Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, sowie der Gebrauchsgegenstände.

Heft 9.

1. Mai 1907.

13. Band.

Der Einfluß der Verfütterung von Rübenblättern und Rübenköpfen auf die Zusammensetzung des Butterfettes.

Von

Dr. M. Siegfeld.

Mitteilung aus dem Milchwirtschaftlichen Institut Hameln.

Über den Einfluß der Rübenfütterung im allgemeinen auf die Zusammensetzung des Butterfettes liegen nur verhältnismäßig dürftige Literaturangaben vor, obgleich sie in ausgedehntem Maße stattfindet und obgleich es bekannt ist, daß sie die Ursache zweier sehr unangenehmer Butterfehler werden kann. Sie ruft erstens den sogenannten Rübengeschmack hervor und macht zweitens die Butter hart und bröckelig, „kurz“, wie der Fachausdruck lautet. Einer referierenden Arbeit von Burr¹⁾ entnehme ich folgende Angaben: Adolf Mayer²⁾ erhielt nach Rübenfütterung Butter mit niedrigem Schmelzpunkt und hohem Gehalt an flüchtigen Fettsäuren³⁾; die letztere Tatsache fanden auch Swaving⁴⁾, Weigmann⁵⁾ und Orla Jensen⁶⁾. Daß zuckerreiche Futtermittel bezw. reiner Zucker den Gehalt an flüchtigen Fettsäuren erhöht, beobachteten Sjollem⁷⁾ und Hills⁸⁾. Außerdem fand van der Zande⁹⁾ bei seinen Untersuchungen über die Ursachen der niedrigen Reichert-Meißl'schen Zahlen holländischer Herbstbutter, daß durch Verfütterung von Rüben (Pastinaken) selbst in geringen Mengen die flüchtigen Fettsäuren im Butterfett vermehrt werden, die Refraktometerzahl dagegen herabgedrückt wird. In einer späteren Arbeit stellt derselbe Forscher¹⁰⁾ fest, daß der erwähnte Einfluß zuckerhaltigen Futtermitteln im allgemeinen zukommt, daß aber den Rüben eine spezifische Wirkung zuzuschreiben ist; bei der Verfütterung von Futterrüben und Pastinaken war die Erhöhung der Reichert-Meißl'schen und die Erniedrigung der Refraktometerzahl in bei weitem stärkerem Maße nachzuweisen als bei Verfütterung von Maisstengelmelasse. A. Heße¹¹⁾ beobach-

¹⁾ Molkerei-Ztg. Hildesheim 1905, 19, 1243.

²⁾ Landw. Vers.-Stat. 1888, 35, 282 und 1892, 41, 15.

³⁾ Unter flüchtigen Fettsäuren sind hier und im nachfolgenden ausschließlich die flüchtigen löslichen Fettsäuren zu verstehen, die ihren Ausdruck in der Reichert-Meißl'schen Zahl finden.

⁴⁾ Daselbst 1891, 39, 127.

⁵⁾ Jahresbericht der Versuchsstation Kiel 1893 und 1894.

⁶⁾ Molkerei-Ztg. Berlin 1904, 14, 519.

⁷⁾ Daselbst 1902, 12, 618.

⁸⁾ Daselbst 1902, 12, 162.

⁹⁾ Proefzuivelboerderij te Hoorn, Jahresbericht 1902, 50 u. 67.

¹⁰⁾ Proefzuivelboerderij te Hoorn, Jahresbericht 1904, 13.

¹¹⁾ Milchwirtschaftliches Zentralbl. 1905, 1, 13.

tete, daß beim Übergang vom Weidegang zur Verfütterung von Rübenköpfen und -blättern eine sprunghafte Steigerung der Polenske'schen Zahl von 1,5 auf 2,6 stattfand, während die Reichert-Meißl'sche Zahl gewöhnlich konstant blieb und erst allmählich unter weiterer Steigerung der Polenske'schen Zahl stieg.

Bei den im hiesigen Institut¹⁾ fortlaufend ausgeführten Untersuchungen der Butter der Molkerei Hameln fiel es auf, daß während der Herbstmonate regelmäßig hohe Reichert-Meißl'sche Zahlen auftraten; außerdem wurde bei den in den letzten drei Jahren ausgeführten eingehenderen Untersuchungen in dieser Jahreszeit eine im Verhältnis bei weitem größere Erhöhung der Polenske'schen Zahl, sehr hohe Verseifungszahlen, sehr niedrige Jodzahlen und sehr niedrige mittlere Molekulargewichte der nichtflüchtigen Fettsäuren festgestellt. Es lag nahe, die Ursache dieser Erscheinung in der Rübenblattfütterung zu suchen, da Zuckerrüben in hiesiger Gegend in großem Umfange gebaut werden, und da die Zeit, in der die beschriebene Zusammensetzung des Butterfettes auftritt, mit der Rübenernte zusammenfällt. Die Rüben werden vor ihrer Lieferung an die Fabrik abgeblattet, der obere Teil der Rübe, der sogenannte Rübenkopf, wird mit den Blättern entfernt. Rübenköpfe und -blätter stehen also den rübenbauenden Landwirten in großer Menge als Futtermittel zur Verfügung, und sie werden um so lieber verfüttert, als sie außerordentlich günstig auf die Vermehrung des Milchertrages und die Erhöhung des Fettgehaltes der Milch einwirken. In vielen Wirtschaften werden daher zu dieser Zeit ausschließlich Rübenköpfe und -blätter mit oder ohne Rauhfuttermitteln verfüttert.

Um den Einfluß der Rübenblattfütterung auf die Zusammensetzung des Butterfettes festzustellen, wurden hier keine besonderen Versuche angestellt, sondern die landwirtschaftliche Praxis wurde zum Gegenstand der Beobachtung gemacht. Aus drei Wirtschaften in der Nähe von Hameln wurde wöchentlich je eine Probe der gemischten Milch sämtlicher Kühe entnommen, im Laboratorium entrahmt und verbuttert, die Butter ausgeschmolzen und filtriert, und das so hergestellte reine Butterfett der Analyse unterworfen. Die auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse spiegeln also vollkommen die in der Praxis herrschenden Verhältnisse wieder. In zwei Fällen handelt es sich um eine größere Anzahl von Kühen; individuelle Einflüsse kommen daher kaum zur Geltung. Ebensowenig kann das Fortschreiten der Laktation von bedeutendem Einfluß gewesen sein, da sich die Kalbezeit über das ganze Jahr verteilt und die Kühe sich in den verschiedensten Laktationsstadien befanden. Allerdings traten in einer Anzahl von Fällen Kalbungen während der Versuchsdauer auf; manche Schwankungen in der Zusammensetzung mögen dadurch ihre Erklärung finden. In dem einen Falle (Herde No. II) dagegen kalbte die Hälfte der Kühe kurz nach Beginn des Versuchs; dadurch ist natürlich die Zusammensetzung des Butterfettes der ganzen Herde entscheidend beeinflusst worden.

Herde No. I bestand aus 18 Kühen; das letzte Kalben derselben hatte stattgefunden:

Kuh 1 14. III. 06	Kuh 6 5. V. 06	Kuh 11 3. VII. 06	Kuh 16 21. IX. 06
" 2 23. III. 06	" 7 13. V. 06	" 12 21. VII. 06	" 17 18. X. 06
" 3 11. IV. 06	" 8 20. V. 06	" 13 7. VIII. 06	" 18 28. X. 06
" 4 18. IV. 06	" 9 6. VI. 06	" 14 15. VIII. 06	
" 5 29. IV. 06	" 10 16. VI. 06	" 15 1. IX. 06	

¹⁾ Jahresberichte des Milchwirtschaftlichen Instituts Hameln 1899—1906; ferner Milchwirtschaftliches Zentralblatt 1906, 2, 145.

Herde No. II bestand aus 8 Kühen, zwei davon hatten im Februar gekalbt, eine im April, eine im Juni und vier kalbten im Oktober.

Herde No. III enthielt zu Beginn des Versuches 16 milchgebende Kühe; das letzte Kalben hatte stattgefunden:

Kuh 1 16. II. 06	Kuh 5 7. VI. 06	Kuh 9 28. VII. 06	Kuh 13 25. IX. 06
" 2 17. II. 06	" 6 19. VI. 06	" 10 8. IX. 06	" 14 28. IX. 06
" 3 21. II. 06	" 7 22. VI. 06	" 11 20. IX. 06	" 15 29. IX. 06
" 4 27. II. 06	" 8 26. VI. 06	" 12 23. IX. 06	" 16 29. IX. 06

Während der Versuchsdauer kalbten noch 14 Kühe, während 4 trocken gestellt wurden.

Verfüttert wurden bei der Herde No. I vor Beginn und nach Beendigung der Rübenblattfütterung für den Kopf und Tag 5—6 Pfund Trockenschnitzel, 2 1/2 Pfund Baumwollsaatmehl, 2 1/2 Pfund Weizenkleie, Heu nach Belieben; bei der Herde No. II vor Beginn der Rübenblattfütterung 1/2 Pfund Baumwollsaatmehl, 1 Pfund Bohnenschrot, 1 1/2 Pfund Weizenkleie, dazu junger Klee von der Sommergerstenstoppel nach Belieben, nach Beendigung der Rübenblattfütterung 1 Pfund Baumwollsaatmehl, 2 Pfund Bohnenschrot, 3 Pfund Weizenkleie, wenig eingesäuerte Rübenblätter und Heu nach Belieben; bei der Herde No. III vor Beginn außer Trockenschnitzel mit Strohhacksel, Heu und Stroh für den Tag und Kopf 4 Pfund Weizenkleie und 2 Pfund Erdnußmehl, nach Beendigung außerdem noch eingesäuerte Rübenblätter.

Bei den Herden No. I und III wurden während der ganzen Rübenperiode ausschließlich Köpfe und Blätter verfüttert, bei der Herde No. II außerdem langes Stroh nach Belieben. Die Zeit der Rübenblattfütterung war bei den 3 Herden folgende:

Herde No. I	Beginn am 3. Oktober,	Ende am 22. November 1906
" " II	" " 30. September,	" " 5. Dezember "
" " III {	" " 9. Oktober halb Rübenblätter, halb Trockenschnitzel,	
	" " 16. " nur Rübenblätter, Ende am 14. Dezember 1906.	

Um einen Vergleich zwischen dem bei der Rübenblattfütterung und dem zu anderen Zeiten gewonnenen Butterfett ziehen zu können, wurde die Probenahme einige Wochen vor der Rübenerte begannen und einige Wochen nach Beendigung derselben fortgesetzt; am 18. Dezember mußte sie der Weihnachtsfeiertage wegen abgebrochen werden; es wurde daraufhin Ende Januar noch je eine Probe entnommen. In jeder einzelnen Probe wurde die Reichert-Meißl'sche Zahl, die Polenske'sche Zahl, die Verseifungszahl, die Jodzahl und das mittlere Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren bestimmt. Bei der Bestimmung der Reichert-Meißl'schen und Polenske'schen Zahl wurde das von Polenske¹⁾ angegebene Verfahren innegehalten, bei der der Jodzahl das von Wijs²⁾ unter Anwendung von Jodmonochlorid-Eisessiglösung, bei der Bestimmung der Verseifungszahl und des mittleren Molekulargewichtes der nichtflüchtigen Fettsäuren in der Mehrzahl der Fälle das von mir³⁾ bereits früher angewendete; in einer Anzahl von Analysen erleichterte ich mir die Arbeit durch einige kleine Abänderungen. Um das Abwägen der Kalilauge zur Bestimmung der Verseifungszahl zu umgehen, stellte ich mir die alkoholische Lauge dadurch her, daß ich

¹⁾ Diese Zeitschrift 1904, 7, 273.

²⁾ Diese Zeitschrift 1902, 5, 497.

³⁾ Milchw. Zentralbl. 1905, 1, 155.

von einer wässerigen Kalilauge, die in 100 ccm 50 g Kaliumhydroxyd enthielt, 60 ccm mit absolutem Alkohol auf 1 l auffüllte, 24 Stunden stehen ließ und die klare oder doch nur ganz schwach getrübbte Flüssigkeit vom Bodensatz, ohne zu filtrieren, abgoß. Für die Verseifung von 5 g Fett wurden 50 ccm verwendet. Die Lauge wurde für jede Bestimmung in der erforderlichen Menge frisch hergestellt.

Für die Bestimmung des mittleren Molekulargewichtes der nichtflüchtigen Fettsäuren verwendete ich den Rückstand von der Reichert-Meiß'schen Destillation. Dieser blieb bis zum Erstarren der Fettsäuren stehen, dann wurde die wässrige Flüssigkeit von dem Kuchen abgegossen, dieser mehrere Male mit kaltem Wasser abgespült, mit heißem Wasser aufs Filter gebracht und gründlich ausgewaschen. Das Filter mit den Fettsäuren blieb bis zur Lufttrockne an einem mäßig warmen Ort stehen und wurde dann auf einem trockenen Kolben ins Luftbad gestellt, wo die Fettsäuren ohne jedes Lösungsmittel filtriert und gleichzeitig getrocknet wurden. Nach $\frac{1}{4}$ - bis $\frac{1}{2}$ -stündigem Stehen war in der Regel Gewichtskonstanz erreicht. Von den Fettsäuren wurden 0,7—0,8 g abgewogen und mit $\frac{1}{10}$ N.-Lauge titriert.

Die gefundenen Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt:

Herde No. I.

Tag	Reichert-Meiß'sche Zahl	Polenske'sche Zahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Mittleres Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren
11. IX. 06	27,45; 27,45	2,30; 2,40	227,1; 226,6	41,4; 41,4	261,2; 261,6
18. IX. 06	31,15; 31,25	2,65; 2,15	228,5; 229,7	37,3; 37,3	263,1; 262,9
25. IX. 06	34,45; 34,05	3,40; 3,00	234,9; 235,4	33,9; 33,8	256,8; 255,5
2. X. 06	26,65; 26,75	2,20; 1,95	224,4; 224,9	41,6; 41,4	262,6; 263,4

Beginn der Rübenblattfütterung am 3. X. 06.

9. X. 06	33,45; 32,90	4,05; 4,40	238,5; 238,3	29,1; 29,2	248,2; 248,6
16. X. 06	31,35; 31,35	4,75; 4,50	239,2; 239,1	29,2; 29,4	245,5; 246,4
23. X. 06	33,40; 32,85	4,50; 4,80	241,3; 241,0	26,6; 26,7	244,7; 244,2
30. X. 06	33,35; 32,90	5,30; 5,00	240,9; 240,9	27,0; 26,9	245,7; 245,4
6. XI. 06	31,85; 32,00	4,90; 5,15	240,9; 240,5	27,4; 27,2	245,2; 244,6
13. XI. 06	32,30; 32,15	4,80; 5,05	241,4; 241,4	28,3; 28,4	246,4; 246,3
20. XI. 06	31,10; 31,50	4,70; 4,90	237,9; 238,5	28,3; 28,5	245,7; 245,7

Ende der Rübenblattfütterung am 22. XI. 06.

27. XI. 06	25,50; 25,50	3,05; 3,10	226,4; 226,7	39,2; 39,2	255,4; 256,2
4. XII. 06	29,85; 29,50	2,75; 2,80	229,3; 228,8	35,6; 35,4	256,8; 256,4
11. XII. 06	31,25; 31,00	2,80; 3,00	229,0; 229,4	34,4; 34,2	258,6; 257,6
18. XII. 06	29,80; 30,10	2,85; 3,05	229,8; 230,1	33,6; 33,5	255,2; 255,5
24. I. 07	31,25; 31,35	1,90; 2,05	228,0; 227,2	38,9; 38,7	261,3; 261,5

Herde No. II.

11. IX. 06	31,30; 31,05	2,85; 2,75	231,0; 230,0	36,2; 36,3	259,3; 259,4
18. IX. 06	26,15; 26,55	2,25; 2,55	224,7; 224,6	41,6; 41,8	264,0; 264,0
25. IX. 06	28,60; 28,35	2,90; 2,95	230,4; 228,6	37,3; 37,2	257,8; 258,0

Beginn der Rübenblattfütterung am 30. IX. 06.

Tag	Reichert-Meißl'sche Zahl	Polenske'sche Zahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Mittleres Molekulargewicht der nicht-flüchtigen Fettsäuren
2. X. 06	32,45; 32,90	4,45; 4,30	235,8; 235,9	30,0; 30,1	253,2; 253,8
9. X. 06	31,70; 31,40	4,65; 4,65	241,2; 241,2	26,6; 26,6	244,5; 244,3
16. X. 06	32,70; 33,35	4,60; 3,90	238,9; 238,7	27,1; 26,7	248,2; 248,1
23. X. 06	35,15; 35,40	4,65; 4,55	242,5; 242,0	23,8; 24,0	243,8; 242,7
30. X. 06	32,05; 32,15	4,60; 4,60	239,5; 238,7	26,3; 26,5	245,8; 245,7
6. XI. 06	29,90; 29,70	3,60; 3,60	233,5; 233,5	35,4; 35,4	253,1; 253,7
13. XI. 06	31,25; 31,80	4,40; 4,45	240,4; 241,0	27,9; 28,1	245,9; 246,2
20. XI. 06	30,15; 30,10	4,30; 4,50	235,0; 234,9	28,4; 28,4	248,4; 248,7
27. XI. 06	31,20; 31,10	5,20; 5,30	238,3; 239,0	25,9; 25,6	247,5; 247,3
4. XII. 06	28,25; 28,15	4,00; 4,20	232,8; 232,8	30,6; 30,5	251,0; 250,6

Ende der Rübenblattfütterung am 5. XII. 06.

11. XII. 06	28,20; 28,50	3,55; 2,95	230,9; 231,0	33,5; 33,4	253,2; 253,5
18. XII. 06	30,15; 30,15	2,40; 2,85	228,3; 228,3	36,7; 26,4	259,1; 259,4
24. I. 07	32,10; 31,80	3,15; 2,95	231,4; 230,7	32,7; 32,7	258,1; 257,7

Herde No. III.

18. IX. 06	29,95; 29,65	3,10; 2,75	231,1; 230,6	32,7; 32,7	259,2; 259,4
25. IX. 06	31,10; 31,30	3,30; 3,05	231,0; 231,9	32,1; 32,3	257,6; 257,0
2. X. 06	30,75; 30,75	3,50; 3,00	232,0; 231,8	32,9; 33,0	259,0; 259,2
9. X. 06	32,25; 32,25	2,75; 2,90	232,8; 233,1	32,1; 32,3	255,0; 254,4

Beginn der Rübenblattfütterung am 9. X. 06.

16. X. 06	33,20; 33,20	4,55; 4,10	238,7; 239,1	28,5; 28,6	247,0; 246,9
23. X. 06	33,00; 33,35	4,65; 4,90	239,0; 239,6	26,5; 26,5	245,1; 245,2
30. X. 06	32,15; 31,85	4,20; 4,75	239,6; 239,8	26,8; 26,9	245,6; 244,6
6. XI. 06	31,70; 31,30	5,15; 5,40	242,1; 241,8	28,5; 28,3	245,6; 245,2
13. XI. 06	32,05; 32,55	5,05; 5,10	242,7; 243,5	27,1; 27,3	244,0; 244,3
20. XI. 06	31,35; 31,65	4,60; 4,85	238,8; 239,4	27,1; 26,9	245,9; 245,6
27. XI. 06	30,05; 30,10	4,10; 3,85	233,9; 234,1	32,2; 32,2	250,0; 249,7
4. XII. 06	30,35; 30,20	4,30; 4,20	234,0; 234,1	30,4; 30,7	249,4; 250,1
11. XII. 06	29,15; 29,50	4,10; 4,10	232,9; 233,4	33,0; 33,2	251,5; 251,4

Ende der Rübenblattfütterung am 14. XII. 06.

18. XII. 06	27,85; 28,00	2,60; 2,45	226,8; 226,6	35,1; 35,6	257,0; 257,1
17. I. 07	30,60; 30,60	2,80; 2,50	229,5; 230,5	35,4; 35,1	258,4; 258,1
24. I. 07	30,25; 30,35	2,70; 2,65	228,4; 228,4	35,9; 35,7	260,5; 259,5

Es zeigt sich zunächst, daß die Reichert-Meißl'sche Zahl bei Rübenblattfütterung durchgängig hoch ist; da jedoch sämtliche Proben auch unter gewöhnlichen Verhältnissen hohe Reichert-Meißl'sche Zahlen aufweisen, so tritt eine durch die Rübenblattfütterung direkt verursachte Erhöhung bei weitem nicht so stark in die Erscheinung, wie man es nach den Versuchen von van der Zande und nach den hier bei der Butter der Molkerei Hameln gefundenen Werten hätte erwarten sollen.

Die bei der Herde No. II im Oktober auftretenden außergewöhnlich hohen Reichert-Meißl'schen Zahlen sind wohl mehr auf die kurz vorher stattgefundenen Kalbungen zurückzuführen als auf die Fütterung. Der Einfluß der letzteren kommt offenbar in Butter, die an und für sich einen niedrigen Gehalt an flüchtigen Fettsäuren hat, stärker zur Geltung. Zu beachten ist die in allen drei Reihen bemerkbare starke Erniedrigung der Reichert-Meißl'schen Zahl unmittelbar nach dem Aufhören der Rübenblattfütterung, der später wieder eine Erhöhung folgt; ein neues Beispiel für die schon häufig beobachtete Tatsache, daß jede schroffe Veränderung in Haltung und Fütterung der Kühe erniedrigend auf den Gehalt des Butterfettes an flüchtigen Fettsäuren wirkt und daß der Ausgleich erst stattfindet, wenn der Organismus sich an die veränderten Verhältnisse gewöhnt hat. Die Erniedrigung ist am stärksten bei der Herde No. I am 27. November mit 25,50 zwischen 31,3 und 29,7, weniger stark bei der Herde No. II am 4. und 11. Dezember mit 28,2 und 28,35 zwischen 31,15 und 30,15 und bei Herde No. III am 18. Dezember mit 27,95 nach 29,35.

Ganz unverhältnismäßig stärker als die Reichert-Meißl'sche Zahl wird die Polenske'sche Zahl durch die Rübenblattfütterung erhöht. Unmittelbar nach Beginn der letzteren findet eine sprunghafte Steigerung statt, während der ganzen Dauer bleibt sie unter nicht besonders großen Schwankungen auf dieser bedeutenden bisher noch nicht beobachteten Höhe und sinkt nach dem Aufhören ebenso schnell wieder auf ihren früheren Stand. Zum Vergleich sei hier noch einmal die von Polenske aufgestellte Tabelle wiedergegeben:

Korrespondierende Zahlen		Höchst zulässige
Reichert-Meißl'sche Zahl	Polenske'sche Zahl	Polenske'sche Zahl
20—21	1,3—1,4	1,9
21—22	1,4—1,5	2,0
22—23	1,5—1,6	2,1
23—24	1,6—1,7	2,2
24—25	1,7—1,8	2,3
25—26	1,8—1,9	2,4
26—27	1,9—2,0	2,5
27—28	2,0—2,2	2,7
28—29	2,2—2,5	3,0
29—30	2,5—3,0	3,5

Wie man sieht, übersteigen die hier gefundenen Polenske'schen Zahlen nicht nur die korrespondierenden Zahlen, sondern auch die höchst zulässigen ganz bedeutend. Die Polenske'sche Tabelle hört nun allerdings bei der Reichert-Meißl'schen Zahl 30 auf, während die hier gefundenen Zahlen diesen Wert fast sämtlich übersteigen. Reichert-Meißl'sche Zahlen unter 30 wurden während der Rübenblattfütterung nur gefunden:

	Reichert-Meißl'sche Zahl	Polenske'sche Zahl
Bei Herde No. II { am 6. XI. 06	29,80	3,60
{ „ 4. XII. 06	28,20	4,10
„ „ „ III „ 11. XII. 06	29,35	4,10

Bei diesen Proben sind die Polenske'schen Zahlen um 0,1, 1,1 und 0,6 höher als die „höchst zulässigen“. Aber auch wenn man die Polenske'sche Tabelle in derselben Progression fortsetzt, sind die hier gefundenen Werte immer noch bedeutend höher. Die folgenden Glieder würden sich dann, wie folgt, gestalten:

Korrespondierende Zahlen		Höchst zulässige
Reichert-Meißl'sche Zahl	Polenske'sche Zahl	Polenske'sche Zahl
30—31	3,0—3,5	4,0
31—32	3,5—4,0	4,5
32—33	4,0—4,5	5,0

Man vergleiche damit die bei den vorliegenden Versuchen gefundenen Werte; z. B.:

	Reichert-Meißl'sche Zahl	Polenske'sche Zahl
Herde No. I { vom 6. XI. 06	31,95	5,05
„ „ „ 20. XI. 06	31,30	4,80
„ „ II „ 27. XI. 06	31,15	5,25
„ „ III „ 6. XI. 06	31,50	5,30

Diese Befunde sind aber von Bedeutung für die Beurteilung der Butter. Eine Butter mit einer Reichert-Meißl'schen Zahl von mehr als 30 sollte freilich niemals beanstandet werden¹⁾, mögen die sonstigen Analysenwerte ausfallen wie sie wollen. Wohl aber taucht eine andere sehr zu beachtende Frage auf. Die hier untersuchten Butterfette hatten sämtlich auch ohne Rübenblattfütterung eine recht hohe Reichert-Meißl'sche Zahl. Diese wird durch die Rübenblattfütterung soweit erhöht, daß die Polenske'sche Zahl keinen Anlaß zu einer Beanstandung geben könnte. Wie werden sich nun die Verhältnisse gestalten, wenn Kühe, deren Milchfett eine niedrige Reichert-Meißl'sche Zahl besitzt, z. B. altmilchende, mit Rüben gefüttert werden? Die Reichert-Meißl'sche Zahl wird erhöht, und zwar nach van der Zande stärker als es hier bei den Proben mit an und für sich hoher Reichert-Meißl'scher Zahl der Fall war. Aber die Polenske'sche Zahl wird auch hier wahrscheinlich im Verhältnis stärker erhöht als die Reichert-Meißl'sche Zahl; man muß also mit der Möglichkeit rechnen, daß eine solche Butter fälschlicherweise als mit Kokosfett verfälscht angesehen wird. Tatsächlich wurde hier unmittelbar nach Beendigung der Rübenblattfütterung, wie bereits oben erwähnt, eine starke Erniedrigung der Reichert-Meißl'schen Zahl beobachtet, mit welcher die der Polenske'schen Zahl nicht Schritt hielt, so daß die betreffenden Proben, wenn man die Polenske'sche Tabelle zugrunde legt, als unbedingt verfälscht angesehen werden müßten. Man vergleiche z. B. die folgenden Werte:

	Reichert-Meißl'sche Zahl	Gefundene Polenske'sche Zahl	Nach Polenske's Tabelle	
			Korrespondierende Zahl	Höchst zulässige Zahl
Herde No. I vom 27. XI. 06	25,5	3,10	1,8—1,9	2,4
„ „ II „ 4. XII. 06	28,2	4,10	2,2—2,5	3,0
„ „ II „ 11. XII. 06	28,35	3,25	2,2—2,5	3,0
„ „ III „ 11. XII. 06	29,35	4,10	2,5—3,0	3,5

Außerdem trat mitten im Versuch eine Probe auf, deren Reichert-Meißl'sche Zahl ohne erkennbare Ursache eine Erniedrigung erfahren hatte, und deren gesamte Zusammensetzung sich entsprechend geändert hatte. Die Polenske'sche Zahl war aber immer noch so hoch, daß die Butter nach der Polenske'schen Tabelle als verfälscht anzusehen wäre. Es ist die Probe No. II vom 6. November mit der Reichert-Meißl'schen Zahl 29,80 und der Polenske'schen Zahl 3,60; nach Polenske ist die

¹⁾ Häufig genug kommt es allerdings leider vor, daß, wenn irgend ein Wert die in irgend einem Lehrbuch angeführten „Grenzzahlen“ überschreitet, trotz enorm hoher Reichert-Meißl'scher Zahl eine Butter beanstandet wird.

korrespondierende Zahl 2,5—3,0 und die höchst zulässige 3,5. Daß derartige Buttersorten auch im Handel auftauchen, und ohne Kenntnis der tatsächlichen Verhältnisse ungerechtfertigterweise beanstandet werden, ist nicht nur möglich, sondern wahrscheinlich.

Eine weitere noch zu klärende Frage ist die, ob die Erhöhung der Polenske'schen Zahl auf den Zucker zurückzuführen ist, oder ob es sich um eine spezifische Wirkung der Rüben handelt. Diese Frage ist insofern von Bedeutung, als zuckerhaltige Futtermittel, z. B. Melasse in verschiedener Form, in neuerer Zeit viel an Milchvieh verfüttert werden. Wenn der Zucker als solcher in der erwähnten Weise wirkt, so muß man überall und zu jeder Jahreszeit mit hohen Polenske'schen Zahlen rechnen. Aber auch die Verfütterung von Rübenköpfen und -blättern ist ausgedehnt genug, um ernste Beachtung zu verdienen. Der Rübenbau hat seinen Mittelpunkt in der Provinz Sachsen und erstreckt sich über die benachbarten Provinzen und Bundesstaaten bis weit nach Westfalen und Posen hinein. Die Rüben-ernte beginnt Ende September und die Verfütterung frischer Blätter und Köpfe dauert vielfach bis in den Dezember hinein. Um diese Zeit kann man also nicht bloß aus einzelnen Gehöften, sondern aus großen Molkereien Butter erhalten, die ausschließlich aus der Milch von mit Rübenblättern gefütterten Kühen gewonnen ist. Außerdem werden aber Futterrüben, deren Wirkung nach den oben angeführten Forschern eine ganz ähnliche zu sein scheint, in großem Umfange verfüttert.

Die Frage, inwieweit die Polenske'sche Zahl zur Beurteilung der Butter herangezogen werden kann, ist also heute weniger spruchreif denn je. Auf keinen Fall aber sollte sich eine Beanstandung ausschließlich auf die Polenske'sche Zahl stützen, ohne daß das tatsächliche Vorhandensein von Pflanzenfett durch die Phytosterinacetat-Probe nachgewiesen ist.

Zu beachten ist übrigens, daß eingesäuerte Rübenblätter in keiner Hinsicht dieselbe Wirkung auf die Zusammensetzung des Butterfettes äußern wie frische, wie eine Betrachtung der bei den Herden No. II und No. III gefundenen Werte zeigt.

Die übrigen Bestimmungen, nämlich die der Jodzahl, der Verseifungszahl und des mittleren Molekulargewichtes der nichtflüchtigen Fettsäuren sind für den Nachweis von Verfälschungen ohne Bedeutung, sie bieten jedoch in wissenschaftlicher Hinsicht manches Interessante, umsomehr als die hier gefundenen Werte zum Teil über die bisher beobachteten Grenzen hinausgehen.

Die Jodzahl ist in den sämtlichen Rübenbutterfetten sehr niedrig; sie sinkt unmittelbar nach Beginn der Rübenblattfütterung ebenso sprunghaft wie die Polenske'sche Zahl steigt, und sie steigt nach der Beendigung ebenso schnell wieder. Daß die Jodzahl in Butterfett mit hoher Reichert-Meißl'scher Zahl in der Regel niedrig ist, mit anderen Worten, daß der Gehalt an Ölsäure sich in umgekehrter Richtung bewegt, wie der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren, ist schon häufig beobachtet worden. Thorpe¹⁾ hat auf Grund dieser Regelmäßigkeit die Hypothese aufgestellt, daß die Bildung der flüchtigen Fettsäuren im Organismus der Kuh auf Kosten der Ölsäure erfolge. Werte wie die hier für die Jodzahl gefundenen sind allerdings etwas Ungewöhnliches; sie gehen noch unter die bei Kokoskuchenfütterung von Lührig²⁾ zu 27,7, von mir³⁾ zu 28,1 gefundenen niedrigsten Zahlen herunter. Die niedrigsten beobachteten Werte

¹⁾ Transact. of the Chem. Soc. 1904, 85, 248.

²⁾ Diese Zeitschrift 1906, 11, 11.

³⁾ Milchw. Zentralbl. 1906, 2, 289.

sind in der Butter der Herde No. I 26,7 bei der Reichert-Meißl'schen Zahl 33,15 und der Polenske'schen Zahl 5,15, bei der Herde No. II 23,9 (!) bei der Reichert-Meißl'schen Zahl 35,25 und der Polenske'schen Zahl 4,6, bei der Herde No. III 26,5 bei der Reichert-Meißl'schen Zahl 33,2 und der Polenske'schen Zahl 4,80. Aus dem ungemein niedrigen Gehalt an Ölsäure erklärt sich auch die Härte der bei Rübenfütterung gewonnenen Butter.

Auch das mittlere Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren ist während der Dauer der Rübenblattfütterung außerordentlich niedrig und geht, soweit mir bekannt ist, über alle bisher beobachteten Werte hinaus. Die niedrigsten Werte wurden gefunden bei:

Herde No. I	am 23. X. 06	mit 244,5
" "	II " 23. X. 06	" 243,1
" "	III " 13. XI. 06	" 244,2

Ich habe mehrfach auf den Zusammenhang der Jodzahl mit dem mittleren Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren hingewiesen. Beide sind von dem Gehalt an Ölsäure abhängig. Die Jodzahl ist demselben selbstverständlich direkt proportional; da die Ölsäure ein sehr hohes Molekulargewicht (282) besitzt, so muß auch das mittlere Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren um so höher sein, je höher der Gehalt an Ölsäure ist.

Aus der geringen Menge der vorhandenen Ölsäure allein sind aber die hier vorkommenden niedrigen mittleren Molekulargewichte nicht zu erklären. Ich habe daher versucht, aus den hier bestimmten Konstanten das mittlere Molekulargewicht der festen nichtflüchtigen Fettsäuren zu berechnen. Wenn die Gesamtmenge der nichtflüchtigen Fettsäuren, ihr mittleres Molekulargewicht und die Menge der Ölsäure bekannt ist, so ist diese Berechnung leicht durchzuführen.

Die Gesamtmenge der Fettsäuren läßt sich aus der Verseifungszahl berechnen. Die Fette sind nach folgendem Schema zusammengesetzt:

Man kann sich das Fett als Verbindung des Glycerinrestes C_3H_2 mit 3 Molekülen Fettsäure vorstellen. Zur Verseifung eines Moleküls Fett sind 3 Moleküle KOH notwendig, es entspricht je einem Molekül Fettsäure 1 Molekül KOH, einem Molekül des Glycerinrestes C_3H_2 3 Moleküle KOH, oder $168 \text{ KOH} = 38 \text{ C}_3\text{H}_2$. Die in 1 g Fett enthaltenen mg Gesamt-Fettsäuren sind $= 1000 - \text{C}_3\text{H}_2$.

Die Menge der flüchtigen Fettsäuren läßt sich annähernd berechnen, wenn man nach Arnold¹⁾ und anderen Forschern annimmt, daß die Gesamtmenge der vorhandenen flüchtigen Säuren das 1,12 bis 1,14-, im Mittel das 1,13-fache der bei der Bestimmung der Reichert-Meißl'schen Zahl gefundenen beträgt; ebenso wird man keinen nennenswerten Fehler begehen, wenn man das mittlere Molekulargewicht der flüchtigen löslichen Fettsäuren zu 100, das der flüchtigen unlöslichen zu 180 annimmt. Die Ölsäure läßt sich unter der Annahme, daß keine anderen ungesättigten Säuren vorhanden sind, aus der Jodzahl berechnen, da 2 Atome Jod 1 Molekül Ölsäure entsprechen: $254 \text{ g Jod} = 282 \text{ g Ölsäure}$ ²⁾. Die Differenz zwischen Gesamt-Fettsäuren

¹⁾ Diese Zeitschrift 1905, 10, 216.

²⁾ Hierbei sind die möglicherweise bei der Jodzahl-Bestimmung eintretenden Nebenreaktionen außer Acht gelassen.

und flüchtigen Fettsäuren bilden die nichtflüchtigen Fettsäuren, die Differenz zwischen den nichtflüchtigen und der Ölsäure die festen nichtflüchtigen Fettsäuren.

Das mittlere Molekulargewicht der festen nichtflüchtigen Fettsäuren x kann dann leicht nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\frac{\text{Feste nichtflüchtige Fettsäuren}}{x} = \frac{\text{Gesamte nichtflüchtige Fettsäuren}}{\text{Mittl. Molekulargewicht der nichtflücht. Fettsäuren}} - \frac{\text{Ölsäure}}{282}$$

Diesen Wert für sämtliche Proben zu berechnen, würde zu weit führen; die Berechnung wurde daher nur bei einer beliebig herausgegriffenen Probe durchgeführt, No. I vom 20. November. Die bestimmten Werte waren:

Reichert-Meißl'sche Zahl	31,3
Polenske'sche Zahl	4,8
Jodzahl	28,4
Verseifungszahl	238,2
Mittleres Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren	245,7

Daraus berechnen sich folgende Fettsäuremengen für 1 g Fett:

Gesamt-Fettsäuren	946,2 mg
Flüchtige lösliche Fettsäuren	70,7 "
Flüchtige unlösliche Fettsäuren	19,5 "
Ölsäure	315,2 "
Gesamte nichtflüchtige Fettsäuren	856,0 "
Feste nichtflüchtige Fettsäuren	540,8 "

Setzen wir diese Werte in die oben angeführte Gleichung ein, so ergibt sich:

$$\frac{540,8}{x} = \frac{856,0}{245,7} - \frac{315,2}{282}$$

$$x = 228,5.$$

Dieselbe Berechnung wurde auch mit der Probe durchgeführt, die im ganzen Versuch das niedrigste mittlere Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren aufwies, nämlich No. II vom 23. Oktober. Die bestimmten Werte waren:

Reichert-Meißl'sche Zahl	35,25
Polenske'sche Zahl	4,60
Verseifungszahl	242,30
Jodzahl	23,9
Mittleres Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren	243,3

Daraus berechnen sich unter Zugrundelegung der obigen Annahmen die folgenden Fettsäuremengen für 1 g Fett:

Gesamt-Fettsäuren	945,2 mg
Ölsäure	265,3 "
Gesamte nichtflüchtige Fettsäuren	846,8 "
Feste nichtflüchtige Fettsäuren	581,5 "

und das mittlere Molekulargewicht der festen nichtflüchtigen Fettsäuren zu 224,7.

Um diese Zahlen richtig zu würdigen, seien die Molekulargewichte der höheren Fettsäuren hier noch einmal wiedergegeben.

Laurinsäure	Myristinsäure	Palmitinsäure	Stearinsäure
200	228	256	284

Man nahm bisher stillschweigend an, daß die nichtflüchtigen Fettsäuren des Butterfettes so gut wie ausschließlich aus Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure bestehen. Aus einem Vergleich der obigen Zahlen folgt ohne weiteres, daß die Zusammensetzung dieser Säuren in den hier betrachteten Butterfetten eine wesentlich andere sein muß. Das mittlere Molekulargewicht der festen nichtflüchtigen Fettsäuren ist in dem einen Falle ungefähr das der Myristinsäure, in dem anderen Falle geht es noch um einige Einheiten unter dasselbe hinab. Daraus folgt, daß die Stearinsäure nicht nur keinen wesentlichen Bestandteil dieser Fette ausmachen kann, sondern daß sie, wenn überhaupt, nur in ganz geringen Mengen vorhanden sein kann. Die Hauptmenge muß demnach von der Myristinsäure gebildet werden, während für die vorhandene Palmitinsäure eine entsprechende Menge Laurinsäure vorhanden sein muß.

Die vorstehenden Betrachtungen sind auf Grund einer Annahme angestellt worden, die nicht ohne weiteres richtig zu sein braucht, der nämlich, daß außer Ölsäure keine andere ungesättigte Säure vorhanden ist. Tatsächlich ist bisher auch keine nachgewiesen worden. Immerhin liegt aber nicht nur die Möglichkeit, sondern die Wahrscheinlichkeit vor, daß auch niedrig molekulare ungesättigte Säuren vorkommen. Die Laurinsäure ist sowohl mit Wasserdämpfen etwas flüchtig, als auch in heißem Wasser etwas löslich: sie dürfte daher auch bei dem hier angewendeten Verfahren, bei dem im Interesse der Ausführbarkeit von Massenuntersuchungen auf das Übertreiben der letzten Reste der flüchtigen Fettsäuren durch Wasserdampf verzichtet und der Rückstand der Reichert-Meißl'schen Destillation nach gründlichem Auswaschen mit heißem Wasser zur Bestimmung der mittleren Molekulargewichte benutzt wurde, nicht in größeren Mengen vorhanden sein. Wenn aber eine ungesättigte Säure mit dem Kohlenstoffgehalt der Palmitin- oder gar der Myristinsäure vorhanden ist, so muß das Molekulargewicht der festen nichtflüchtigen Fettsäuren ein entsprechend höheres sein. Auf alle Fälle geht aus den hier gefundenen Werten hervor, daß auch in bezug auf die nichtflüchtigen Säuren die Zusammensetzung des Butterfettes verwickelter ist als man bisher annahm, und daß hier noch manches Problem zu lösen ist. Leider gibt es keine Methode, die einzelnen Säuren quantitativ zu trennen, und daher wird man vorläufig mit mancher Unsicherheit rechnen müssen.

Die im vorstehenden wiedergegebenen Ergebnisse führten mich dazu, die gleichen Betrachtungen auch auf Butterfette mit hohem mittleren Molekulargewichte der nichtflüchtigen Fettsäuren auszudehnen. Aus den in einer früheren Arbeit untersuchten Proben wurde eine herausgegriffen, in der auch noch die mittleren Molekulargewichte der löslichen und unlöslichen flüchtigen Fettsäuren bestimmt worden waren. Es war eine Butter der Molkerei Esens vom 7. November 1904¹⁾. Die bestimmten Werte waren die folgenden:

Reichert-Meißl'sche Zahl	25,65
Polenske'sche Zahl	2,20
Verseifungszahl	222,2
Jodzahl	38,1
Mittleres	{ flüchtigen löslichen Fettsäuren 104,3
Molekulargewicht	{ flüchtigen unlöslichen Fettsäuren 188,3
der	{ nichtflüchtigen Fettsäuren 266,8

Es berechnen sich daraus die folgenden Fettsäuremengen für 1 g Fett:

¹⁾ Milchw. Zentralbl. 1905, 2, 6.

Gesamt-Fettsäuren	949,8 mg
Flüchtige lösliche Fettsäuren	60,5 "
Flüchtige unlösliche Fettsäuren	9,4 "
Gesamte nichtflüchtige Fettsäuren	879,9 "
Ölsäure	422,9 "
Feste nichtflüchtige Fettsäuren	457,0 "

und das mittlere Molekulargewicht der festen nichtflüchtigen Fettsäuren zu 253,9.

Es liegt also auch in diesem Falle unter dem der Palmitinsäure. Daraus folgt, daß entweder Stearinsäure nur in ganz geringen Mengen vorhanden sein kann, oder daß für die vorhandene Stearinsäure entsprechende Mengen von Myristinsäure zugegen sein müssen, oder aber daß eine ungesättigte Säure mit niedrigerem Kohlenstoffgehalt als die Ölsäure vorkommt.

Wenn eine solche ungesättigte Säure nicht vorhanden ist, so kann die Myristinsäure nicht nur in „Spuren“ vorhanden sein, wie für gewöhnlich angenommen wird. Selbst wenn man von dem möglichen Vorhandensein von Stearinsäure absieht, also die festen nichtflüchtigen Fettsäuren als ein Gemisch von Palmitin- und Myristinsäure ansieht, so berechnet sich aus dem mittleren Molekulargewicht die Menge der letzteren zu 6,75 % der festen nichtflüchtigen Säuren, also zu 3,1 % des gesamten Fettes.

Auch die Verseifungszahl ist in der Rübenblattbutter außergewöhnlich hoch. Das kann nicht wundernehmen, da sie ein Ausdruck für die in der Gewichtseinheit enthaltene Anzahl von Fettsäuremolekülen ist. Sie muß also um so höher sein, je niedriger das mittlere Molekulargewicht der gesamten Fettsäuren ist. Da in diesen Butterfetten nicht nur große Mengen von flüchtigen, also niedrig-molekularen Fettsäuren vorhanden sind, sondern auch das mittlere Molekulargewicht der nichtflüchtigen Fettsäuren außerordentlich niedrig ist, so ist eine hohe Verseifungszahl selbstverständlich. Besondere Erwähnung verdienen die hier gefundenen Werte nur deshalb, weil sie fast sämtliche bisher beobachteten übersteigen.

Ich will nicht verfehlen, den Herren Fr. Tiedau in Groß-Hilligsfeld, Fr. Welsch in Afferde und Fr. Saake in Kirchhosen für ihre liebenswürdige Unterstützung bei der Ausführung der vorstehenden Arbeit auch an dieser Stelle meinen verbindlichen Dank auszusprechen.

Nachtrag. Die Richtigkeit des oben wiedergegebenen Gedankenganges über die Polenske'sche Zahl bei Rübenfütterung wurde nach Fertigstellung vorstehender Arbeit durch einen Fall aus der Praxis bestätigt. Von einem Apotheker in Ostfriesland wurde eine Butterprobe eingesandt, die er selbst im Monat Januar aus der Milch der Herde eines dortigen Bauerngutes hergestellt hatte. Die Untersuchung ergab folgende Werte:

Reichert-Meißl'sche Zahl	25,05
Polenske'sche Zahl	3,70
Verseifungszahl	224,8
Jodzahl	38,0

Für die Reichert-Meißl'sche Zahl 25—26 gibt Polenske als korrespondierende Neue Butterzahlen 1,8—1,9, als höchst zulässige 2,4 an. Auf Befragen wurde mitgeteilt, daß die Kühe dieser Herde außer Heu, Hafer und Bohnenschrot für den Kopf und Tag „einen vollen Kälbereimer“ geschnittene Rüben erhielten. Hier liegt also der oben als möglich hingestellte Fall vor, daß durch Rübenfütterung die Polenske'sche Zahl erhöht wird, während andere Verhältnisse, in diesem Falle höchst wahrscheinlich vorgeschrittenes Laktationsstadium, eine Erniedrigung der Reichert-Meißl'schen Zahl bewirken.