijv. eiwithoudende olie-emulsies of colloïdale goudoplossingen veel resistenter zijn tegen ontmenging, resp. uitvlokking, bijv. door zouten of andere electrolyten, dan gewoonlijk.

De grensvlakpotentiala en lading, welke zoo'n grooten rol spelen bij de uitvlokking van niet beschutte hydrophobe solen en emulsies, verliezen, naarmate die beschutting door de eiwitten min of meer volledig is, gedeeltelijk of geheel hunne beteekenis. Ook een zeer lage grensvlakpotentiala behoeft dan nog geen uitvlokking bij een sol tengevolge te hebben of geen ontmenging bij eene emulsie.

Bij de melk hebben we nu iets dergelijks. De beschuttende werking der melkeiwitten, waarvan een deel op het oppervlak der vetbolletjes is geadsorbeerd²⁾, veroorzaakt, dat deze niet samenvloeien tot grootere druppels, niettegenstaande de lage grensvlakpotentiala³⁾, die aan de melkvetbolletjes blijkens hunne geringe kataphoretische snelheid toekomt, en welke bij eene olie-emulsie zonder beschuttende stoffen vrij spoedig tot eene opheffing van den geëmulgeerden toestand zou leiden⁴⁾.

1) Hydrophobe solen zijn colloïdale oplossingen van stoffen, die ook in fijn verdeelden toestand geen water opnemen, zooals metalen en minerale oliën, in tegenstelling met hydrophile solen, zooals colloïdale oplossingen van caseïne en gelatine, waarvan de deeltjes veel verwantschap hebben voor water en gemakkelijk gehydratiseerd worden.

2) WIEGNER, Koll. Zeitschr. XV, 118.

VAN DAM en SIRKS, Versl. v. Landbk. onderz. der Rijkslandb. proefst. XXVI, 143.

3) De grensvlakpotentiala E in melk is, wegens de onbekendheid harer diëlectriciteitsconstante D niet nauwkeurig te berekenen; nemen we aan dat deze niet veel van de D van water verschilt (zie hiervóór op blz. 143) dan zouden we volgens het voorgaande de E van melk aldus kunnen berekenen: Als E en H in volts worden uitgedrukt is $u =$

$$\frac{E H D \times \left(\frac{1}{300}\right)^2}{4 \pi \eta}, \text{ dus } E = \frac{4 \pi \eta u \times 9 \times 10^4}{H D} = \frac{4 \times 8,1416 \times 0,018 \times 0,45 \times 10,4 \times 9 \times 10^4}{1 \times 81}$$

$= 0,011$ volt, terwijl voor de E van negatief geladen deeltjes van coll. opl. of emulsies als regel steeds waarden tusschen 0,030 en 0,080 volt zijn gevonden. (Freundl. Kapillair-chemie 1922, blz. 349).

4) Powis, Zeitschr. f. Physik. Chemie 89, blz. 186.

Inderdaad leert het microscopisch onderzoek, dat van een samen-vloeien der vetbolletjes in de melk geen sprake is. Wel is waargenomen ¹⁾, dat de vetbolletjes zich kunnen aaneenvoegen tot oppervlakkig samenhangende complexen, welke bij de oprooming een belangrijke rol spelen. Deze samenhang is zóó los, dat reeds door overgieten der melk de complexen weer uiteenvallen, vooral wanneer de melk eerst op 40° wordt verwarmd. Het agglutinatie-proces, dat in de melk plaats heeft, is blijkbaar van geheel anderen aard dan de opheffing van den geëmulgeerden toestand eener hydrophobe emulsie, zooals van olie in water of dan de uitvlokking van een metaalsol, welke processen, in tegenstelling met het eerste, grotendeels niet-omkeerbaar zijn en door de grensvlakpotentiaal en lading der deeltjes worden beheerscht. Het behoeft ons dan ook niet te verwonderen, dat bij de hier-vóór beschreven proeven niets gebleken is van eenig verband tusschen de kataphoretische snelheid der vetbolletjes en de agglutinatie daarvan.

Voor eene eenigszins aannemelijke verklaring van de verschillende neiging tot samenballing der vetbolletjes, die er blijkens de zoo uiteenlopende oproomgraden van verschillende melken bestaat, schijnt het ook niet noodzakelijk aan den ladingstoestand der vetbolletjes zulk een invloed toe te kennen en zijn er andere mogelijkheden denkbaar. We kunnen ons bijv. voorstellen, dat er in goed oproomende melk één of meer stoffen voorkomen van zoodanigen aard, dat wanneer zij door de vetbolletjes op hun oppervlak worden geadsorbeerd, zij aan de omhullende laagjes der vetbolletjes, mede door den geconcentreerden toestand, waarin dergelijke geadsorbeerde stoffen daarin voorkomen, zulk een hooge taivloeibaarheid verliezen, dat daardoor de samenballing der vetbolletjes gemakkelijker tot stand komt. Omgekeerd zou het ontbreken van zulke stoffen de oorzaak kunnen zijn van het niet of gebrekkig agglutineeren der vetbolletjes en het uitblijven van een behoorlijke roomlaag binnen den normalen oproomtijd. De bevorderende werking van tragacanth en andere slijmstoffen op de oprooming zou op dergelijke wijze kunnen verklaard worden.

Eene andere mogelijkheid zou zijn, dat op analoge wijze als door HERZFELD en KLINGER ²⁾ voor hydrophile colloïden wordt aangenomen en door STARLINGER ³⁾ ter verklaring der suspensie-stabiliteit der roode bloedlichaampjes waarschijnlijk wordt geacht, de omhullende eiwithoudende laagjes der vetbolletjes van slecht oproomende melk door adsorptie van eventueel in de melk aanwezige stoffen in zeer fijn verdeelden, colloïdalen, toestand, bijv. eiwitsplitsingsproducten met sterk waterbindend vermogen, een z.g. waterige polypeptiedzône kunnen vormen, welke hunne samenballing tegenwerkt. Men kan zich verder voorstellen, dat

¹⁾ Rahn, „Forschungen“ 1921, blz. 176.

VAN DAM en STRAUS, t. a. p. blz. 168.

²⁾ Bioch. Zeitschr. Bd. 83, blz. 44, 237.

³⁾ Bioch. Zeitschr. Bd. 114, blz. 129.

de min of meer krachtige ontwikkeling van zulk eene zône afhankelijk is van andere aanwezige of toegevoegde stoffen, die in staat zijn om de genoemde splitsingsproducten nog sterker te adsorbeeren dan de vetbolletjes, zoodat dan rondom deze geen goed beschuttende polypetiedzône kan gevormd worden en, zooals in de meeste gevallen, samenballing der vetbolletjes optreedt.

Hoe dit ook zij, in elk geval schijnt het aannemelijk, dat bij melken met zeer uiteenloopenden oproomgraad de aard en hoeveelheid der in de melk voorkomende stoffen, welke in aanmerking komen zelf op de vetbolletjes geadsorbeerd te worden of wel de adsorptie van bepaalde stoffen op de vetbolletjes kunnen tegengaan, beslissend zal zijn voor het al of niet aanéengekoppeld blijven der vetbolletjes na hunne onderlinge aanraking tengevolge der Brownsche beweging, en dus ook voor de snelheid der „trossvorming”, welke voor de oprooming van overwegend belang is.

De uitkomsten van het hiervóór beschreven onderzoek, waarbij gebleken is, dat de electriche grensvlakpotentialiaal der vetbolletjes in de melk in elk geval slechts van zeer ondergeschikt belang kan zijn voor de oprooming, maken de aannemelijkheid des te grooter, dat het verschillende agglutinatievermogen der melkvetbolletjes wel in de eerste plaats door dergelijke adsorptievervalsing¹⁾, als bovenbedoeld, zal verklaard moeten worden.

Tenslotte moge in verband met het voorgaande nog het een en ander worden gezegd over het in vele opzichten met de samenballing der vetbolletjes in de melk analoge verschijnsel, namelijk de agglutinatie der roode bloedlichaampjes van het bloed buiten het lichaam. Men heeft de hierbij waargenomen groote verschillen der intensiteit van samenballing aanvankelijk vrij algemeen toegeschreven aan de wisselende lading der bloedcellen en het was dan ook deze opvatting, welke onder meer aanleiding gaf tot het hiervóór meegedeelde onderzoek, wegens de mogelijkheid, dat bij de agglutinatie der vetbolletjes eveneens de lading een groote rol zou spelen, hetgeen echter niet het geval is gebleken.

Voor het agglutinatievraagstuk der roode bloedlichaampjes zijn vooral belangrijk de in de laatste jaren door FÄHRÆUS en door HÖBER en zijne medewerkers en enkele anderen gedane onderzoekingen²⁾ over den invloed der plasmabestanddeelen van het bloed op de samenballing en de bezinkingssnelheid der roode bloedcellen. Over het resultaat dezer proeven zijn allen het wel in dit opzicht eens geworden, dat de agglutinatie het meest door fibrinogeen wordt bevorderd en dat verder alle factoren, welke eene relatieve vermeerdering der globulinefractie ten opzichte der albuminefractie tengevolge hebben, ook eene vermeerderde agglutinatie der bloedcellen veroorzaken. Minder goed stemmen

¹⁾ Zie ook: Versl. v. Landbk. onderz. XXVI, blz. 182.

²⁾ Zie het overzicht door Wiechman, Kl. Wochenschr. Bd. II, blz. 601.

de meeningen overeen over de wijze, waarop dit zou moeten worden verklaard.

HÖBER en zijne medewerkers ¹⁾ nemen aan, dat bij eene toename van het globuline het sterker negatief geladen albumine, dat op de bloedlichaampjes is geadsorbeerd door globuline wordt verdrongen met als gevolg eene verzwakking der negatieve lading der bloedcellen, hetgeen de agglutinatie daarvan zou bevorderen. Zij waren namelijk door hunne proeven tot de conclusie gekomen, dat eene verhoogde samenballing steeds gepaard gaat met eene verminderde electricische lading. Die ladingen der roode bloedcellen zijn echter door hen nooit langs directen weg bepaald door de kataphoretische snelheid en grensvlakpotentiaal te meten, op een dergelijke wijze als door KRUYT en VAN ARKEL voor het seleensol of door mij voor de melkvetbolletjes is uitgevoerd, doch steeds indirect door na te gaan, hoe hoog de concentratie van eene hoeveelheid toe te voegen lanthaanzout moest zijn, om de in eene isotonische zoutoplossing gesuspenderde bloedcellen van hun negatieve lading te berooven en juist positief om te laden; de vereischte concentratie aan lanthaan-ionen werd dan als een maat beschouwd van de oorspronkelijk aanwezige lading der bloedlichaampjes.

Nu bewijzen deze proeven m. i. alleen, dat de omlading in het eene geval door minder lanthaan plaats heeft dan in het andere, doch niet dat de oorspronkelijke lading in het eene geval ook kleiner geweest is; ook wanneer de ladingen oorspronkelijk gelijk waren zou door veranderingen, die zich aan het oppervlak der bloedcellen afspelen, bijv. onder invloed van verschillend groote globulinefracties, de omlading door lanthaan-ionen in het eene geval wel gemakkelijker plaats kunnen grijpen dan in het andere. Hiermee in overeenstemming is de meening van LINZENMEIER ²⁾, overigens een voorstander van de electricische verklaringswijze der agglutinatie, dat de oorspronkelijke electricische lading niet steeds de beslissende factor is voor de sedimenteering der roode bloedcellen, maar dat de toestand der omhullende geadsorbeerde laag voor eene eventueele gemakkelijke omlading door lanthaan-ionen van veel beteekenis is. Het is dus nog volstrekt niet uitgemaakt, dat de lading der roode bloedlichaampjes in hun natuurlijk milieu zoo veranderlijk zou zijn als HÖBER zich voorstelt.

FÄHRAEUS, die aanvankelijk ³⁾ eveneens het standpunt innam, dat eene vermeerderde agglutinabiliteit samenhang met eene verminderde lading der roode bloedcellen, is daarvan later ⁴⁾ teruggekomen en wel omdat hem gebleken was, dat de vroeger eveneens door hem toegepaste omladingsmethode met lanthaanzout, belangrijke bronnen van fouten in zich sloot, zoodat hij zijne

¹⁾ HÖBER u. Mond. Klin. Wochenschr. Bd. I, blz. 2412.

²⁾ LINZENMEIER Pf. Arch. 186, blz. 272.

³⁾ Bioch. Zeitschr. 39, blz. 355.

⁴⁾ Acta Medica Scand. Vol. LX, blz. 1.

vroegere conclusies niet kon handhaven. Wel acht hij ook na zijne nieuwste uitgebreide onderzoekingen het mogelijk, dat de elektrische lading niet geheel zonder belang is voor het agglutinatieproces, maar beschouwt nu zekere wijzigingen in den colloïdalen toestand der plasma-eiwitten als de hoofdoorzaak der verhoogde agglutinabiliteit der roode bloedcellen bij bepaalde toestanden van het individu. Van groote beteekenis schijnt hierbij volgens hem de relatieve hoeveelheid der verschillende plasma-eiwitten te zijn, doch overigens meent hij, dat er in deze kwestie nog veel overblijft, wat onopgehelderd is.

Ook STARLINGER¹⁾ is van meening, dat de capillair-electrische opvatting niet meer als grondslag kan dienen om de verschijnselen, die zich bij de agglutinatie voordoen, onder één gezichtspunt te vereenigen. Hij hecht meer aan de veronderstelling, dat, in overeenstemming met de HERZFELD en KLINGER'sche theorie, evenals om colloïdaal opgeloste eiwitdeeltjes ook om de roode bloedlichaampjes eene „polypeptiedzône" aanwezig zou zijn, die in normale omstandigheden de samenballing daarvan belemmert. Zoodra echter eene abnormaal groote hoeveelheid van weinig gedispergeerde eiwitstoffen, zooals fibrinogeen en globuline, de bloedcellen berooft van de op hun oppervlak geadsorbeerde polypeptieden, wordt volgens STARLINGER genoemde zône zoodanig gereduceerd, dat snelle samenballing der bloedlichaampjes het gevolg is. Inderdaad laat deze voorstellingswijze toe, in vele door STARLINGER onderzochte gevallen de verschijnselen op één zelfde wijze te verklaren.

HÖBER en zijne medewerkers²⁾ blijven ook na deze onderzoekingen van meening, dat de elektrische lading der bloedcellen de hoofdfactor is, ofschoon zij vermoeden, dat in de verschillende viscositeit der plasma-eiwitten, waardoor aan de oppervlaktelaag der roode bloedcellen een verschillende kleefkracht kan worden verleend, wel een der oorzaken van de verschillende agglutinabiliteit kan gelegen zijn.

Resumeerende kan dus gezegd worden, dat men in de laatste jaren grootendeels is teruggekomen van de meening, dat de wijziging van de elektrische lading der roode bloedlichaampjes uitsluitend of in hoofdzaak de factor zou zijn, die hun wisselend agglutinatievermogen onder normale en abnormale omstandigheden van het individu beheerscht, maar dat meer en meer de eigenschappen der plasma-eiwitten daarvoor aansprakelijk worden gesteld, zonder dat men over de wijze, waarop deze invloed wordt uitgeoefend, nog tot een volledig en overeenstemmend inzicht is gekomen.

Terwijl nu eenerzijds de door velen aanvankelijk sterk op den voorgrond geschoven ladingshypothese een der aanleidingen is geweest tot het hier meegedeelde onderzoek over de kataphorese

1) Bioch. Zeitschr. 114, blz. 129.

2) Klin. Wochenschr. I, 2412.

der vetbolletjes in de melk, geeft anderzijds het resultaat van dit onderzoek, waaruit de afwezigheid van een verband tusschen de electriche lading der vetbolletjes en hunne agglutinabiliteit is gebleken, aanleiding om een zoodanig verband bij de roode bloedlichaampjes in hun natuurlijk milieu minder waarschijnlijk te achten, hoewel hierbij natuurlijk niet uit het oog moet worden verloren, dat de physische en chemische structuur van vetbolletjes en bloedcellen uitermate verschillend is, niet het minst wat hun oppervlak betreft. Niet onmogelijk is bijv., om slechts één ding te noemen, dat de bekende selectieve ionenpermeabiliteit der roode bloedlichaampjes een factor is welke hun grensvlakpotentiala en lading belangrijk beïnvloedt, waardoor deze wellicht aan veel grooter veranderingen onderhevig zijn, dan bij de vetbolletjes der melk het geval is gebleken.

Maar in elk geval zijn er tusschen de verschijnselen der agglutinatie der bloedcellen en der melkvetbolletjes zoovele punten van overeenstemming, dat de vele biologisch-chemische onderzoekingen over de samenballing en de bezinkingsnelheid der roode bloedlichaampjes ongetwijfeld ook van belang geacht moeten worden voor de pogingen, om de moeilijkheden, die zich bij de verklaring van de samenballing der melkvetbolletjes en van het ooproomproces voordoen, tot oplossing te brengen.

Zoo is het niet onmogelijk, dat een dergelijke invloed als welke de samenstelling en de colloïdale toestand der bloedplasma-eiwitten schijnt te hebben, zou worden teruggevonden bij de eiwitten, welke in de melk voorkomen. Een onderzoek in deze richting schijnt hierom en ook met het oog op de kort geleden aan dit Proefstation verkregen resultaten der proeven over den invloed van bloedserum-globuline¹⁾ op de ooprooming der melk, niet ongewenscht te zijn.

Ueber die Agglutination der Milchfettkügelchen und ihre electriche Ladung.

(Kurze Zusammenfassung obiger Ausführungen).

Die ausgeführten Untersuchungen bezweckten zu entscheiden, ob die elektrische Ladung der Milchfettkügelchen ein wichtiger Faktor ist für die Aufrahmung der Milch.

Dieses war denkbar, da die mit der Aufrahmung eng verknüpfte Agglutination der Fettkügelchen, abhängig sein könnte von der Grösze ihrer elektrischen Ladung in ähnlicher Weise, wie man es wohl auch für die Agglutination der roten Blutkörperchen im Blute vorausgesetzt hat.

In dieser Absicht wurde bei einer Anzahl Milchmustern, mit sehr verschiedenem Agglutinationsvermögen der Fettkügelchen,

¹⁾ Versl. van Landbk. onderz. der Rijksl. proefst. XXIX, blz. 94.

die kataphoretische Geschwindigkeit letzterer, welche dem Grenzflächenpotential und der Ladung proportional ist, gemessen.

Diese Messungen wurden ausgeführt nach der „Cuvette-Methode“, indem unter dem Mikroskop von je einer Anzahl Fettkügelchen die Geschwindigkeit bestimmt wurde, mit welcher sie sich bewegten unter dem Einflusz eines angelegten Potentialunterschiedes zwischen zwei in die Milch eingeführten, mit Chlorsilber überzogenen, Silberelektroden.

Es zeigte sich, dasz die Unterschiede in der kataphoretischen Geschwindigkeit der Fetttropfchen der immer unter gleichen Umständen untersuchten Milchmuster sehr unbedeutend waren; die Kügelchen gut aufrahmender Milch hatten bald etwas gröszere, bald etwas niedrigere Geschwindigkeit als die Tropfchen schlecht aufrahmender Milch.

Auch wurde gefunden, dasz bei gut aufrahmender Milch, welche durch Zugabe von sehr wenig Milchsäure schlecht aufrahmend gemacht worden war, und bei anderer Milch, welche durch einen geringen Tragacanth-Zusatz von schlecht- in gut aufrahmender Milch verwandelt war, die kataphoretische Geschwindigkeit der Fettkügelchen nicht eine solche Abänderung erfuhr, als man hätte erwarten können, wenn die Agglutination der Fetttropfchen und deren elektrischen Ladung eng mit einander verknüpft wären.

Auf Grund dieser Messungen musz man es als sehr unwahrscheinlich betrachten, dasz die elektrische Ladung für die Agglutination der Milchfettkügelchen und für die Aufrahmung einigermaszen wichtig ist.

In Zusammenhang mit den erhaltenen Resultaten wurde die Frage erörtert, welche Faktoren als die Ursachen betrachtet werden müssen der so geringen kataphoretischen Schnelligkeit der Tropfchen in der Milch, nämlich im Mittel $\pm 0.45 \mu$ pro Sek. bei einem Potentialabfall von 1 Volt pro c.M., welcher Wert 7 à 8 Mal geringer ist als derjenige, welcher für eine Oelemulsion in Wasser gefunden wurde. Am wahrscheinlichsten schien es, dasz, angenommen bei der hohen Viscosität der Milch, die Ursache hiervon an erster Stelle bei dem unter dem Einflusz der Milchsalze bedeutend erniedrigten Grenzflächenpotential der Fetttropfchen gesucht werden sollte, indem als Nebenumstand eine durch die Milcheiweiskörper vielleicht etwas erniedrigte Dielektrizitätskonstante sich geltend machen konnte.

Diese Auffassung wurde gestützt durch die Ergebnisse einiger kataphoretischen Geschwindigkeitsmessungen, welche angestellt wurden mit einer Emulsion von reinem Butterfett in Wasser, im Vergleich mit den Messungen, welche an einer solchen Emulsion in eiweiszfreiem „Ultrafiltrat“ von Milch und auch an einer Butterfett emulsion in fettfreiem aber eiweiszhaltigem Milchfiltrat vorgenommen wurden. Während nämlich die Fettkügelchen der Butterfett emulsion in reinem Wasser eine Geschwindigkeit zeigten von $2,8 \mu$ pro Sek., ergab sich der erniedrigende Einflusz der Milchsalze auf die Ladung deutlich aus dem Werte $1,1 \mu$ pro Sek.,

welcher für die Fetttropfen in eiweissfreiem Milchfiltrat gefunden wurde. Ebenso wurde die Beeinflussung der Ladung durch die Milcheiweissstoffe wahrscheinlich durch den Befund, dass die Geschwindigkeitszahl für die Butterfett-emulsion in fettfreiem, aber eiweisshaltigem Milchfiltrat, sich weiter bis auf $0,6 \mu$ pro Sek. erniedrigte.

Die Aufmerksamkeit wurde gelenkt auf die grosse Bedeutung der Schutzwirkung, welche die an den Fettkügelchen adsorbierten Milcheiweissstoffe ausüben, wodurch, trotz der geringen elektrischen Ladung, das Zusammenfliessen der Kügelchen zu grösseren Tropfen, wie bei einer reinen Oel-emulsion in Wasser, verhindert wird. Die Agglutination der Fettkügelchen in der Milch ist ein umkehrbarer Prozess, dessen Wesen ein ganz anderes ist als die Aufhebung des Emulsionszustandes einer hydrophoben Emulsion, wie von Oel in Wasser, und als die Flockung eines Metallsols; die Agglutination wird nicht, wie die letztgenannten Vorgänge durch das Grenzflächenpotential und die Ladung beherrscht.

Die wesentliche Ursache des wechselnden Agglutinationsvermögens der Fetttropfen in der Milch ist noch nicht gefunden, aber durch die nunmehr nachgewiesene Abwesenheit eines Einflusses der elektrischen Ladung auf die Agglutination, wird eine schon früher gemachte Voraussetzung wieder etwas mehr hervorgehoben, und zwar diese, dass gewisse Adsorptionsvorgänge für die Agglutination von grosser Wichtigkeit sind, in dem Sinne, dass durch einen oder mehreren Stoffe, welche aus der Milch an die Fettkügelchen adsorbiert werden, die Viscosität der Oberflächenschichten der Tröpfchen und dadurch ihre Agglutinations-tendenz beträchtliche Aenderungen erfährt.

Schliesslich wurde eine kurze Erörterung gegeben des jetzigen Standes der Untersuchungen über die, mit der Komplexbildung der Milchfettkügelchen in mancher Hinsicht analoge Agglutination der roten Blutkörperchen im Blute. Die vielen diesbezüglichen Arbeiten der letzten Jahre sind auch für das Problem der Agglutination der Fetttropfen in der Milch und also auch für unsere Kenntnis des Aufrahmungsvorganges ohne Zweifel von grosser Wichtigkeit.

