RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE HOORN.

De invloed van de temperatuur en van het voeder op den physischen toestand van het melkvet

DOOR

DR. W. VAN DAM.

In de laatste jaren heeft de vraag naar de oorzaken van een te hoog watergehalte in de boter zoowel voor practici als voor theoretici een belangrijk punt van studie uitgemaakt. De practijk slaagde er echter al spoedig in om de kwestie in zooverre op te lossen, dat ze met zekerheid zeggen kon, door welke werkwijze een te hoog gehalte aan water voorkomen kan worden, ja, men kan eigenlijk wel zeggen, dat, van practisch standpunt beschouwd, de „kwestie" van het watergehalte reeds opgelost was, toen de „theorie" er zich mee ging bemoeien. Zoo is het ook gesteld met de vraag naar de factoren, die op de consistentie van het botervet invloed uitoefenen. De invoering der koude zuring volgens Rosengren heeft tot op zekere hoogte verder onderzoek op dit gebied overbodig gemaakt. Toch kan niet ontkend worden, dat een nauwkeuriger, men zou kunnen zeggen meer kwantitatieve kennis van de wijze, waarop in de eerste plaats de temperatuur invloed uitoefent op den physischen toestand van het melkvet, voor den boterbereider van belang is. Op grond van die overweging heb ik de volgende onderzoekingen verricht.

I. Invloed van de temperatuur op den physischen toestand van het melkvet.

Zooals bekend is, heeft vele jaren lang de meening van Soxhlet als juist gegolden, dat de vetbolletjes in de melk in onderkoelden toestand verkeeren, zelfs wanneer men ze tot bij 0° afkoelt. Eerst door ze aan de temperatuur van een koudmakend mengsel bloot te stellen, althans kouder dan 0° te maken, zouden ze vast worden. Ook is bekend de hierop gebaseerde theorie van het karnen. De coagulatie van het vet zou volgens deze te danken zijn aan de opheffing van de onderkoeling door de krachtige beweging. Niet velen zullen daaraan tegenwoordig nog gelooven.

209 5329

In 1902 werd door Siedel [1]) aangetoond, dat bij het karnen van room, die 24 uren bij —15° C. gestaan had, geen snellere botervorming intrad dan bij den niet zoo laag gekoelden room, hetgeen toch te verwachten was, als de opvatting van Soxhlet juist was geweest.

In hetzelfde jaar kwam Fleischmann [2]) met zijn onderzoek over de soortelijke warmte van melk en room, waarbij hij tot de slotsom kwam, dat langzamerhand een deel van de vetbolletjes in den vasten toestand overgaat, en wel een des te grooter deel, naarmate de room ouder was, hetgeen alleen zóó verklaard kan worden, dat een deel van de toegevoerde warmte gebruikt wordt om den physischen toestand van het vet te veranderen.

Ook in een tweede verhandeling toont deze onderzoeker, in samenwerking met Wiegner [3]) aan, dat de waargenomen verandering van het soortelijk gewicht van de melk bij het staan, een gevolg is van de stolling van een deel van de vetbolletjes. Dit was reeds waarschijnlijk gemaakt, zooals de schrijvers mededeelen, door een niet gepubliceerd onderzoek in Soxhlet's laboratorium (vóór 1898) van Toyonaga, dat door Soxhlet vermeld wordt in Stohman's handboek van 1898: „Die Milch und Molkereiprodukte".

Ook de belangrijke onderzoekingen van Burri, Nuszbaumer en Schmid [4]) leidden tot dezelfde uitkomst. Niettegenstaande dat beschouwt Fleischmann, en mèt hem zeker de meerderheid der zuivelspecialiteiten, het ook nu nog als vaststaande, dat eerst *gedurende* het karnen de groote massa der vetbolletjes van den vloeibaren in den halfvasten toestand overgaat.

Weigmann [5]) zegt echter zeer juist: „. . . . Die starke Abkühlung (van den room) — jedenfalls unter 10° C., meist auf 6 bis 8° C. — hat den Zweck das durch Erhitzen weich gewordene Fett wieder fest werden zu lassen, dem Butterfett eine festere härtere Konsistenz zu geben. In der Tat hat die Erfahrung gelehrt, dasz die Festigkeit der Butter zunimmt, je tiefer die Kühlung vorgenommen wird und je länger sie auf den Rahm einwirkt". En verder: „. . . . . man kann leichter ein festes Fett erhalten, wenn man es mehrere Stunden einer Temperatur von etwa 10 bis 12° C. aussetzt als wenn man es nur 2 Stunden auf etwa 6 bis 8° C. abkühlt". Onjuist is dan echter hetgeen hij er op laat volgen: „Das gleiche ist mit der Einwirkung der Wärme und der dadurch bedingten Weichheit des Butterfettes der Fall".

Nu dringt zich echter de vraag op, een vraag, die ook van

---

1) Molkerei-Zeitung 1902.

2) Journal für Landwirtschaft 50, 33, 1902.

3) Journal für Landwirtschaft 61, 283, 1913.

4) Bioch. Zeitschr. Bd. 22, S. 90 (1909) en Bd. 36, S. 376 (1911).

5) Mykologie der Milch, 1911, 187.

practische beteekenis kan zijn: bij *welke* temperatuur begint het melkvet vast, of beter halfvast te worden, en hoe is het gesteld met den invloed van den *duur* van inwerking van een bepaalde temperatuur? Wordt voor het complex „melkvet" het evenwicht, dat op grond van physisch-chemische overwegingen intreden *moet*, snel of langzaam bereikt? En hoe wordt op deze factoren invloed uitgeoefend door de samenstelling der boter en dus ook door het voeder? Met betrekking tot boven aangehaald citaat uit Weigmann's werk zou het toch b.v. wenschelijk zijn, om te weten, hoe lang men op 6 à 8° C. zou moeten afkoelen om bij het naderhand verwarmen tot ± 12° C. het vet in denzelfden toestand te hebben als het vet, dat gedurende zekeren tijd uitsluitend op 10 à 12° C. was afgekoeld.

Bij mijn pogingen nu, om op dergelijke vragen antwoord te kunnen geven, heb ik gebruik gemaakt van de omstandigheid, dat toestandsveranderingen in een stelsel bijna altijd gepaard gaan met volumeveranderingen. Ik behoef b.v. slechts te herinneren aan den overgang van ijs in water, waarbij het volume ongeveer $^1/_{11}$ kleiner wordt. Slechts weinig stoffen verminderen bij smelten haar volume. Behalve voor ijs is het, geloof ik, alleen voor bismuth en gietijzer gevonden; de overige worden grooter bij het vloeibaar worden; zoo o. a. de vetten.

Ter bepaling van de mate der toestandsveranderingen, dus van de volumeveranderingen, heb ik gebruik gemaakt van de bekende dilatometrische methode. Ik redeneerde als volgt: als ik room zóó lang aan een zeer lage temperatuur blootstel, dat aangenomen worden kan, dat àl de vetbolletjes in den vasten toestand zijn overgegaan en ik ga dan de massa verwarmen onder nauwkeurige bepaling der uitzetting, b.v. van graad tot graad, en als ik hetzelfde doe met de ondermelk van dien room, dan heb ik, bij bekend vetgehalte, voldoende gegevens om de uitzetting van het vet te vinden. De meerdere of mindere onregelmatigheden in die uitzetting geven dan een beeld van de physische veranderingen, die bij de verwarming intreden in het onderzochte temperatuurgebied.

Werkwijze.

Met behulp van zorgvuldig uitgezochte capillaire buizen, waarop een millimeterverdeeling geëtst werd, vervaardigde ik me eenige dilatometers. De capillairen werden namelijk aan wijdere glazen buizen met glaskraan aangesmolten. De verhouding van den inhoud van de wijdere buis en van de capillair werd zóó gekozen, dat 1 m.M. van de verdeeling een volume aangaf, dat ± $^1/_{18000}$ bedroeg van dat van het reservoir.

De dilatometers werden met den te onderzoeken room gevuld, nadat deze gepasteuriseerd en bij verminderden druk uitgekookt was, om opgeloste gassen te verwijderen. Het spreekt vanzelf,

dat er bij de vulling zorg gedragen moet worden, dat geen fijne luchtbelletjes meegevoerd worden.

De zoo gereedgemaakte dilatometers werden in een vloeistofthermostaat van de gewenschte temperatuur gebracht om later bij langzame verwarming de uitzetting te bepalen. De tienden millimeters werden geschat. Voor de methode van ijking van zulke dilatometers zij naar de leerboeken voor practische natuurkunde verwezen. Bij mijn proeven werd altijd de schijnbare uitzetting in glas bepaald; de dilatometers werden n.l. uit glas van een en dezelfde zending vervaardigd [1]). De uitzetting van ondermelk is in vergelijking met die van vetten room zóó klein, en ze is bovendien zóó constant, dat ik voor *vergelijkende* onderzoekingen de bepaling der uitzetting der ondermelk achterwege gelaten heb. Bij de hieronder beschreven proeven met room van verschillende herkomst, werd deze op een *bepaald* vetgehalte gebracht door verdunnen met de ondermelk. De vetbepalingen werden volgens Gerber verricht.

Om te doen zien, hoe sterk de uitzetting van de ondermelk afwijkt van die van den room en ook om aan te toonen, hoe weinig de uitzettingen van de ondermelk van verschillende koeien onderling verschillen (hetgeen bij den geringen invloed van zouten en eiwit op de uitzetting van water ook te verwachten was) geef ik in tabel I de uitkomsten van proeven met room van 4 koeien. De uitzettingen worden altijd aangegeven per 10 000 volume-eenheden. Onder „niet gec." vindt men de uitzettingen van den room, onder „gec." de uitzettingen, die men gevonden zou hebben, indien het water in de dilatometers zich niet uitgezet had.

TABEL I.

Verwarmd van:	koe 12 46,3 pct. vet.		koe 1 46,1 pct. vet.		koe 6 46,1 pct. vet.		koe 5 46,4 pct. vet.	
	Gec.	Niet gec.	Gec.	Niet gec.	Gec.	Niet gec.	Gec.	Niet gec.
9°—25° . .	175,0	190,9	165,3	181,4	172,3	188,4	159,3	175,3
	Verschil 15,9.		Verschil 16,1.		Verschil 16,1.		Verschil 16,0.	

Uit deze cijfers blijkt dus, dat de uitzetting der ondermelk zeer veel kleiner is dan die van het vet en dat bij deze vier koeien in de uitzettingen van de ondermelk practisch geen verschil bestaat, zooals verwacht kon worden. Dientengevolge kon veel tijd en moeite, die anders voor de proeven met ondermelk besteed had moeten worden, bespaard blijven.

[1]) Voor alle zekerheid berekende ik nog uit de gegevens, die bij de ijking met kwik verkregen werden, de uitzettingscoëfficient van kwik in glas en vond voor 6 dilatometers: 1506— 1542— 1538— 1530— 1530— en 1533×10^{-7}.

Alvorens over te gaan tot de mededeeling van de bij dit onderzoek verkregen uitkomsten, moeten nog eenige cijfers gegeven worden om een denkbeeld te geven van de scherpte van de toegepaste methode. Vier dilatometers werden met room (44,3 pct.) gevuld en de uitzetting bepaald bij de verwarming van 6°—25° C. De proef gaf de volgende getallen: 144,5 — 144,4 — 145,8 — 143.2 deelen per 10 000 volume-eenheden.

Bij een tweede proef [1]) werd versche room in vier porties verdeeld en iedere hoeveelheid afzonderlijk behandeld, d. w. z. met ondermelk op 44 pct. vetgehalte gebracht, gepasteuriseerd, uitgekookt en gedurende 21 uren bij 12° C. gehouden. Daarna werd verwarmd van 13°—28° C. Na afloop werd ter contrôle het vetgehalte nog eens bepaald.

	Uitzetting.	pct. vet.
I . . .	127,2	44,0
II . . .	127,7	43,8
III . . .	129,6	44,0
IV . . .	130,0	44,1

De gevonden verschillen zijn niet groot, vooral als men ze beschouwt in verband met de zeer veel grootere verschillen, die ik bij mijn hieronder beschreven proeven vond.

Hier volgen mijn uitkomsten. Tabel II geeft de uitzetting van een monster room (44,3 pct. vet) dat 24 uren in smeltend ijs gestaan had.

TABEL II.

Verwarming.	Uitzetting.	Verwarming.	Uitzetting.
6°—7° . . .	6,3	14°—15° . . .	11,1
7°—8° . . .	6,5	15°—16° . . .	11,3
8°—9° . . .	6,6	16°—17° . . .	11,8
9°—10° . . .	7,0	17°—18° . . .	11,2
10°—11° . . .	7,4	18°—19° . . .	10,6
11°—12° . . .	8,8	19°—20° . . .	10,6
12°—13° . . .	9,2	20°—21° . . .	9,8
13°—14° . . .	10,0	24°—25° . . .	7,6

Zooals men uit deze tabel ziet, is de uitzetting per graad temperatuursverhooging niet regelmatig. Bij 16°—17° wordt een maximum bereikt, dat bijna het dubbele bedraagt van de uitzetting bij 6° C. Bij toenemende temperatuur neemt ze weer af om bij de hoogere, hier niet opgegeven temperaturen een gelijkmatig verloop te vertoonen, soms met een kleine „knik" in de nabijheid van het smeltpunt van het botervet (waarvan men eigenlijk niet spreken mag). Ik heb deze proef herhaaldelijk uitgevoerd en

[1]) Uitgevoerd door den heer v. d. Burg.

altijd hetzelfde gevonden; de temperatuur van de maximale uitzetting varieert weliswaar naar de vóórbehandeling van den room en de samenstelling van het vet, het karakter blijft echter hetzelfde.

Voor deze afwijking van de normale uitzetting van een vaste stof of vloeistof is, geloof ik, slechts één verklaring mogelijk, en dat is deze, dat tusschen 10° en 20° C. de sterkste toestandsveranderingen van het melkvet optreden bij verwarming. Bij boter neemt men trouwens in dit gebied de sterkste veranderingen in de consistentie waar. Over den aard dezer toestandsveranderingen kan, met het oog op de samengesteldheid van het stelsel „botervet", niets met zekerheid gezegd worden; niet onwaarschijnlijk is echter, dat we te maken hebben met de oplossing van de hoogere vetbestanddeelen in de lagere en vloeibare. Bij de groote verschillen, die Tabel II te zien geeft, lag het vermoeden voor de hand, dat de gevolgde methode meer licht zou kunnen brengen; zoo drong zich als van zelf de vraag op naar den invloed van de voorbehandeling van den room op de uitzetting. Om dezen na te gaan werd de volgende proef genomen.

Een hoeveelheid room (33 pct.) werd in twee gedeelten verdeeld. De eene helft werd gedurende 21 uren bij 0° C., de andere bij — 15° tot — 10° C. gehouden. De bevroren room werd gesmolten in water, dat kouder dan 4° C. was. Daarna werden twee zorgvuldig afgekoelde dilatometers met de vloeistoffen gevuld, er voor zorg dragende, dat de temperatuur van den room beneden 4° C. bleef. Dat de afkoeling van den room in vacuo geschieden moest om opname van lucht te voorkomen, spreekt wel van zelf. De gevulde dilatometers werden nu langzaam verwarmd en de uitzetting van graad tot graad gemeten. Tabel III geeft de gevonden cijfers.

TABEL III.

Verwarmd van:	21 uren bij —15° tot —10° C.	21 uren bij 0° C.
6°—7°	7,7	5,5
7°—8°	8,5	6,2
8°—9°	9,1	7,2
9°—10°	9,7	8,4
10°—11°	9,5	8,8
11°—12°	**10,5**	**10,5**
12°—13°	10,0	10,0
13°—14°	10,3	10,9
14°—15°	10,1	10,8
15°—16°	9,6	10,0
16°—17°	9,2	9,0

Vergelijkt men deze cijfers, dan blijkt ten eerste, dat in beide kolommen weer een maximum gevonden wordt; heel duidelijk

blijkt verder, dat de sterkst gekoelde room aanvankelijk grootere uitzettingen vertoont dan de op 0° gehoudene. Boven 11° gaan ze echter practisch parallel. Bij een volgende proef werden twee hoeveelheden room van 35,5 pct. vetgehalte slechts 15 uren gekoeld.

TABEL IV.

Verwarmd van:	15 uren bij —15° tot —7° C.	15 uren bij 0° C.
8°—10°	18,1	14,9
10°—12°	21,6	20,5
12°—14°	23,5	25,1
14°—16°	22,1	23,4
16°—18°	20,1	21,7
18°—20°	18,9	19,0
20°—22°	15,6	15,6
22°—24°	16,1	16,1
24°—25°	7,8	7,9

Minder duidelijk, maar toch merkbaar is hier de aanvankelijk grootere uitzetting van kolom 2, om daarna iets kleiner te worden dan die in kolom 3: boven 18° C. gaan ook hier de uitzettingen weer parallel.

Uit het feit, dat boven 11°, resp. 18° C. de uitzettingen voor de verschillend behandelde porties room weer dezelfde zijn, kan met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid besloten worden, dat boven deze temperatuur de physische toestand van het vet dezelfde was: daar beneden klaarblijkelijk niet. Hoe is dat nu te verklaren? Men zou de aanvankelijk grootere uitzetting voor den bevroren room kunnen toeschrijven aan de omstandigheid, dat in dit geval *alle* vetbolletjes vast geworden waren, terwijl dit bij den op 0° gekoelden room slechts voor een gedeelte het geval was. Maar deze opvatting is in strijd met de waarneming, dat boven 11°, resp. 18° de uitzettingen aan elkaar gelijk zijn. Was namelijk in het eene geval een gedeelte van de vetbolletjes vloeibaar gebleven, dan zou ook boven deze temperaturen een kleinere uitzetting gevonden moeten zijn. De proef leert dan ook — en hieronder zal dat nog nader blijken — dat in *beide* porties *al* de vetbolletjes in den vasten, of beter halfvasten toestand zijn overgegaan: in den bevroren room zijn echter de evenwichtsverschuivingen en de daarmede gepaard gaande volumeveranderingen verder gegaan dan in den op 0° C. afgekoelde. Uit het feit dus, dat bij temperaturen, die ver beneden het smeltpunt van boter liggen, de uitzettingen parallel gaan, kan, naar ik geloof, met bijna volkomen zekerheid worden afgeleid, dat de afkoeling op 0° C. gedurende 21, resp. 15 uren voldoende was om *alle* vetbolletjes te doen stollen. Dit resultaat sluit zich dus aan bij de uitkomsten van de hierboven genoemde schrijvers Fleischmann en Burri en medewerkers, waarbij ook toe-

standsveranderingen van het melkvet werden vastgesteld, zonder dat een voldoend inzicht verkregen werd in de *hoeveelheid* der vetbolletjes, die vast werden.

De meening, dat de vetbolletjes in de melk bij afkoeling op 0° C. geheel of gedeeltelijk vloeibaar blijven, schijnt gegrond te zijn geweest op de omstandigheid, dat men ze onder den microscoop als bolvormige lichaampjes bleef zien. Merkwaardig is echter, dat reeds in 1890 Giltay [1]) schreef: „Omtrent den aggregaatstoestand (van de bolletjes) kan iets naders worden afgeleid uit het feit, dat men ze niet *zuiver* cirkelvormig begrensd ziet, en wel, dat ze niet uit een gemakkelijk bewegelijke vloeistof kunnen bestaan, want kleine hoeveelheden daarvan nemen, als ze vrij in een ander vocht zweven, den bolvorm aan. Ze kunnen dus slechts van vaste of van zoogenaamd halfvaste stof zijn."

Dat bij een afkoeling op 0° C. gedurende 21 uren de vetbolletjes vast worden, daarover kan men zich niet verwonderen; als het niet zoo was, zou de onderkoeling wel zeer groot genoemd kunnen worden, al is het waar, dat de fijne verdeeling van het vet een gunstige omstandigheid er voor is.

Bij de volgende proeven werd de koeltemperatuur hooger genomen.

Tabel V geeft de uitkomst van een proef met 4 porties room van 34,8 pct. vet, die gedurende 21 uren op 0°, 6° à 7,7°, 10° à 10,7° en 15,8° à 16,3° C. gehouden werden.

TABEL V.

Verwarmd van:	0° C.	6 à 7,7° C.	10 à 10,7° C.	15,8 à 16,3° C.
8°—10° . .	15,6	11,7	—	—
10°—11° . .	8,6	6,2	—	—
11°—12° . .	10,5	7,4	5,9	—
12°—13° . .	10,7	7,8	6,3	—
13°—14° . .	11,0	9,0	7,4	—
14°—15° . .	11,2	9,5	7,1	—
15°—16° . .	**11,2**	**10,7**	8,8	—
16°—17° . .	9,6	9,9	8,5	4,6
17°—18° . .	**9,7**	10,2	9,3	5,0
18°—19° . .	9,9	10,0	**10,0**	5,3
19°—20° . .	8,5	9,1	9,0	4,9
20°—24° . .	31,0	31,2	31,8	21,3
24°—28° . .	29,4	29,1	28,5	22,5
28°—29° . .	—	7,2	6,8	5,5

Een nauwkeurige beschouwing van deze cijfers geeft een duidelijk inzicht in het gedrag van de vetbolletjes bij het laten staan bij verschillende temperaturen. Vergelijkt men kolom 2 en 3, dan

[1]) „Hoofdzaken uit de leer van het zien door den microscoop, met behulp van zeven objecten", Leiden E. J. Brill 1890.

blijkt in de eerste plaats, dat de op ± 7° C. gekoelde room aanvankelijk kleiner uitzettingen vertoont dan de op 0° afgekoelde, zooals we dat hierboven ook vonden voor den op 0° C. gekoelden tegenover den bevroren room.

Boven 15°—16° gaan de volumeveranderingen echter weer parallel. Voor kolom 4, waarin we aanvankelijk nog kleiner uitzettingen constateeren is dat boven 18° het geval. De op ± 16° gekoelde room zet zich over het geheele onderzochte gebied aanmerkelijk minder sterk uit. Op grond van de op blz. 7 gegeven beschouwing zit de zaak als volgt in elkaar. De afkoeling op 10° à 10,7° is reeds voldoende geweest om practisch *alle* vetbolletjes te doen stollen, want boven 19°, dus nog ver beneden het smeltpunt van de boter zet zich de room even sterk uit als de op 0° gekoelde, waarvoor aangenomen kan worden, dat al het vet gestold is. De temperatuur van 16° is klaarblijkelijk te hoog geweest om het vet vast te doen worden.

Ja, we kunnen zeggen, dat, indien al een klein gedeelte gekristalliseerd mocht zijn bij 16°, dat deel toch *zeer* klein moet zijn, want de gevonden uitzetting wijkt slechts zeer weinig af van de bijna lineaire, welke voor het geheel vloeibare stelsel verwacht kon worden.

Tabel VI geeft nog een vergelijking van den invloed der afkoeling op 0° en 16,1° à 16,4° gedurende 21 uren. Het vetgehalte bedroeg 41,5 pct.

TABEL VI.

Verwarmd van:	0°	16,1°—16,4°
17°—19°	18,7	10,8
19°—21°	17,4	11,4
21°—23°	16,7	12,1
23°—25°	16,5	12,8
25°—27°	16,3	12,5
27°—29°	16,4	12,3
29°—31°	15,8	12,2
31°—33°	15,1	12,1
33°—35°	12,9	12,8
35°—37°	12,6	12,9
37°—39°	12,1	12,5
	170,5	134,4

Het enorme verschil in uitzetting springt ook hier duidelijk in het oog. Bovendien ziet men uit kolom 3, dat de volumeveranderingen hier regelmatig zijn en op de aanwezigheid van *vloeistof* wijzen. De kleine sprongen tusschen 21° en 27° kunnen hoogstens op zeer kleine toestandsveranderingen wijzen. Interessant is nog de plotselinge verandering, die wij bij sterk gekoelden

room waarnemen boven 33°, d. i. in de nabijheid van het smeltpunt: de room waarin het vet niet vast geworden is, toont dien sprong natuurlijk niet. Boven het smeltpunt zijn de uitzettingen voor beide weer ongeveer gelijk.

Wat levert nu de vóórbehandeling bij 13° C.? De volgende tabel geeft het antwoord hierop.

TABEL VII.

Verwarmd van:	21 uren bij 0°.	21 uren bij 13°.
15,3°—17°	15,2	10,5
17°—19°	17,7	13,5
19°—21°	15,8	13,6
21°—23°	15,5	13,9
23°—25°	14,3	12,5
25°—27°	14,5	12,1
27°—30°	21,0	18,3
30°—32°	13,2	11,8
32°—34°	**12,5**	12,4
34°—36°	11,4	11,6
Totaal	151,1	130,2

De temperatuur van 13° C. is klaarblijkelijk nog niet laag genoeg geweest om beneden het smeltpunt van de boter uitzettingen te geven, even groot als die van den op 0° gekoelden room; dit beteekent dus, dat bij 13° *niet* al het vet vastgeworden is. Dat een gedeelte van de vetbolletjes veranderingen heeft ondergaan, blijkt duidelijk uit het feit, dat tusschen 17° en 23° de volumeveranderingen grooter zijn dan bij hoogere temperaturen; geen lineaire uitzetting dus. Uit deze proeven blijkt, dat we in de dilatometrische methode een vrij scherp middel hebben, om ons over den physischen toestand van het melkvet te oriënteeren.

De hierboven gegeven cijfers hebben betrekking op room, die bij weidegang der koeien verkregen was. Hier volgt nog een proef uit den staltijd. Vier porties van een 35 procentigen room werden gedurende 21 uren gekoeld op 0°, 8° à 9,3°, 10,5° à 11,7°, en 14,9° à 15,5° C.; daarna werden weer de uitzettingen bij verwarming bepaald.

TABEL VIII.

Verwarmd van:	0°.	8 à 9.3°.	10,5 à 11,7°.	14,9° à 15,5°.
10°—12° . .	16,4	11.3	—	—
12°—14° . .	21.3	14,4	12,7	—
14°—16° . .	24.9	18.5	14,7	—
16°—18° . .	**18.1**	**17,9**	16,4	11,8
18°—20° . .	19,9	20,6	18,9	13,9
20°—22° . .	19,8	**20,9**	**20,4**	16,1

Verwarmd van:	0°.	8 à 9,3°	10,5 à 11,7°.	14,9° à 15,5°
22°—25° . .	23,1	23,8	24,1	21,9
25°—28° . .	21,0	20,7	20,7	19,4
28°—31° . .	20,7	20,4	20,0	18,6
31°—34° . .	19,6	19,7	19,0	18,5
34°—37° . .	—	19,1	19,4	18,6

Over het geheel genomen geeft deze proef hetzelfde resultaat, dat we vroeger vonden bij weidegang. Bij 16°—18° wordt de toestand van het vet, dat op 0° en ± 9° gekoeld was, dezelfde, bij ongeveer 22° is dat voor den bij 11° bewaarden room het geval. De laatste kolom toont echter zeer duidelijk aan, dat bij 14,9° à 15,5° reeds een gedeelte van het vet van toestand veranderd is. De afwijking van de lineaire uitzetting is hier al vrij wat grooter dan we in tabel VII vinden voor de koeling op 13° C. Dit hangt inderdaad samen met de stalvoedering, zooals nog nader blijken zal. Ja, bij een bepaalde voedering kon door 21-urige bewaring van den room bij 16° à 18° nog zeer duidelijk gedeeltelijke stolling der vetbolletjes geconstateerd worden. Bij den bekenden invloed van het voeder op de samenstelling van het botervet, behoeft men zich daarover geenszins te verwonderen.

Vóórdat ik overging tot de toepassing van deze methode ter nauwkeurige bestudeering van den invloed van de wijze van behandeling van den room en van dien van het voeder op den physischen toestand van het vet, leek het me wenschelijk nog het experimenteele bewijs te leveren voor de juistheid van de in de vorige bladzijden gegeven beschouwingen. Ik redeneerde daartoe als volgt: Wanneer room, die bij 16° gestaan heeft en waarvan dus op grond van mijn proeven het vet geheel of bijna geheel vloeibaar is (bij weidegang dus) gekarnd wordt, dan ontstaat geen vloeibare, maar halfvaste boter. Voor dit geval moet dus, als mijn voorstelling juist was, door de karnbeweging de toestand van onderkoeling zijn opgeheven.

Maar wanneer dat waar is, dan moet de dilatometerproef dit onmiddellijk uitwijzen. Wanneer men n.l. de uitzettingen vergelijkt van room, die bij 16° gestaan heeft en van denzelfden, bij 16° bewaarden room nadat hij krachtig geschud is tot het *begin* van botervorming, dan moet, zullen de bovenstaande beschouwingen als juist kunnen gelden, de gekarnde room veel grooter volumeverandering geven bij verwarmen. Om dit na te gaan, werd de volgende proef genomen.

Twee schudcilinders werden voor ongeveer ⅓ met gepasteuriseerden room van 35 pct. vet gevuld en de vloeistoffen zorgvuldig ontgast door middel van de luchtpomp. Ze werden, nog luchtledig, in een waterbad van 16° C. geplaatst, waarin ze weer 21 uren verbleven. De eene cilinder werd nogmaals met de luchtpomp verbonden en toen afgesloten, zoodat er zich nagenoeg geen lucht meer in bevond en daarna in een groote waterthermostaat (± ¼ M³. bevattend) bij 16° geschud. De temperatuur kon dus

slechts weinig oploopen en de room kon geen lucht opnemen, die bij de bepaling der uitzetting tot foutieve uitkomsten leiden zou. Bij het *begin* van schiften werd de beweging gestaakt en de room van beide cilinders zoo snel mogelijk in twee vooraf zorgvuldig bij 16° gekoelde dilatometers overgebracht. Een derde dilatometer werd nog gevuld met een portie van denzelfden room, die echter gedurende 21 uren op 0° gekoeld was. Tabel IX geeft de uitkomsten aan [1]).

TABEL IX.

Verwarmd van:	Gekarnd na koeling op 16°.	Niet gekarnd. Gekoeld op 16°.	Niet gekarnd. Gekoeld op 0° C.
16°—18° . . .	12,7	9,8	19,3
18°—20° . . .	11,9	10,6	17,8
20°—22° . . .	12,9	11,2	15,3
22°—24° . . .	**15,7**	11,4	**15,7**
24°—26° . . .	15,2	11,7	15,3
26°—28° . . .	14,3	11,1	14,8
28°—30° . . .	14,3	11,4	14,8
30°—32° . . .	14,5	11,5	14,4
32°—34° . . .	13,6	11,7	12,9
34°—36° . . .	11,5	11,2	11,9
36°—38° . . .	11,2	11,2	11,8
38°—40° . . .	10,3 (?)	10,9	12,0
Totaal . . .	158,1	133,7	176,0

Deze cijfers laten bijna geen twijfel aan de juistheid van mijn beschouwingen toe. Vergelijkt men kolom 2 en 4, dan blijkt bij 22° het vet van den gekarnden room in denzelfden physischen toestand te verkeeren als dat van den tot 0° afgekoelden, niet gekarnden room. Door het karnen schijnt dus *al* het vet van toestand veranderd te zijn; de veranderingen in de richting van den evenwichtstoestand waren echter nog niet zoo ver gevorderd als bij den sterkst gekoelden room, want beneden 22° zijn de uitzettingen voor den laatste belangrijk hooger. De niet gekarnde, op 16° gekoelde room is blijkbaar weer bijna geheel vloeibaar gebleven. De proef werd op geheel dezelfde wijze herhaald met room, die 21 uren op 13° was gekoeld. Tabel X geeft het resultaat.

---

1) Daar de gekarnde room uit den aard der zaak niet geheel homogeen meer was, werden na afloop der proef de dilatometers geledigd en het vet nogmaals bepaald. Deze contrôle-proef werd trouwens in bijna alle gevallen, ook voor niet-gekarnden room, uitgevoerd. In bovenstaand geval werd gevonden: 34,5 pct., 34,0 pct. en 34,0 pct. vet.

TABEL X.

Verwarmd van:	Gekarnd na koeling op 13°.	Niet gekarnd. Gekoeld op 13°.	Niet gekarnd. Gekoeld op 0°.
14°—15° . . .	5,9	5,0	10,8
15°—16° . . .	7,1	5,3	9,8
16°—17° . . .	7,7	6,0	9,9
17°—18° . . .	6,8	6,4	8,8
18°—19° . . .	6,2	6,2	8,0
19°—21° . . .	14,0	13,7	16,5
21°—23° . . .	15,7	13,3	15,1
23°—25° . . .	14,5	12,5	15,0
25°—27° . . .	14,0	12,3	14,7
27°—30° . . .	20,6	18,3	21,3
30°—33° . . .	19,8	18,6	19,7
33°—35° . . .	10,5	11,4	11,3
Totaal . . .	142,8	129,0	160,9

Het verschil in uitzetting van den wel en niet gekarnden room is hier kleiner dan in tabel IX. Dat was ook te verwachten, want zooals kolom 3 doet zien, was in den laatste door de koeling op 13° gedurende 21 uren, reeds een gedeelte van de vetbolletjes van toestand veranderd, zooals we dat vroeger ook al geconstateerd hebben. Dezelfde proef, die ik een paar jaren later met op 11° gekoelden room nam, leverde dan ook een nòg kleiner verschil. Het vetgehalte bedroeg ± 35 pct. De duur van de koeling was weer 21 uren. Het karnen had bij ± 13° plaats; de temperatuur liep echter tot 14° op.

TABEL XI.

Verwarmd van:	Gekarnd na koeling op 11°.	Niet gekarnd gekoeld op 11°.
14,15°—16,05°	14,2	14,9
16,05°—20,2°	40,7	38,1
20,2°—25,2°	39,6	38,7
25,2°—29,9°	30,5	29,2
Totaal	125,0	120,9

Ofschoon deze room dus 21 uren bij 11° C. gestaan had; d.i. ongeveer de duur en de temperatuur, die in de praktijk bij de koude zuring gebruikelijk is, heeft toch de karnbeweging nog een verschuiving naar den evenwichtstoestand (voor de karntemperatuur) veroorzaakt. Het melkvet, dat 21 uren bij 11° gehouden wordt, gaat wèl geheel in den halfvasten toestand over, zooals we vroeger zagen, maar de afkoeling is niet langdurig genoeg om den bij 11° behoorenden evenwichtstoestand te bereiken.

We zouden de koeling dan misschien weken of zelfs maanden

lang moeten voortzetten. Maar we kunnen blijkbaar den bij 11° behoorenden toestand van evenwicht snel bereiken, door gedurende eenigen tijd veel dieper te koelen en dan weer op 11° te verwarmen. Men zie hiervoor b.v. tabel III op blz. 6. We vonden daar voor den op 0° afgekoelden room tusschen 6° en 11° kleiner uitzettingen dan voor den tot —15° gekoelde. Dat beteekent dus, dat bij deze temperaturen (6° tot 11°) het vet van den op 0° gehouden room zich nog niet in den voor die temperaturen geldenden evenwichtstoestand bevond. Bij 11° begon de uitzetting gelijk te worden aan die van den bevroren room; bij deze laatste temperatuur was dus het vet in den evenwichtstoestand. Men kan hier tegen aanvoeren, dat het niet bewezen is, dat het vet van den bevroren room bij 11° werkelijk in den evenwichtstoestand verkeerde, want op deze aanname berust de conclusie t. o. v. den anderen room. Maar dat dit toch *zeer* waarschijnlijk is, blijkt uit het feit, dat afkoeling op ± 7° reeds bij 15° en op 10° bij 17° dezelfde uitzetting levert als de bevroren room. *Volkomen* zekerheid zou men zich hierover kunnen verschaffen door vergelijking van gedurende 21 uren bij 0° gekoelden room met denzelfden room, die eenige weken bij b.v. —15° was gehouden. Ik heb deze proef niet uitgevoerd, maar heb een anderen weg ingeslagen. Indien het namelijk juist is, dat room, die 21 uren bij 0° gestaan heeft het vet in zoodanigen toestand bevat, dat het bij 11° volkomen in evenwicht is, dan kan zulk vet door karnen bij b.v. 12° niet meer van toestand veranderen [1]) en de uitzetting van zulken room moet dus onafhankelijk blijken van het al of niet karnen. De hierboven beschreven karnproeven in de schudcilinders werden dus ten slotte een paar malen uitgevoerd met room, die 21 uren bij 0° gestaan had. Tabel XII en XIII geven de uitkomsten.

TABEL XII.

Verwarmd van	Gekarnd bij 12° na koeling op 0°.	Niet gekarnd gekoeld op 0°.
15,05°—17°	19,9	20,8
17°—20°	29,5	29,4
20°—25,1°	40,9	39,1
25,1°—30,2°	37,5	37,6
30,2°—35°	32,9	33,6
Totaal	160,7	160,5

[1]) Het spreekt vanzelf, dat we hier toestandsveranderingen op het oog hebben, die bij *afkoeling* optreden en die, zooals we zagen, langzaam verloopen. Bij *verwarming* verandert het vet bijna momentaan zooals uit het gedrag van de boter algemeen bekend is.

TABEL XIII.

Verwarmd van	Gekarnd bij 13°—14,5° na koeling op 0°.	Niet gekarnd. Gekoeld op 0°.
15,3°—17°	16,3	15,2
17°—19°	16,2	17,7
19°—21°	14,8	15,8
21°—23°	15,3	15,5
23°—25°	14,3	14,3
25°—27°	14,4	14,5
27°—30°	21,6	21,0
30°—32°	13,4	13,2
32°—34°	12,5	12,5
34°—36°	10,6	11,4
Totaal	149,4	151,5

Zooals men ziet zijn in dit geval de uitzettingen van den gekarnden en niet gekarnden room aan elkaar gelijk en daarmede is het bewijs geleverd dat we hier met vet te maken hadden, dat werkelijk in den evenwichtstoestand verkeerde. Deze karnproeven toonen dan ook, naar ik meen, afdoende aan, dat de aan mijn geheele onderzoek ten grondslag liggende redeneering juist is: op hare beteekenis voor het inzicht in het zurings-, en karnproces kom ik later nog even terug. Fleischmann [1]) had trouwens reeds hetzelfde gevonden met betrekking tot de s. w. van room. Bij sterk afgekoelden room had schudden geen-, bij niet afgekoelden room een zeer duidelijken invloed op de s. w. In verband met een waarneming, die men in de practijk dikwijls doet, heb ik nog op andere wijze getracht de toestandsverandering bij het karnen van niet gekoelden room aan te toonen. Men merkt namelijk dikwijls op, dat de room, die van den koeler komt, naderhand in temperatuur stijgt, ook dan, wanneer de temperatuur der omgeving lager is. De meest voor de hand liggende verklaring hiervoor is deze, dat de bij het vast worden van het vet vrijkomende warmte het geheel warmer maakt. Op grond van mijn uitkomsten zou deze verwarming zich niet moeten voordoen bij afkoeling op een temperatuur boven b.v. 17° of 18° C. Tot mijn spijt kon aan mijn verzoek om dit in de practijk na te gaan, niet worden voldaan. Het zou natuurlijk storend werken.

Om het vrijkomen dezer kristallisatiewarmte ook in het klein te kunnen aantoonen heb ik eenige malen room gekarnd, waarin het vet vóór het karnen nog gedeeltelijk vloeibaar was en eerst gedurende het karnen van toestand veranderde. Ik ging als volgt te werk. Ongeveer 3 Liter room van 30 à 40 pct. vet werden in twee gelijke deelen verdeeld; de eene helft werd in een cilinderglas gedurende den nacht in smeltend ijs geplaatst, de

[1]) Journ. für Landwirtschaft Bd. 50, 33, 1902.

andere helft op een temperatuur van ± 20° gehouden. Daarna werden beide glazen in een en hetzelfde waterbad van 13° à 15° gebracht tot bijna geheele temperatuurvereffening. De room werd gekarnd door middel van een electromotor, waarbij door gebruik van watte voor een zoo volledig mogelijke isolatie werd gezorgd. Na een zekeren tijd (kort vóór het uitboteren) werd de temperatuursverhooging waargenomen, die voor den bij 20° bewaarde room dus grooter verwacht kon worden tengevolge van de door de karnbeweging ingeleide kristallisatie.

TABEL XIV.

Proef I.	Op 0° gekoeld. I.	Op 0° gekoeld. II.	Niet afgekoeld.	Pct. vet.
Temp. vóór het karnen .	14,83°	14,85°	15,12°	
„ na 30 min. . . .	16,11°	15,93°	16,62°	33,0
Temp. stijging . .	1,28°	1,08°	1,50°	
Proef II.				
Temp. vóór het karnen .	14,58°	14,9°	15,37°	
„ na 25 min. . . .	15,58°	16,01°	16,83°	33,0
Temp. stijging . .	1,0°	1,11°	1,46°	

Bij beide proeven was dus de temperatuurstijging grooter voor den niet gekoelden room, maar groot is het verschil niet, vooral als men ziet, dat de parallelproeven met den afgekoelden room 0,2° en 0,11° verschilden.

Als de oorzaak van deze laatste verschillen vond ik de onregelmatige gang van den electromotor en dus ook van den karnpols, terwijl bovendien het minste verschil in afmeting van de beide glazen voldoende bleek om afwijkingen te geven. De proeven werden daarom nog eenige malen herhaald met een zeer regelmatig loopenden motor, terwijl het karnen in een en hetzelfde cilinderglas plaats had. Toen werd b.v. gevonden:

TABEL XV.

Proef I.	Op 0° gekoeld.	Niet afgekoeld.	pct. vet.
Temp. vóór het karnen . .	13,92°	14,8°	
Na 10 minuten.	14,33°	15,3°	35,0
„ 20 „	14,47°	15,81°	
Temp. stijging . .	0,55°	1,01°	
Proef II (andere room).			
Temp. vóór het karnen . .	13,51°	14,52°	
Na 10 minuten.	13,91°	15,01°	
„ 16½ „	14,12°	15,27°	
Temp. stijging . .	0,61°	0,75°	

Ik heb deze proef in het geheel 13-maal uitgevoerd en steeds werd voor den gekoelden room een kleinere temperatuurstijging waargenomen dan voor den andere. Dat het verschil in het eene geval zooveel grooter is dan in het andere is misschien hieraan toe te schrijven, dat het niet afgekoelde vet bij het op karntemperatuur brengen, waarvoor wel een paar uren noodig was, soms reeds begonnen was te kristalliseeren. Zooals we hieronder nog zullen zien, hangt het in hooge mate van de samenstelling van het vet af, of binnen een paar uren bij de door mij gekozen karntemperaturen, kristallisatie intreedt, ja of neen. In de practijk worden na sterke afkoeling vrij belangrijke temperatuurstijgingen waargenomen; v. d. Burg en Hepkema [1]) geven op 1° à 2° C. (bij een vetgehalte van vermoedelijk 20 à 24 pct.).

Nadat dus volkomen zekerheid verkregen was, dat de dilatometerproef een betrouwbaar middel is, om zich over den physischen toestand van het melkvet in room te oriënteeren, werd overgegaan tot eenige proeven, die de vroeger genoemde vragen beantwoorden konden. Ten eerste, hoe groot is de invloed op de toestandsveranderingen van het roomvet van den *duur* van afkoeling op bepaalde temperatuur.

Drie dilatometers werden gevuld met room van 45 pct. vetgehalte; de eerste werd 6, de tweede 11 en de derde 23½ uur op 12° C. gehouden en daarna de uitzetting bepaald.

TABEL XVI.

Verwarmd van:	6 uren	11 uren	23½ uren
13°—28° C. . . .	141,0	145,8	150,3

De room was afkomstig van stalkoeien; die van landkoeien gaf:

TABEL XVII.

Verwarmd van:	6 uren	11 uren	23½ uren
13°—28° C. . . .	125,5	128,5	132,4

De invloed van den duur van de afkoeling blijkt duidelijk; hij is echter kleiner dan ik gedacht had. De voornaamste veranderingen schijnen zich in de eerste uren af te spelen. Dat de invloed van een klein temperatuurverschil heel wat grooter kan zijn, blijkt uit een gelijktijdig genomen proef met room van dezelfde koeien, bij 12° en bij 13° (21 uren).

TABEL XVIII.

	Landkoeien.	Stalkoeien.
Op 12° gekoeld.		
Verwarmd van:		
13°—28°	133,6	146,0
Op 13° gekoeld.		
Verwarmd van:		
13°—28°	118,4	134,8

[1]) De Boterbereiding aan de Fabriek, 2e druk pag. 25.

Het temperatuurverschil van 1° heeft hier dus al een grooteren invloed dan de verlenging der afkoeling van 6 uren op 23½ uren.

Thans nog de vraag, die ook voor de practijk van beteekenis is: hoe lang moet een room bij b.v. 6° C. gehouden worden om het vet in denzelfden toestand te brengen als bij een bepaalde koelwijze op hoogere temperatuur?

Vier dilatometers werden met gepasteuriseerden room gevuld en als volgt gekoeld:

1. gedurende 21 uren op 0° C.
2. „ 21 „ „ 8° à 9° C.
3. „ 21 „ „ 12°—11° C.
4. werd op 8° afgekoeld, in 4½ uur langzaam op 11,5° verwarmd en daarna 16½ uur weggezet, waarbij de temperatuur tot 12,3° steeg.

TABEL XIX.

Verwarmd van:	1.	2.	3.	4.
13°—14° . .	10,6	8,4	6,4	7,4
14°—15° . .	10,1	8,9	6,8	8,1
15°—16° . .	10,6	9,5	7,4	9,3
16°—17° . .	11,1	11,4	8,4	10,8
17°—18° . .	10,2	10,3	8,2	10,1
18°—21° . .	29,9	30,8	28,3	30,6
21°—23° . .	17,8	18,0	17,8	18,3
23°—25° . .	15,9	15,9	15,5	15,9
25°—28° . .	22,1	22,2	21,0	22,3
Totaal . .	138,3	135,4	119,8	132,8

Bij een volgende proef werden 3 dilatometers als volgt behandeld:

1. 19 uren bij 0°;
2. 19 „ „ 11°—11,3°;
3. 4 „ „ 6°—7,3°, daarna 15 uren bij 15,3°—13,8°.

Tabel XX geeft de uitkomsten der metingen.

TABEL XX.

Verwarmd van:	1.	2.	3.
15°—29° . . .	144,3	137,8	141,5

Een derde proef werd nog als volgt uitgevoerd:

1. 21 uren bij 0°;
2. 21 „ „ 11°—11,4°;
3. 4 „ „ 7°—8°, daarna 17 uren bij 14,8°—15,3°;
4. 21 „ „ 14,8°—15,3°.

TABEL XXI.

Verwarmd van:	1.	2.	3.	4.
15°—29° . .	144,0	136,3	142,6	105,0

Deze gezamenlijke cijfers geven nu een zeer duidelijk beeld van den invloed van verschillende afkoelingen van den room op den physischen toestand van het vet.

Uit tabel XIX blijkt b.v., dat de afkoeling op de temperatuur van 8°, die na 4½ uur 11,5° was geworden, de uitzetting heeft doen stijgen van 119,8, die voor den 21 uren op 12°—11° gehouden room werd gevonden tot 132,8, terwijl deze laatste volumeverandering slechts zeer weinig afwijkt van het cijfer 135,4, dat door den op 8°—9° gekoelden room geleverd werd.

Tabel XX doet zien, dat de voorkoeling op 6° à 7,3° gedurende 4 uren voldoende was om het vet vaster te maken dan het voortdurend op ± 11° gekoelde, *niettegenstaande het eerste gedurende de verdere* 15 *uren op* 15,3°—13,8° *gehouden werd, dat is dus bij een temperatuur, waarbij zonder de voorafgaande afkoeling ternauwernood toestandsveranderingen zouden zijn opgetreden.*

Zeer instructief zijn ten slotte de cijfers van tabel XXI. Dilatometer 3 werd na een vóórkoeling van 4 uren op 7° à 8° in hetzelfde waterbad gebracht, waarin dilatometer 4 van begin af gestaan had en waarvan de temperatuur 14,8° à 15,3° was. Bij nº. 4 was slechts een uiterst klein gedeelte van de vetbolletjes begonnen te kristalliseeren, zooals uit de geringe afwijking van de lineaire uitzetting (in de tabel niet opgenomen) bleek, en ook uit het lage cijfer voor de totale volumeverandering bij de verwarming van 15°—29°. Dilatometer 3 leverde het cijfer 142,6, dat ook nu weer hooger is dan dat van nº. 2, waarvan de temperatuur gedurende de volle 21 uren 11° à 11,4° C. bedroeg.

De beteekenis van de sterkere afkoeling valt hier wel zeer duidelijk in het oog. Het vet begint daarbij snel te kristalliseeren; is de kristallisatie eenmaal ingeleid, dan gaat ze verder, ook bij temperaturen, die te hoog zijn om ze te doen beginnen. Een paar malen had ik gelegenheid dit op duidelijke wijze waar te nemen.

Een slechts korten tijd op 0° gekoelde room werd zeer langzaam verwarmd van 12° tot 13°. De meniscus in de capillair van den dilatometer *daalde* daarbij. De volume*vermindering* wegens de voortgaande kristallisatie was klaarblijkelijk grooter dan de volume*vermeerdering* tengevolge van de verwarming. Daar de kristallisatie slechts langzaam voortschrijdt is dit verschijnsel natuurlijk ook alleen bij langzame verwarming waar te nemen.

Het spreekt vanzelf, dat de in de voorgaande bladzijden medegedeelde cijfers slechts gelden voor den room waarop ze betrekking hebben. Toch geven ze een algemeener inzicht in den

gang van zaken bij de roomkoeling, dan men tot nu toe had. Ik kom daar nog op terug.

Van theoretisch standpunt was nog het volgende interessant. Een onderkoelde vloeistof wordt, zooals algemeen bekend is, door uiterst geringe sporen vaste deeltjes van de opgeloste of gesmolten stoffen, tot kristallisatie gebracht. Maar ook indien zulke „kiemen" buiten de massa gehouden worden, blijft de toestand van onderkoeling niet bestaan, indien de afkoeling steeds verder voortgezet wordt. Er komt een oogenblik, waarop plotseling op één of meer punten kristalvorming plaats heeft, die zich dan sneller voortplant naarmate de onderkoeling grooter is. Er schijnen dus in een onderkoelde vloeistof in ieder geval kiemen aanwezig te zijn, maar van verschillend vermogen om de kristallisatie in te leiden. Uitvoerige proeven in die richting [1]) hebben dat dan ook geleerd. Nu zal de kans, dat er in een onderkoelde vloeistof zulke kiemen voorkomen des te kleiner zijn, naarmate de massa van zoo'n vloeistof kleiner is. Zeer kleine waterdruppeltjes kunnen b.v. in het algemeen veel verder onderkoeld worden dan groote hoeveelheden. In dit verband veroorloof ik me een opmerking naar aanleiding van een door Orla Jensen [2]) geopperde hypothese over de botervorming. Deze onderzoeker verklaart de sterke onderkoeling, die we bij de vetbolletjes waarnemen ook door hun geringe afmeting, maar op geheel andere wijze. Hij meent, dat de oppervlaktespanning, die voor *zeer* kleine bolletjes van hun afmetingen afhangt en des te grooter wordt naarmate de laatste kleiner zijn, remmend werkt op de kristallisatie. De vetbolletjes zouden daarom eerst *volledig* vast worden bij temperaturen onder 0° C. Deze opvatting is onjuist. De oppervlakte spanning botervet-water is weliswaar zeer hoog, maar door het in de melk opgeloste eiwit wordt ze zóó zeer verlaagd, dat ze tot de waarde 0 naderen moet; dat is juist de voorwaarde voor het geëmulgeerd blijven van het vet. Dat deze oppervlaktespanning werkelijk zeer klein is, blijkt uit de bovenaangehaalde waarneming van Giltay, dat de vetbolletjes in melk, die bij kamertemperatuur gestaan heeft, niet zuiver rond zijn. Maar zelfs wanneer het opgeloste eiwit de oppervlaktespanning niet verlaagde, dan is toch niet aan te nemen, dat ze een remmende werking op de kristallisatie zou uitoefenen, eerder is het omgekeerde het geval. Voor water, waarvan bij de kristallisatie het volume *toeneemt*, zou men zich een dergelijken invloed nog kunnen denken, maar voor de vetten, die zich bij het vastworden samentrekken, zou eerder aan het omgekeerde te denken zijn.

Op grond nu van deze overwegingen was het van belang de dilatometerproef uit te voeren met room, in vergelijking met van te voren gehomogeniseerden room, bij welk proces de vetbolletjes gemiddeld 1200-maal kleiner worden. Den voor deze

---

[1]) Füchtbauer Z. f. Physik. Ch. Bd. 48, 549, 1904.

[2]) Maelkeritidende 1907, 943.

proeven gebruikten room heb ik te danken aan de vriendelijkheid van den heer Beer, directeur der Arnhemsche melkinrichting, wien ik daarvoor ook hier mijn dank betuig.

Van twee dilatometers werd de eene met room van 53 pct. vetgehalte gevuld en de andere met denzelfden, van te voren echter gehomogeniseerden room. Ze werden gedurende 18 uren in een thermostaat van 12° geplaatst en daarna werden de uitzettingen bepaald.

TABEL XXV.

Verwarmd van:	Niet gehom.	Gehom.
13°—20°	64,9	60,8
20°—28°	71,9	66,4
Totaal	136,8	127,2

Een tweede zending met 44 pct. vet leverde:

TABEL XXIII.

Verwarmd van:	Niet gehom.	Gehom.
13°—28°	129,0	112,8
40°—45,7°	32,5	33,7

De uitkomsten zijn dus ook hier in overeenstemming met hetgeen verwacht kon worden. De vetbolletjes van den gehomogeniseerden room zijn blijkbaar in mindere mate van toestand veranderd dan die van den niet gehomogeniseerden room. Boven het smeltpunt zijn de uitzettingen ongeveer gelijk.

Hoe verhouden zich de tot hiertoe verkregen uitkomsten nu tot de practijk van de boterbereiding? De zoogenaamde „koude zuring" is niet anders dan een uitvloeisel van het gedrag van het botervet, wanneer dat aan verschillende temperaturen wordt blootgesteld. Wordt de room in plaats van bij ± 12° tot 15° of hooger gezuurd, dan bestaat de kans, ja in een groot deel van het jaar zal die kans zelfs zeer groot zijn, dat gedurende het zuringsproces het vet geheel of bijna geheel vloeibaar blijft. Door verlaging van de temperatuur, vóór het karnen, wordt dan weliswaar de kristallisatie ingeleid en door de karnbeweging sterk bevorderd, maar het resultaat is toch in zoo'n geval een slappe boter. Maar het is ook zeer wel mogelijk, dat de temperatuur van 15° à 16° nog voldoende laag is om het vet te doen stollen en wanneer men dan b.v. bij 13° karnt, kan nog een boter van uitstekende vastheid worden verkregen. Zooals we nog nader zien zullen, hangt dit van de samenstelling van het vet af. Zooals de practijk dan ook reeds lang weet, er is geen vasten regel aan te geven voor de meest gewenschte wijze van zuren, waarbij natuurlijk ook overwegingen van bacteriologischen aard met betrekking tot de temperatuur een rol spelen. Maar de verkregen uitkomsten laten een eenigszins scherpe definieering toe, van

wat men den „ideaaltoestand" zou kunnen noemen van het melkvet op het oogenblik, dat het karnen begint en ze wijzen den weg, die trouwens in de practijk al dikwijls gevolgd wordt, om zoo dicht mogelijk tot dien toestand te naderen. Deze ideaaltoestand zou dan zijn een *volledige* evenwichtstoestand van het vet vóór het begin van het karnen. Daardoor zou de altijd eenigszins onzekere verandering, die een gevolg is van de karnbeweging, zijn uitgeschakeld. De consistentie van de te verkrijgen boter zou dan (vooropgesteld dat het karnproces *goed* geleid wordt) bijna uitsluitend afhangen van de chemische samenstelling in verband met de aan het einde van het karnen bereikte temperatuur. De evenwichtsverschuivingen hebben toch, zooals reeds werd opgemerkt, bij stijgende temperatuur bijna momentaan plaats. De vaststelling van de gewenschte karntemperatuur zou dan nog moeielijkheden opleveren. Misschien zal het gelukken een voor de practijk bruikbare methode van roomonderzoek uit te werken, die in staat stelt in een paar uren nauwkeurige gegevens te verkrijgen betreffende de meer of minder groote neiging van het roomvet om te kristalliseeren. Vooral in overgangstijdperken, van stal- op weidevoeder en omgekeerd zou zulk een methode goede diensten kunnen bewijzen. Intusschen heb ik in die richting nog zoo goed als geen onderzoekingen kunnen verrichtin, omdat daarvoor de assistentie van minstens één medewerker noodig is, dien ik mis, terwijl bovendien geen technische hulpmiddelen te mijner beschikking staan voor het beheerschen der temperatuur van grootere roommasssa's. Intusschen valt uit mijn uitkomsten, die op blz. 18 en 19 medegedeeld werden, af te leiden, dat een korte afkoeling, belangrijk dieper dan de zuringstemperatuur, vóór het zuringsproces, een gewenschte veiligheidsmaatregel is, in al die gevallen, waar het botervet neiging heeft tot weekheid.

In de provincie Gelderland is het vrij algemeen gebruikelijk den room tot $\pm$ 6° af te koelen, waarmee men, zooals de heer v. d. Burg mij meedeelde, een gunstig resultaat heeft gekregen met betrekking tot de stevigheid der boter. Een diepere afkoeling aan het einde van het zuren is reeds daarom uitgesloten, omdat de room daartoe dan te veel dikvloeibaar is. Een *voorafgaande* diepere koeling heeft trouwens nog het voordeel, dat de ingeleide kristallisatie voortschrijdt gedurende het zuringsproces.

Verder doen de verkregen uitkomsten zien, dat de nog vrij algemeen verbreide meening, dat de groote massa der vetbolletjes eerst gedurende het karnen vast wordt, niet juist is. Hoewel ik steeds met kleine hoeveelheden room (1 à 2 L.) heb moeten werken, heb ik toch sterk den indruk gekregen, dat bij aanwezigheid van veel vloeibaar gebleven bolletjes, een boter van goede consistentie niet is te verkrijgen. Men kon door bij zeer lage temperatuur karnen wel verbeteren in dat opzicht, maar dan liet toch steeds de glans te wenschen over.

Ten slotte geeft de kennis van het gedrag van het roomvet bij verschillende temperaturen misschien een inzicht in het effect van het Swartzsche en Friesche stelsel van oprooming. Zooals bekend is, moet op grond van theoretische beschouwingen de oprooming bij hoogere temperatuur sneller gaan dan bij lagere. De uitzetting van het melkvet is namelijk veel grooter dan die van de vetvrije melk, het verschil in S. G. van beide vloeistoffen, dus ook de opwaartsche druk, dien ieder vetbolletje ondervindt, is dus bij hoogere temperatuur grooter. Bedenkt men daarbij, dat de viscositeit van de melk sterk afneemt bij verhooging van temperatuur, de wrijvingsweerstand voor ieder bolletje dus kleiner wordt, dan is de gunstige invloed van hoogere warmtegraden zeer begrijpelijk. Schijnbaar hiermede in strijd zijn de gunstige resultaten, die men verkrijgt bij de oprooming volgens bovengenoemde stelsels, waarbij de melk juist sterk afgekoeld wordt. Fleischmann [1]) schrijft de aanvankelijk snelle oprooming bij de werkwijze volgens Swartz toe aan twee oorzaken, die uit het volgende citaat blijken: „Sobald man die tierwarme Milch in Eis gesetzt hat, hören alle senkrecht gerichteten Strömungen in ihr auf, da die Abkühlung hauptsächlich vom Boden und von den Seiten der Satten aus, nicht aber von oben, erfolgt. Nur Strömungen in nahezu wagerechter Richtung, von auszen nach innen und umgekehrt, finden statt, die jedoch die Fettkügelchen in ihrer aufwärts gehenden Bewegung nicht hemmen, sofern nur die Satten nicht breiter als etwa 16 bis 20 c.M. sind. Tierwarme Milch braucht nach meinen Beobachtungen, wenn man sie in Swartzscher Satten in Eis setzt, 3 bis 4 Stunden, bis sie sich auf 10° abgekühlt hat. Sie steht also mehrere Stunden lang bei Wärmegraden, bei denen die Bewegungswiderstände für die Fettkügelchen verhältnismässig gering sind. Dies, und das gänzliche Fehlen von senkrecht verlaufenden Strömungen bewirkt, dasz beim Swartzschen Verfahren während der ersten Stunden der Aufrahmung viel mehr Fett in den Rahm gelangt als bei irgend einer anderen der älteren Aufrahmungsweisen. Ja selbst nach 12 Stunden ist das Ergebnis der Aufrahmung fast immer noch wesentlich günstiger, als z. B. beim Holsteinschen Verfahren, die gleiche Beschaffenheit der Milch vorausgesetzt. Sobald aber die Wärme der Milch unter 10° heruntergeht, wachsen die Widerstände im Serum und erschweren die Bewegung der Fettkügelchen mit der Zeit immer mehr. Schon nach 24 Stunden ist daher das Ergebnis beim Swartzschen Verfahren fast immer weniger gut als beim Holsteinschen, noch mehr aber nach 36 Stunden."

De hier genoemde feiten mogen eenigszins bijdragen tot de gunstige werking van de sterke afkoeling, afdoende verklaren doen ze de zaak echter volstrekt niet, want bij het moderne Friesche stelsel, waarbij het *geheele* oproomingsprocédé bij lage temperatuur plaats heeft, nemen we dezelfde snelle oprooming

---

1) Lehrbuch der Milchwirtschaft, 1908. 158.

in de eerste uren waar. Zoo schrijven v. d. Burg en Hepkema [1]): „Indien de melk flink wordt voorgewarmd en daarna diep wordt afgekoeld, b.v. ± 4° C., kan men in 10 à 12 uren wel kaasmelk verkrijgen, welke in het voorjaar en in den zomer niet meer dan 0,6 pct. vet bevat." In zulke gevallen ontbreken weliswaar ook de storende stroomingen, maar die voor de oprooming zoo gunstige 3 à 4 uren, waarin de temperatuur boven 10° is, ontbreken evenzeer. v. d. Zande zegt in zijn boekje over Zuivelbereiding met betrekking tot het Swartzsche stelsel: „Dat de ontrooming onder schijnbaar zoo ongunstige omstandigheden zoo snel en volledig kan plaats hebben, moet wel worden verklaard door het ontstaan van een opstijgenden stroom in het midden der vaten, doordat de melk, die langs de wanden zoo snel wordt afgekoeld en dus soortelijk zwaarder wordt, daar naar beneden zakt." Hoe echter zulk een strooming tot de snelle ontrooming zou moeten bijdragen, is me niet duidelijk. Het meest juist in hun uiting lijken me v. d. Burg en Hepkema, die zeggen, dat het verschijnsel niet verklaard is.

Waar nu verreweg de belangrijkste factor in deze kwestie, de wrijvingsweerstand is, die de vetbolletjes ondervinden, is het waarschijnlijk, dat er bij de sterke afkoeling een factor optreedt, waardoor deze weerstand belangrijk kleiner is dan op grond van meting van de viscositeit moet worden aangenomen. Deze factor is nu, naar ik geloof, voor een groot deel te zoeken in de kristallisatiewarmte van het vet. Wanneer we voor een 20-percentigen room een temperatuurstijging waarnemen van b.v. 1,5° C., dan bedraagt voor 1 K.G. van dien room volgens Fleischmann [2]) de ontwikkelde warmte 1,5 × 840 kleine caloriën. Als deze warmte eens alleen had moeten dienen om vloeibare vetbolletjes te verwarmen, dan zou bij een soortelijke warmte van 0,5 [3]) de temperatuurstijging van ieder bolletje niet minder dan 12,6° bedragen. In werkelijkheid zou echter de stijging minder groot zijn, omdat een deel van de warmte niet voor temperatuursverhooging, maar voor toestandsveranderingen dienst doet. Dit gedeelte is echter niet zoo bijster groot, want we hebben vroeger gevonden, dat beneden ± 11° de volumeveranderingen klein zijn, in vergelijking met die bij ± 16° bij het toevoeren van warmte, terwijl de s. w. van *vast* botervet altijd kleiner gevonden zou moeten worden dan voor vloeibaar, wanneer we bij verwarming toestandsveranderingen konden voorkomen wat niet mogelijk is [4]). Zonder me aan een schatting te wagen, staat het toch wel vast, dat bij diepkoeling een duidelijke temperatuurstijging van ieder

---

1) l. c. pag. 60.

Journ. f. Landwirtschaft Bd. 50, 33, 1902.

3) Fleischmann vond voor 4 monsters: 0,535, 0,539, 0,501 en 0,507.

4) Misschien zou de bepaling der s. w. bij zéér lage temperatuur eenigszins juiste waarden kunnen opleveren.

bolletje intreedt [1]). De hooge s. w. die Fleischmann vond voor krachtig geschudde, 19-percentigen room, n.l. 1,585 wijst daar ook reeds op. De directe omgeving van ieder bolletje stijgt dan ook niet onbelangrijk in temperatuur, waarvan het gevolg is, dat de wrijvingsweerstand verminderd en de opstijging versneld wordt. Daar komt nog bij, dat het vetbolletje nog zal *mede*gevoerd worden naar boven door het omgevende serum, dat, warmer zijnde, gaat opstijgen.

Na enkele uren is het kristallisatieproces zóóver gevorderd, dat nog slechts zeer langzaam veranderingen plaats hebben, de warmteontwikkeling dus practisch ophoudt; dan heeft de opstijging van het vet ook verder veel langzamer plaats. Volgens deze voorstelling zou het verschijnsel dus overeenkomst hebben met hetgeen men waarnemen zou, indien een warme knikker op een stuk weeke was gelegd wordt. Door het smelten van de was wordt de wrijvingsweerstand kleiner en de knikker zakt er door. Het warme vetbolletje *verwarmt* alleen de naaste omgeving, waardoor de wrijvingsweerstand sterk afneemt. Ik heb nog geen gelegenheid gehad om na te gaan of deze hypothese juist is, door met geperfectionneerde apparaten het thermisch gedrag van room vast te stellen, maar een feit is het, dat ze de eigenaardigheden, die de practijk reeds lang kent, eenvoudig verklaart. Zoo heeft bij lage temperatuur een zeer slechte oprooming plaats, indien vóór het te roomen zetten de melk reeds gedurende geruimen tijd koud geweest is; de vetbolletjes zijn dan van te voren gestold en de warmteontwikkeling *gedurende* de rooming moet derhalve achterwege blijven. Ten deele kan de ongunstige invloed van lange voorkoeling vóór de rooming ook verklaard worden, zooals v. d. Burg en Hepkema opmerken, door de omstandigheid, dat de viscositeit van vetvrije melk niet *direct* na de afkoeling haar maximum bereikt, maar eerst later. Groot kan de invloed daarvan echter niet zijn: de gevonden verschillen in viscositeit bij directe meting en na 24-urige afkoeling zijn daarvoor te klein. Dezelfde schrijvers merken nog op, dat de invloed van het vervoer van de melk zich duidelijk laat gelden, indien men de melk niet voorwarmt. Ze schrijven: „De ondervinding heeft verder geleerd, dat sterke beweging van de melk bij het vervoer, b.v. in niet geheel gevulde kannen op wagens zonder veeren, vooral in den herfst en in den winter, wanneer dus de melk tijdens het transport sterk afkoelt, een ongunstigen invloed op de ontrooming volgens het Swartzsche stelsel uitoefent.

Ook bij het Friesche systeem is, wanneer men daar het voorwarmen achterwege laat, de invloed van het vervoer duidelijk

---

[1]) Het relatief groote oppervlak der vetbolletjes zal wel is waar oorzaak zijn van een snelle afvloeiing der warmte naar het serum, maar de bolletjes stijgen, zooals Fleischmann ook aangeeft, niet afzonderlijk, maar in agglomeraten op. Ook het geleidingsvermogen voor de warmte van de slijmlaag om de vetbolletjes speelt een rol; dit zal wel gering zijn. Toch ligt hier het zwakke punt van de geopperde hypothese, die tot verder onderzoek aanleiding geeft.

merkbaar. In verschillende fabrieken, waar men er wel op ingericht is, de melk voor te warmen, geschiedt dit dikwijls alleen in het najaar. Dat de afkoeling van de melk, voordat deze aan de fabriek komt van invloed is op de oprooming, blijkt ook uit het verschijnsel, dat in fabrieken, waar niet wordt voorgewarmd, op koudere dagen een slechtere oprooming plaats heeft dan op warmere dagen . . . . . ."

Zooals men ziet, is dit alles in overeenstemming met mijn hypothese. Indien er slechts voor gezorgd wordt, dat de vastwording *gedurende* de oprooming plaats heeft, verloopt deze gunstig. Van dit standpunt is het ook duidelijk, dat behalve de viscositeit van het serum, de samenstelling van het vet van groot belang moet zijn voor de oprooming. Een langzaam kristalliseerend vet zal cet. par. een minder goede oprooming geven dan een snel vastwordend vet, zooals het b.v. bij bietenvoedering verkregen wordt. In dit verband is het interessant, wat de practijk geleerd heeft.

Het Swartzsche stelsel van oproomen voldoet in de maanden October, November en December zóó weinig, dat het dikwijls door het Holsteinsche vervangen wordt. Men schrijft dit toe aan het feit, dat bij de melk van oudmelksche koeien de omstandigheden ongunstig zijn, zulke melk is meestal dikker, meer taaivloeibaar, terwijl bovendien de vetbolletjes kleiner zijn. Maar deze bezwaren bestaan voor het Holsteinsche systeem evenzeer; het groote verschil in resultaat van de beide stelsels wordt zeker niet hierdoor alleen verklaard. Ik geloof, dat een minstens even groote rol speelt de veel mindere neiging van de vetbolletjes in oude melk om te kristalliseeren, terwijl de kristallisatiewarmte vermoedelijk kleiner is dan bij het vet van nieuwe melk. Vooral bij weidegang in het najaar is het vet weinig tot vastworden geneigd, hetgeen in overeenstemmnig is met het vinden van zeer hooge joodgetallen in dien tijd. Bij zulke melk zal dus gedurende de oprooming weinig warmte ontstaan in de vetbolletjes; er wordt dus niet voldaan aan de voorwaarde, die bij lage temperatuur een snelle oprooming doet ontstaan. Over deze kristallisatiewarmte in verband met de lactatieperiode en de voedering hoop ik later iets te kunnen mededeelen.

II. De invloed van het voeder op den physischen toestand van het melkvet.

Het is algemeen bekend, dat de aard van het voeder invloed uitoefent op de samenstelling van het vet en dus ook op den physischen toestand daarvan onder bepaalde omstandigheden. De voedering van bieten, aardappels of stroo levert b.v. een vast vet, van veel lijnkoek daarentegen weeke boter. Over dit onderwerp zijn talrijke uitvoerige verhandelingen verschenen; de hier volgende proeven hadden dan ook niet in de eerste plaats ten doel op dit gebied nieuws te brengen, maar er werd mede beoogd na te gaan, in hoeverre de dilatometrische methode geschikt is

voor het maken van een nauwkeurige studie van de eigenschappen van den room in verband met de voedering.

Uit tabel XXIV blijkt in hoe sterke mate het gedrag van room, afkomstig van verschillende koeien, verschilt indien men de toestandsveranderingen beschouwt, die bij verwarming optreden, nadat de verschillende monsters aan eenzelfde afkoeling zijn onderworpen geweest. De melk van de vier bedoelde koeien, die op dezelfde weide liepen, werd afzonderlijk gehouden en gecentrifugeerd. De dikke room werd door verdunnen met de ondermelk op 45 pct. vetgehalte gebracht en in vier dilatometers gedurende 21 uren op 11,8°—12° C. afgekoeld. Daarna werd de uitzetting gemeten bij verwarming van 13° tot 28° C.; ze is weer aangegeven in de tabel per 10 000 volume-eenheden.

TABEL XXIV.

Verwarmd van:	Koe „Wit".	Koe 32.	Koe „Driespeen".	Koe 9.
13°—28° . .	158,8	138,5	183,0	162,8
Pct. vet . .	44,6	45,3	45,1	45,1

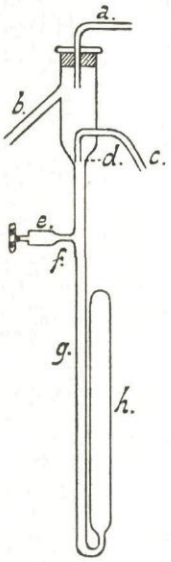
In verband met hetgeen in hoofdstuk I werd behandeld, valt hieruit dus te besluiten, dat het vet van koe 32 zeer weinig, van „Driespeen" groote neiging tot kristalliseeren had. Er kan hier al dadelijk worden bijgevoegd, dat de uit den room bereide boter zeer uiteenloopende stevigheid vertoonde, die echter parallel ging met de cijfers voor de uitzetting gevonden: koe 32 gaf wat weeke, „Driespeen" zeer harde, bijna kruimelige boter, terwijl die van de beide andere afkomstig, tusschen beide inlag, wat stevigheid betreft. Hierop kom ik nog terug.

In den winter 1912—1913 werd aan de Proefzuivelboerderij een voederproef genomen [1]) ter vergelijking van een eiwitrijk en een eiwitarm rantsoen.

De proef werd met twee groepen van 11 koeien genomen. Ik heb van deze gelegenheid gebruik gemaakt om de door de verandering van voeder optredende veranderingen in de eigenschappen van het melkvet dilatometrisch na te gaan. Te dien einde werd gedurende den geheelen tijd, welken de proef duurde, bijna geregeld tweemaal per week een monster room van de beide groepen op 45 pct. vetgehalte gebracht (door toevoeging van de ondermelk) en gedurende 21 uren op 11,8° à 12° C. afgekoeld: dat is dus ongeveer dezelfde temperatuur, die bij de koude zuring gebruikelijk is. Daarna werd de uitzetting bepaald bij verwarming van 13° tot 28° C.: deze warmtegraden zijn geheel willekeurig gekozen. Bij dergelijke proeven is een eerste eisch, dat de temperatuur zooveel mogelijk constant blijft: verschillen van een paar tienden van een graad verraden zich duidelijk in de uitkomst. Om bij een groot aantal proeven vergelijk-

[1]) J. J. Ott de Vries. Verslag over het jaar 1912.

bare cijfers te verkrijgen, werden alle hieronder volgende proeven uitgevoerd bij 11,8° à 12° C. Hiervoor was dus een goed werkende thermostaat noodig. Omdat bij roemonderzoekingen het werken bij constante temperatuur beneden die van het laboratorium dikwijls voorkomt, wil ik hier in het kort aangeven, op welke wijze dit doel bij physisch-chemisch werk meestal bereikt wordt.



Een goed, door watten geïsoleerd cilindervormig vat van gegalvaniseerd ijzer, welks inhoud ± 10 L. bedraagt en van een overloopbuisje voorzien is, diende mij als thermostaat. De regeling van de temperatuur geschiedde door middel van den regulateur van Foote, met water, dat door een in ijs geplaatste looden buis gevoerd werd.

De hier geteekende regulateur werkt als volgt: De vloeistof (toluol of alcohol), die zich in het reservoir *h* bevindt, zet zich uit, wanneer door toevoer van warmte van de omgeving de temperatuur van het water in het cilindervat stijgt boven den gewenschten warmtegraad; ze sluit dan door het kwik, dat zich in de capillair *g* bevindt, de opening *d* van de afvoerbuis *c*—*d* af. Het door *a* toegevoerde ijs- of tenminste koude water vloeit door *b* in den thermostaatbak. Dientengevolge daalt de temperatuur van het water daarin, de opening *d* komt weer vrij en het ijswater kiest zijn weg door *c* en vloeit buiten de thermostaat af. Wanneer de temperatuurschommelingen in de kamer niet *al* te groot zijn, kan men de temperatuur van het bad wel op 0,1° na constant houden. Aanvankelijk heb ik echter in den winter wel moeilijkheden ondervonden in mijn laboratorium, dat op het Noord-Oosten ligt.

De twee groepen kregen de volgende rantsoenen:

Voorperiode. 13 December 1912—16 Januari 1913.

Alle koeien: 8 K.G. hooi.
5 „ stroo.
18 „ bieten.
2 lijnkoeken.
1 sojakoek.

Hoofdperiode. 21 Januari—28 Maart 1913.

Groep I.	Groep II.
8 K.G. hooi.	8 K.G. hooi.
5 „ stroo.	5 „ stroo.
35 „ bieten.	10 „ bieten.
½ lijnkoek.	2 lijnkoeken.
½ sojakoek.	1 sojakoek.
½ K.G. maïs.	1 K.G. maïs.

Naperiode. 1—15 April 1913.

Als in de voorperiode, echter 1 lijnkoek i. p. v. twee.

Tabel XXV geeft de uitkomst van de metingen aan. Het vetgehalte van den room der beide groepen was dus ± 45 pct.; hij werd gedurende 21 uren op 11,8° à 12° C. gekoeld. Alleen bij de eerste proeven werd van deze cijfers afgeweken; het was me er aanvankelijk slechts om te doen, na te gaan in hoeverre de twee groepen van 11 koeien, die hetzelfde voeder kregen, verschillen opleverden, wat betreft de eigenschappen van het melkvet. Ook liet de techniek van de proeven in het begin te wenschen over; het constant houden van de temperaturen lukte niet best. Later heb ik door verbetering van de gebruikte toestellen de uiterlijke omstandigheden meer kunnen bedwingen. Van tijd tot tijd werd ook de uitzetting van de ondermelk bepaald.

TABEL XXV.

Datum.	Uitzetting per 10 000 vol. eenheden.		Pct. vet.		Uitzetting der ondermelk. [1])		Opmerkingen.
	Gr. I.	Gr. II.	Gr. I.	Gr. II.	Gr. I.	Gr. II.	
3 Jan. 1913	73,4	80,5	36,5	38,5	—	—	24 uren op 11,5 à 12° afgekoeld verwarmd van 13° tot 22,5°.
7 „	117,6	123,3	39,05	39,5	34,2	36,0	19 uren afgekoeld.
9 „	135,2	143,7	50,2	50,2	34,1	34,3	19 „ „
13 „	132,7	142,5	45,1	45,1	—	—	21 „ „ op 12—10,5° C.
16 „	132,0	141,5	44,8	44,8	—	—	Idem idem.
22 Jan.	153,2	137,9	45,1	45,1	33,5	33,5	Hier werd door een vergissing van 13° tot 26° verwarmd. De uitzetting van 26°—28° werd als in de vorige proef genomen.
27 „	152,2	144,1	45,0	45,0	—	—	
6 Febr.	152,1	142,1	45,1	44,8	—	—	
11 „	157,7	143,7	45,8	45,8	—	—	
17 „	157,7	141,4	44,4	44,2	—	—	
20 „	165,8	153,9	45,1	45,3	—	—	
25 „	165,0	142,1	46,2	45,1	33,5	33,5	
4 Maart	171,4	141,5	45,1	45,1	—	—	
13 „	177,6	143,7	45,1	45,0	—	—	
18 „	187,8	151,9	45,9	46,0	-	—	
27 „	176,4	147,2	45,0	45,0	—	—	
31 Maart	149,4	141,9	44,8	44,9	33,9	33,6	
3 April	151,4	150,5	42,9 (?)	44,2	—	—	
8 „	161,1	161,5	44,9	45,1	—	—	
11 „	146,4	153,6	44,0	44,5	—	—	
14 „	147,5	157,0	44,0	44,5	—	—	
17 April	147,0	168,7	45,4	45,6	34,2	36,3	
19 „	130,8	167,8	45,3	45,4	—	—	

[1]) De dilatometers waren geheel gevuld met ondermelk. De cijfers gelden dus ook per 10 000 vol. eenheden.

Beschouwt men deze tabel, dan is uit de cijfers van de vóór-periode alleen dit te besluiten, dat de uitzettingen van den room van groep I duidelijk kleiner zijn dan die bij groep II. De beide dilatometers werden namelijk op geheel gelijke wijze behandeld en de cijfers van kolom III zijn zonder uitzondering grooter dan die van kolom II.

Nadat op 17 Januari de voederverandering was begonnen, vertoont zich vanaf den 22sten een groot verschil. De uitzettingen zijn nu voor groep I duidelijk grooter, dus juist omgekeerd als vóór 17 Januari. De in de practijk reeds lang bekende invloed van de voedering van veel bieten, waardoor een zeer stijve boter verkregen wordt, toont zich dus ook zeer duidelijk bij de dilatometerproef. Men vergelijke b.v. de waarden van 13 en 16 Januari, die nog een weinig te hoog zijn, omdat de koeltemperatuur iets te laag was, met die van na 22 Januari. Voor groep II vinden we deze sterke toeneming niet. Ook de sterke daling bij groep I tusschen 27 en 31 Maart is typisch. Verder valt op te merken, dat de cijfers van groep I gedurende de hoofdperiode stijgen; het heeft dus geen zin daaruit een gemiddelde te nemen en foutenberekeningen te maken. In quantitatief opzicht verliest de proef daardoor dus aan waarde, maar de gevonden verschillen zijn wel zoo groot, dat er niet aan getwijfeld kan worden, of ook de dilatometerproef verraadt den invloed van de bietenvoedering. Onder aan de tabel vindt men nog de data 17 en 19 April. Op den 15den waren de koeien van groep I uitgejaagd, terwijl groep II op stal bleef. Op den 19den April vond ik het getal 130,8 voor groep I tegen 167,8 voor groep II. De oorzaak van de sterke stijging bij groep II is me onbekend.

Beschouwt men nu deze proeven in het licht van het in hoofdstuk I behandelde, dan kunnen we dus zeggen, dat de voedering van groote hoeveelheden bieten een zoodanige samenstelling van het melkvet tengevolge heeft, dat het sterke neiging heeft om van den vloeibaren in den vasten toestand over te gaan. Dat dit werkelijk zoo is, bleek nog uit de volgende proef.

Gelijktijdig met de proef van 19 April in tabel XXV, werden ook twee dilatometers gevuld met den room van beide groepen, maar die werden gedurende 21 uren bij 16° à 18° C. gehouden. Daarna werd de uitzetting bij de verwarming van 16° tot 28° C. bepaald. De uitkomst geeft tabel XXVI.

TABEL XXVI.

Verwarmd van:	Gr. I (45,8 pct. vet).	Gr. II (45,8 pct. vet).
16°—19°	20,8	28,6
19°—22°	21,5	31,6
22°—25°	20,6	27,1
25°—28°	20,7	25,2
Totaal	83,6	112,5

De uitzetting van groep I is ook hier kleiner, en, waar het vooral op aankomt, bijna lineair; voor groep II is dat volstrekt niet het geval. Bij de verwarming van 19°—22° werd een uitzetting gevonden van 31,6 tegen 25,2 bij de temperatuurstijging van 25° tot 28°. Bij de in hoofdstuk I beschreven proeven werd bij een koeltemperatuur van 16° geen toestandsverandering waargenomen, het vee was in dien tijd in de weide en ook nu vond ik dit voor den room van groep I. De bietenvoedering, of waarschijnlijk het stalvoeder in het algemeen veroorzaakt al bij temperaturen boven 16° een begin van kristallisatie. Hoe groot de invloed van het voeder is blijkt wel hieruit, dat de gevonden uitzetting 112,5 voor groep II, waarvan de room dus gedurende 21 uren op 16° à 18° was gehouden, *grooter* is dan die van den room van groep I, die 21 uren lang op 12° C. was afgekoeld (in tabel XXV niet opgegeven) en het cijfer 105,6 leverde.

Tegen deze proeven zou nu nog kunnen worden aangevoerd, dat de gevonden verschillen in uitzetting misschien ten deele zouden moeten worden toegeschreven aan verschillen, die in den room zelf en dus niet in toestandsveranderingen van het vet gelegen zijn. De in tabel XXV opgegeven cijfers voor de uitzetting van de ondermelk en de volgende, in die tabel niet opgegeven, cijfers voor de volumeveranderingen van den room bij temperaturen boven het smeltpunt van het melkvet, doen zien, dat de gevonden verschillen bijna uitsluitend aan de toestandsveranderingen zijn toe te schrijven. Zoo vertoonden de *beide* roommonsters, waarop de cijfers van tabel XXVI betrekking hebben bij de verwarming van 40,1° tot 44,3° C., het getal 24,5. Bij de proef van 3 April (tabel XXV) vond ik voor beide groepen 32,3 bij het verwarmen van 40,0° tot 45,7° C. Op 13 Maart 22,7 en 22,9 voor een temperatuurstijging van 40,2° tot 44,2° C. en op 25 Februari 29,5 en 29,7 bij de verwarming van 39° tot 44,3° C.

Na al deze uitkomsten mogen we wel zeggen, dat de gevonden verschillen in uitzetting van den room, wel een gevolg zijn van de verschillen in toestandsverandering van het vet. De vraag lag nu voor de hand: bestaat er misschien eenig verband tusschen de uitzetting van op bepaalde wijze vóórgekoelden room en de chemische samenstelling en consistentie van de uit dien room bereide boter. Voordat ik overga tot de beschrijving van de in deze richting genomen proeven, mogen nog een paar uitkomsten vermeld worden, die ook betrekking hebben op den invloed van de voedering op de uitzettingen van den room.

In den herfst van 1913 werd de room, afkomstig van vijf oudmelksche koeien op geheel gelijke wijze als boven aangegeven onderzocht, om de veranderingen van het melkvet bij de opstalling na te gaan. De proef werd op 31 October begonnen, op 24 November kwam het vee op stal en kreeg alleen hooi en 2 lijnkoeken.

TABEL XXVII.

Datum.	Uitzetting per 10000 vol. eenheden.	Pct. vet.
31 October	125,7	45,3
4 November . . .	128,3	44,7
10 „ . . .	128,8	45,7
17 „ . . .	131,0	—
24 „ . . .	136,1 [1])	44,9
26 November . . .	147,2	45,4
29 „ . . .	153,7	45,4
4 December . . .	154,4	45,4

Ook uit deze proef blijkt dus, dat de dilatometerproef een beeld vermag te geven van de verandering, die, zooals bekend is, het vet bij de opstalling ondergaat. Over het verband dezer cijfers met de consistentie van de boter wordt in hoofdstuk III nog gesproken.

Nog een derde maal werd een dergelijk onderzoek verricht, waarbij geprofiteerd werd van de voederproef, die op de Proefzuivelboerderij genomen werd in den winter 1913—1914 [2]), welke ten doel had de meerdere of mindere geschiktheid van zoogenaamde molastego, melasse-ampas, als voeder voor melkvee na te gaan. Er werd weder met 2 groepen van 11 koeien geëxperimenteerd. De koeling van den room werd op dezelfde wijze uitgevoerd, evenals de bepaling der uitzettingen.

De rantsoenen waren de volgende:

Voorperiode. 18 December 1913—20 Januari 1914.

Alle koeien: 12 K.G. hooi.
2 „ molastego.

Van iedere groep 6 koeien 4, en 5 koeien 3 lijnkoeken.

Hoofdperiode. 23 Januari—21 Maart.

Groep I: 8 K.G. hooi.
3½ „ molastego.
4 koeien 3½ en 7 koeien 2½ lijnkoek.

Naperiode. 21 Maart—17 April.

Alle koeien: 12 K.G. hooi.
2 „ molestego.

Van iedere groep 7 koeien 2, en 4 koeien 3 lijnkoeken.

---

1) Door een vergissing waren de koeien zonder mijn voorkennis op een andere weide overgebracht,

2) J. J. Ott de Vries. Jaarverslag der vereeniging tot exploitatie eener Proefzuivelboerderij te Hoorn 1913.

Gedurende de vóór- en naperiode werden tweemaal-, tijdens de hoofdperiode éénmaal per week monsters melk van de beide groepen op 45 percentigen room verwerkt en als vroeger onderzocht, dus na 21-urige afkoeling op 12° C. Tabel XXVIII geeft de uitkomsten. De proef eindigde op 17 April. Met groep II, die op dezen datum naar de weide overging, heb ik de metingen nog voortgezet tot 7 Mei, om nog eenige gegevens te verkrijgen over den invloed van dezen overgang op het melkvet.

TABEL XXVIII.

DATUM.	Groep I.	Groep II.	Pct. vet.	
			Groep I.	Groep II.
9 Januari	138,7	147,7	44,8	45,1
10 „	143,0	151,0	45,5	44,7
16 „	138,3	152,9	44,4	46,2
20 „	139,7	146,6	44,9	44,9
Gemiddeld	139,9	149,5		
24 Januari	136,7	148,5	45,2	45,2
28 „	133,0	150,2	44,1	44,7
2 Februari	138,6	147,6	44,4	44,0
9 „	138,0	146,6	46,0	46,0
16 „	133,2	141,0	44,9	44,6
23 „	149,1	152,9	45,1	45,6
25 „	151,6	147,1	45,2	45,6
2 Maart	138,0	146,1	45,0	45,1
9 „	137,4	146,7	45,7	45,1
16 „	143,7	152,8	—	—
21 „	132,7	141,2	45,3	44,9
Gemiddeld	139,3	147,3		
24 Maart	143,3	146,5	45,7	45,6
31 „	151,4	156,1	45,3	45,1
4 April	144,4	146,2	44,6	44,6
9 „	—	140,0	—	45,0
11 „	139,8	142,8	—	—
14 „	139,0	145,6	—	—
17 „	156,3	158,6	44,9	45,0
Gemiddeld	145,7	147,9		
21 April	150,6	128,2	45,1	44,9
24 „	—	127,1	—	45,0
27 „	—	126,1	—	45,1
30 „	—	134,4	—	44,9
4 Mei	—	133,3	—	45,6
6 „	—	133,6	—	45,0

In deze tabel valt wel in de eerste plaats op, dat de cijfers voor de uitzettingen bij een en dezelfde groep zoo sterk uiteenloopen. De oorzaak hiervan kan niet in temperatuurschommelingen

gelegen zijn; deze waren niet grooter dan 0,2° C. Toen ik echter op 23 Februari (zie tabel) navraag deed bij den heer Pijper, die het toezicht op de voedering hield, of er misschien verandering in het voeder gebracht was, deelde deze me mede, dat vanaf 17 Februari een zeer sterk gebroeid hooi gegeven was. Of nu de plotselinge stijging op den 23sten daaraan toegeschreven moet worden is zonder meer niet te zeggen, maar een feit is, dat de kwaliteit van het voeder gedurende deze proef dikwijls wisselde. De in de tabel opgegeven gemiddelden hebben dan ook eigenlijk weinig zin en een foutenberekening moest ook hier achterwege blijven. Wanneer men uit de tabel een conclusie zou willen trekken, zou het deze zijn, dat de vervanging van het hooi door molastego de kristallisatieneiging van het vet weinig of niet vermindert. De invloed van den overgang naar de weide vertoont zich ook hier weer zeer duidelijk; vooral in de eerste dagen is het verschil het grootst, zooals men ook voor andere grootheden wel gevonden heeft.

III. Over het verband tusschen den invloed van het afkoelen van den room en de chemische samenstelling van het melkvet.

Een ook voor de practijk belangrijk punt is de nauwkeurige kennis van al de omstandigheden, die invloed uitoefenen op de consistentie van de boter. Daarbij moet men onderscheid maken tusschen de consistentie bij of onmiddellijk na de botervorming en die, welke men na geruimen tijd bewaren constateert. Beide grootheden zijn functies van de chemische samenstelling van het vet en de zurings- en karntemperatuur, resp. de temperatuur, waarbij het bewaard wordt. Met betrekking tot de eerste speelt ook de duur van het zuren een rol.

Met het oog op de omstandigheid, dat een boter, waarvan de consistentie bij de bereiding niet de gewenschte is, ook later geen prima product worden kan, zou een nauwkeurig onderzoek naar al de factoren, die invloed uitoefenen op de vastheid onmiddellijk na het karnen, het meeste de moeite waard zijn. Zoo zou b.v. een systematisch onderzoek wel gewenscht zijn, waarbij boter bereid werd uit room van zeer verschillende herkomst, na precies dezelfde voorafgaande behandeling, terwijl gelijktijdig de consistentie bepaald en een chemische analyse verricht werd. De inrichting van de Proefzuivelboerderij laat echter een dergelijk onderzoek niet toe en bovendien ontbreekt het personeel voor eenigszins uitgebreide proeven. In aansluiting aan de hoofdstukken I en II, heb ik nog eenige cijfers verzameld, die hieronder vermeld mogen worden.

Nadat mijn proeven geleerd hadden, dat de uitzettingen van room van verschillende herkomst na een bepaalde vóórbehandeling zeer sterk uiteenloopen (ik vond ze van 188 tot 125 per 10 000 volume-eenheden), kon met grond verwacht worden, dat onder

overigens gelijke omstandigheden een room, die zich sterk uitzet, een harde, die zich slechts weinig uitzet, een weeke boter leveren zou. Hier kan reeds dadelijk gezegd worden, dat ik herhaaldelijk botermonsters, die gedurende één à twee weken bij dezelfde temperatuur bewaard waren, naar de vastheid beoordeeld, op een rij liet plaatsen, waarbij dan bijna zonder uitzondering bleek, dat de volgorde dezelfde was als die der gevonden uitzettingen van de roommonsters, waaruit de boter bereid was. Dit is wel een vrij ruwe proef, maar ze werd dikwijls herhaald, en daarbij werd sterk de indruk gekregen, dat uitzetting en vastheid nagenoeg parallel gaan. Van objectieve consistentiebepalingen heb ik voorloopig afgezien, ten eerste omdat een goede methode hiervoor nog niet is uitgewerkt [1]) en ten tweede, omdat cijfers hierover slechts van beteekenis zijn, als men met grootere roomhoeveelheden werken kan dan mij mogelijk is.

Van de veronderstelling uitgaande, dat uitzetting en consistentie ongeveer parallel gaan, was het de moeite waard na te gaan, in hoeverre er verband bestaat tusschen de uitzettingen van den room en de joodgetallen van de daaruit bereide boter. Door verschillende schrijvers [2]) wordt namelijk aangenomen, dat een hoog joodgetal van de boter met weekheid, een laag met grootere stevigheid gepaard gaat. Ook deze bewering berust intusschen niet op nauwkeurige metingen van de consistentie, maar op subjectieve waarneming.

Vanaf den 18den Maart 1913 heb ik uit alle roommonsters, waarvan de uitzettingen gemeten werden na 21-urige afkoeling op 12° C., ook boter bereid om het joodgetal te kunnen bepalen. Al spoedig bleek, dat bij een sterke uitzetting, die wijst op meer gevorderde evenwichtsverschuivingen bij de afkoeling, het joodgetal laag gevonden werd en omgekeerd. Tabel XXIX geeft voor de uitzettingen dezelfde cijfers als tabel XXV (vanaf 18 Maart) en de daarbij behoorende joodgetallen. De „berekende" joodgetallen werden op de volgende wijze gevonden. Er werd van de veronderstelling uitgegaan, dat de verschillen in uitzetting evenredig zijn met die in de joodgetallen. In de volgende tabel komt dus het verschil 187,8—130,8 in de uitzetting overeen met het verschil in de joodgetallen 47,5—34,4. Op deze basis werden de overige getallen berekend. Nu spreekt het wel vanzelf,

---

1) De door Meyeringh (Studie over de factoren, op het vochtgehalte der boter van invloed, Dissertatie Delft 1911) toegepaste methode, die op het beginsel van Brullé gebaseerd is, is principieel foutief. Door „consistentie" heeft men te verstaan den weerstand tegen vormverandering, terwijl bij de proeven van Meijeringh de wrijving van het messingstaafje tegen de botermassa de hoofdrol speelt, zooals duidelijk blijkt uit de cijfers, die deze schrijver meedeelt voor het gebruik van messing- en glasstaafjes. De getallen verhielden zich voor deze stoffen als 1 : 3. Ik hoop later over consistentiemetingen iets te kunnen mededeelen.

2) Voor de litteratuur over dit punt zij verwezen naar Mulder's geschrift: „Het joodadditiegetal van de boter, door 50 Drentsche fabrieken bereid. Verslag over 1913 betreffende de proefnemingen in het belang van het Zuivelbedrijf."

dat deze aanname niet juist kan zijn, want dat zou beteekenen, dat de neiging tot kristalliseeren van het vet uitsluitend zou afhangen van de hoeveelheid onverzadigde verbindingen (in hoofdzaak van oliezuur dus) hetgeen bij de wisselende samenstelling van het vet al zeer onwaarschijnlijk is. De afwijkingen, die de gevonden cijfers vertoonen van de berekende, geven echter eenigermate een beeld van de grootte van den invloed, dien deze onverzadigde verbindingen uitoefenen op de neiging tot kristalliseeren van het vet.

TABEL XXIX.

DATUM.	GROEP I.			GROEP II.		
	Uitzetting.	Joodget Gev.	Joodget. Ber.	Uitzetting.	Joodget. Gev.	Joodget. Ber.
18 Maart	**187,8**	**34,4**	**34,4**	151,9	44,7	42,8
27 „	176,4	35,8	37,0	147,2	43,6	43,7
31 „	149,4	42,3	43,2	141,9	44,0	44,9
3 April	151,4	41,0	42,8	150,5	41,9	42,9
8 „	161,1	39,9	40,5	161,5	39,9	40,4
11 „	146,4	42.0	43,9	153,6	40,9	42 2
14 „	147,5	—	—	157,0	—	—
17 „	147,0	44,3	43.7	168.7	38,6	38,8
19 „	**130,8**	**47,5**	**47,5**	167,8	37,4	39,0

Hier volgen dezelfde cijfers, gerangschikt naar de uitzettingen, waardoor een beter overzicht verkregen wordt.

TABEL XXX.

Uitzetting.	Joodget. Gev.	Joodget. Ber.
187,8	**34,4**	**34,4**
176,4	35,8	37,0
168,7	38,6	38,8
167,8	37,4	39,0
161,5	39,9	40,4
161,1	39,9	40,5
153,6	40,9	42,2
151,9	44,7	42,8
151,4	41,0	42,9
150,5	41,9	42,9
149,4	42,3	43,2
147,2	43,6	43,7
147,0	44,3	43,7
146,4	42,0	43,9
141,9	44,0	44,9
130,8	**47,5**	**47,5**

Beschouwt men deze tabel, dan kan een zekere mate van paralleliteit van uitzetting en joodgetal niet ontkend worden, vooral indien men bedenkt, dat de techniek van deze proeven niet zoo heel gemakkelijk is, terwijl de bepaling van het joodgetal niet tot de meest exacte analytische methoden gerekend kan worden. Waren de hier verkregen uitkomsten algemeen, dan zou men de gevolgtrekking kunnen maken, dat de hoeveelheid der onverzadigde verbindingen in het botervet voor de kristallisatie van de vetbolletjes de hoofdrol speelt.

Tabel XXXI geeft de cijfers, die op volkomen dezelfde wijze en ook op dezelfde basis als de voorafgaande werden gevonden, resp. berekend. Ze hebben betrekking op de voederproef in den winter 1913—1914 (zie tabel XXVIII).

TABEL XXXI.

DATUM.	GROEP I.			GROEP II.		
	Uitzetting	Joodget. Gev.	Joodget Ber.	Uitzetting.	Joodget. Gev	Joodget. Ber.
13 Januari . . .	143,0	46,0	44,7	151,0	43,5	42,9
16 „ . . .	138 3	45,4	45.8	152.9	42.2	42,4
20 „ . . .	139,7	45 1	45,5	146,6	44,5	43,9
24 Januari . . .	136,7	45,9	46,1	148.5	45,1	43,4
28 „ . . .	133,0	47,9	47,0	150,2	43.5	43,1
2 Februari . . .	138,6	46.2	45,7	147,6	44,1	43,6
9 „ . . .	138,0	45,9	45,8	146.6	44.5	43,9
16 „ . . .	133,2	47,7	47,1	141,0	46,1	45,1
23 „ . . .	149,1	43,4	43,3	152,9	43,3	42,4
2 Maart	138,0	47,1	45.8	146,1	44,8	44,1
9 „	137,4	45,3	46,0	146,7	44,4	43,8
16 „	143,7	44,4	44 5	152,8	41,9	42,4
21 „	132,7	48,2	47,1	141,2	46,6	45,1
24 Maart	143.3	44,8	44,6	146,5	43.8	44,0
31 „	151,4	41,6	42,7	156 1	40.1	41,6
4 April	144,4	42,0	44,4	146.2	42 3	44,1
9 „	—	—	—	140,0	43,3	45,4
11 „	139,8	43,5	45 5	142,8	42,4	44.7
14 „	139,0	43,2	45,6	145,6	41,8	44,2
17 „	156,3	39,6	41,6	158,6	39,4	41,1
21 April	150,6	41,6	43,0	128.2	47,8	48,3
24 „	—	—	—	127,1	47,6	48,4
27 „	—	—	—	126,1	45,0	48,6
30 „	—	—	—	134,4	43,4	46,6
4 Mei	—	—	—	133,3	42,9	46,9
6 „	—	—	—	133,6	42,9	46,9

Ook bij deze proef komen in het algemeen de gevonden en berekende joodgetallen tamelijk wel met elkaar overeen, er komen echter ook groote afwijkingen voor. Deze zijn wel het grootst eenige dagen, nadat de koeien den stal verlaten hadden. Zoo werd op 27 April het joodgetal 45,0 gevonden tegen het berekende getal 48,6 en ook de volgende dagen bleef het gevonden getal

ver beneden de berekende waarde. Er komen in de tabel ook eenige sprongen voor, die, zooals we vroeger zagen, waarschijnlijk aan veranderde kwaliteit van het voeder toe te schrijven zijn en welke zich in de joodgetallen typisch afspiegelen. Dat is b.v. op 23 Februari het geval geweest en ook op 17 April bij groep I, terwijl de overgang van den stal naar de weide bij groep II voor uitzetting en joodgetal beide even duidelijk is.

We kunnen dus uit deze uitkomst de conclusie trekken, dat de hoeveelheid der in het botervet voorkomende onverzadigde verbindingen wel meestal een maatstaf is voor de kristallisatieneiging, maar regel is het klaarblijkelijk niet.

Het was nu interessant om te weten, of de consistentie aan de boter in die gevallen, waarin zulke groote afwijkingen gevonden werden, meer in overeenstemming was met de uit de uitzetting *berekende* dan met de voor het joodgetal *gevonden* waarden. De boter van 30 April, 4 Mei en 6 Mei was zeer week en volgens de opgedane ervaringen meer in overeenstemming met de berekende cijfers. Dit bleek nog zeer duidelijk door vergelijking van deze boters met die van vier stalkoeien, welke op den 29sten April bereid was. Deze gaf bij een uitzetting 150,3, het joodgetal 41,4 en was *veel* harder dan die van 4 en 6 Mei; het verschil was veel grooter dan men op grond van het kleine verschil in de joodgetallen (41,4 en 42,9) verwachten zou. De uitzettingen van den room gaven een beter beeld van het verschil in consistentie.

Nòg duidelijker bleek dit bij de proef met room van vijf oudmelksche koeien (tabel XXXII).

TABEL XXXII.

Datum.	Uitzetting.	Joodget. Gev.	Joodget. Ber.
31 October . .	125,7	51,6	48,7
4 November . .	128,3	52,3	48,3
10 „ . .	128,8	54,1	47,9
17 „ . .	131,0	53,0	47,5
24 „ . .	136,1	52,8	46,3
26 November . .	147,2	52,1	43,7
29 „ . .	153,7	48,1	42,4
4 December . .	154,4	45,2	42,1

Hier blijken dus de verschillen voor de gevonden en de berekende joodgetallen nog grooter te zijn. De voor deze boters gevonden getallen zijn zoo enorm hoog, dat men ze bij boter, bereid uit gemengde melk, wel zelden vinden zal [1]). Op grond

[1]) Zulk vet moet, op grond van de beschouwingen over het Swartzsche oproomstelsel, in hoofdstuk I, wel erg slecht opstijgen bij lage temperaturen Siegfeld vond in herfstboter in Oost-Friesland ook een joodgetal 53,28.

van deze joodgetallen had men dus eerder een dikke olieachtige massa, dan boter kunnen verwachten. Dat was echter niet het geval; het vet was wel zeer week, maar op verre na niet zoo zacht, als de joodgetallen deden verwachten.

Dat de uitzettingen meer in overeenstemming zijn met de consistentie dan de joodgetallen, bleek eerst recht duidelijk bij de opstalling. De vastheid nam toen veel sneller toe, dan de joodgetallen afnamen. Het schijnt, dat bij het opstallen reeds sneller kristalliseerende stoffen ontstaan, vóórdat de hoeveelheid onverzadigde verbindingen afneemt. Tot mijn spijt kon ik de proef met deze koeien niet langer voortzetten; ze moesten verkocht worden. Ik hoop ze echter nog eenige malen te kunnen herhalen. Dit eene leert echter ook deze uitkomst, dat de gevonden paralleliteit van uitzetting en joodgetal niet algemeen is; dit kon ook niet verwacht worden. Mulder [1]) drukt zich dan ook zeer juist uit, als hij zegt, dat van een verband, strictu sensu, van joodgetal en consistentie geen sprake kan zijn; dat echter een hoog joodgetal de kans op een weekere consistentie van het vet verhoogt, zooals hij het uitdrukt, blijkt ook uit mijn uitkomsten zeer duidelijk. Dat verder de uitzettingen van den room een tamelijk nauwkeurige maatstaf zijn voor de consistentie van de te bereiden boter, voor zoover die van de samenstelling van het botervet afhangt, is op grond van mijn waarnemingen zeer waarschijnlijk.

Der Einfluss von Temperatur und Futter auf dem physischen Zustande des Milchfettes.

(*Kurze Zusammenfassung obiger Ausführungen*).

Von der Voraussetzung ausgehend, dasz Zustandsänderungen in den Fettkügelchen mit Volumänderungen gepaart gehen, wie schon von Fleischmann und Wiegner gefunden wurde, welche die Aenderung des spez. Gew. der Milch mit der Zeit, hauptsächlich darauf zurückführen, wurde in vorliegender Arbeit das Verhalten des Milchfettes bei verschiedenen Temperaturen durch dilatometrische Messungen studiert.

Es wurde gefunden:

1. Die Milchkügelchen, die durch längeres kühlen auf Temperaturen weit unterhalb 0° C. fest geworden sind, erleiden beim Erwärmen Zustandsänderungen, die zwischen 11° und 20° C. am starksten sind: unterhalb 10° sind sie bedeutend geringer.
2. Wenn man Rahm tief kühlt, so werden die Fettkügelchen fest, wie es schon früher von Fleischmann gefunden wurde. Die Zustandsänderungen finden anfangs schnell, später immer langsamer statt. Das der Kühlungstemperatur

[1]) l. c.

entsprechende Gleichgewicht tritt vielleicht erst nach vielen Wochen oder Monaten ein. Nach 21 stündiger Kühlung auf 0° und nachheriger Erwärmung, wurde erst bei ± 11° C. der für diese Temperatur gültige Gleichgewichtszustand beobachtet. Wird bei höheren Wärmegraden als 0° C. gekühlt, so müssen die Fettkügelchen entsprechend höher erwärmt werden, damit Gleichgewicht eintreten soll.

3. Beim Erwärmen von Rahm gehen die Zustandsänderungen momentan vor sich.

4. Bei 21 stündiger Kühlung von Rahm auf 16° C. blieben alle Fettkügelchen flüssig, bei 13° C. war nur ein Teil halbfest geworden, bei 11° war alles Fett von dem flüssigen in den halbfesten Zustand übergegangen. Bei Stallfütterung liegen diese Zahlen etwas höher. Unter Umständen (bei Rübenfütterung z. B.) tritt schon bei 18° bis 20° C. Kristallisation ein. Im allgemeinen ist das Temperaturgebiet von 12° bis 16° C. hinsichtlich der Zustandsänderung des Milchfettes als das kritische zu betrachten. Das ist in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen der Praxis.

5. In Rahm, dessen Fettkügelchen beim Anfang des Butterns sich in dem Gleichgewichtszustande befinden, kann *während* des Butterns keine weitere Kristallisation des Fettes stattfinden. Dies wurde experimentell bestätigt. Nach einer 21-stündigen Vorkühlung auf 11° C. konnte ein ganz schwaches Vorschreiten der Kristallisation während der Butterungsbewegung im Dilatometer gezeigt werden, es war aber bedeutend weniger als bei der Kühlung auf 13° C., während es im letzteren Fall wieder viel geringer war als nach Kühlung auf 16° C. Durch die diesbezüglichen Messungen wurde also festgestellt, dasz bei richtiger Säurungstemperatur sich das Fett während des Butterns nur noch sehr wenig ändert; die ziemlich verbreitete Meinung, die gröszte Menge der Fettkügelchen werde infolge der Butterungsbewegung fest, hat sich als entschieden unrichtig herausgestellt. Wenn sich im Rahme noch viele flüssige Kügelchen vorfinden beim Anfang des Butterns, so erhält man nicht prima Butter was Konsistenz und Glanz anbetrifft.

6. Vor dem Anfang des Butterns soll also danach gestrebt werden, das Fett möglichst kristallisiert zu erhalten; die Butterungstemperatur kann dann im allgemeinen höher gewählt werden. In dieser Weise wird die Unsicherheit, die in Zustandsänderungen des Fettes *während* des Butterns gelegen ist, ausgeschaltet. In der Praxis findet man die Richtigkeit dieses Satzes bestätigt durch die günstigen Resultate der vielfach angewandten Methode der Kühlreife des Rahmes.

7. Soweit man zwei so verschiedene Gröszen mit einander vergleichen kann, kann man sagen, dasz die Kühlungs*temperatur* auf die Zustandsänderungen der Fettkügelchen einen viel gröszeren Einflusz ausübt als die Kühlungs*dauer*. Durch eine vierstündige Vorkühlung auf 6 bis 8° C. war die Kristallisation weiter vorgeschritten als bei 21 stündiger Kühlung auf 11° C., selbst dann, wenn nach diesen vier Stunden der Rahm bei einer solchen Temperatur aufbewahrt wurde, bei welcher ohne Vorkühlung kaum oder nicht eine Zustandsänderung des Fettes zu beobachten ist. Die in mehreren Molkereien angewandte Tiefkühlung auf etwa 6° C., ist, namentlich im Herbst, sehr zu empfehlen.

8. Die aus den Versuchen hervorgehenden genaueren Kenntnisse der Zustandsänderungen der Fettkügelchen in den verschiedenen Temperaturgebieten lieferten eine plausibele Erklärung für die günstigen Ergebnisse der Aufrahmung nach dem Swartzschen, bezw. dem in letzterer Zeit in den Molkereien angewandten Verfahren, bei welchem die vorgewärmte Milch auf einen groszen Milchkühler geführt wird und nachher in groszen Behältern zur Aufrahmung hingestellt wird.

   Es wurde darauf hingewiesen, dasz die in den ersten Stunden schnelle Wanderung nach oben bei diesem Verfahren, vielleicht der Selbsterwärmung infolge Kristallisation der Fettkügelchen zu verdanken ist. Für ein günstiges Resultat ist es Bedingung, dasz *während* der Aufrahmungszeit Kristallisation des Fettes eintritt. Die Erfahrungen der Praxis sind mit dieser Ansicht völlig im Einklang. Die Theorie musz aber noch weiter geprüft werden.

9. Wenn man Rahm von ein- und demselben Fettgehalt, welcher von verschiedenen Kühen stammt, während 21 Stunden auf 12° C. kühlt, so findet man beim nachherigen Erwärmen stark aus einander gehende Ausdehnungen. Als Maximum wurde 188, als Minimum 125 pro 10 000 Volumeinheiten gefunden. Die dilatometrische Methode hat sich als ein vorzügliches Mittel gezeigt, um die mehr oder weniger starke Neigung zu kristallisieren eines Milchfettes fest zu stellen.

10. Die Aenderungen, die das Milchfett erleidet in seiner chemischen Zusammensetzung bei Wechsel des Futters sind allgemein bekannt. Die hierdurch bedingten Aenderungen in der Kristallisationsneigung konnten gelegentlich ein Paar Fütterungsversuche mit groszer Schärfe gemessen werden. Auch der Einflusz des Uebergangs von der Weide in den Stall und umgekehrt zeigte sich am Dilatometer auszerordentlich deutlich.

11. Es wurde geprüft, in wie weit die Jodzahl des Milchfettes mit der Kristallisationsneigung parallell geht. In weitaus den meisten Fällen schienen diese beiden Gröszen einander nahezu parallel zu gehen, was auf einen überwiegenden Einflusz der Oelsäureverbindungen in der Butter auf die Kristallisation hinweist. Es kamen jedoch auch erhebliche Abweichungen vor, aber nur bei sehr hohen Jodzahlen, d. h. kleinen Ausdehnungen.

12. Die Ausdehnungen beim Erwärmen von während 21 Stunden auf 12° C. gekühltem Rahme waren in den zahlreichen Versuchen in Uebereinstimmung mit der Konsistenz der aus dem Rahme erhaltenen Butter, in dem Sinne, dasz Rahm mit geringer Ausdehnung eine weiche, mit starker Ausdehnung eine harte Butter lieferte (subjective Beobachtung). In den Fällen, in welchen die Jodzahlen weniger gut mit den Ausdehnungen stimmten, wurden letztere mehr als erstere mit der Konsistenz der Butter in Uebereinstimmung gefunden.