

## **Versuchsbericht R 398**

Maierhofer, R., Obermaier, A., \*Buchberger, J., \*Biechl, Ch., \*Uth, M., Rutzmoser, K., Spann, B.

\* Mitarbeiter des Institutes für Chemie und Physik, Forschungszentrum für Milch und Lebensmittel, Weihenstephan

### **Einfluß der Fütterung auf den Gefrierpunkt der Rohmilch**

#### **1. Einleitung**

Der Gefrierpunkt der Rohmilch ist nach wie vor ein Qualitätskriterium. Für die Wärme behandelte Milch gibt es einen gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwert, dessen Einhaltung vom Gefrierpunkt der Rohmilch abhängt. Bei der Rohmilch gibt es immer wieder Überschreitungen des in der Praxis angewandten, aber gesetzlich nicht vorgeschriebenen Grenzwertes von  $-0.515\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Während man bis vor einigen Jahren noch davon ausgehen konnte, dass Überschreitungen des Grenzwertes beim Gefrierpunkt von Rohmilch überwiegend auf Restwasser (Haftwasser, Kondenswasser usw.) zurückzuführen sind, weisen neuere Untersuchungen darauf hin, daß hauptsächlich Fehler in der Fütterung der Milchkühe für Überschreitungen des Grenzwertes verantwortlich sind. Dabei wird neben dem Einfluß der Rasse, des Laktationsstadiums und der Jahreszeit auch eine mangelnde Energie- bzw. Eiweißversorgung der Milchkühe als Ursachen von Überschreitungen ermittelt - allerdings handelt es sich hier um einen sogenannten Feldversuch mit stark variierenden Bedingungen in der Fütterung der Tiere. Exakte Daten über den Zusammenhang zwischen dem Gefrierpunkt und der Fütterung liegen nicht vor. In einem Fütterungsversuch wurde der Einfluß einer differenzierten Protein- und Energieversorgung auf den Gefrierpunkt der Rohmilch ermittelt. Der Versuch war ein gemeinsames Projekt mit dem Institut für Chemie und Physik, Forschungszentrum für Milch und Lebensmittel, Weihenstephan

Auswertung und Fütterung war der Teil, der von Mitarbeitern der BLT Grub durchgeführt wurde. Der vorliegende Versuchsbericht wird von Herrn Buchberger noch ergänzt und veröffentlicht.

#### **2. Material und Methoden**

Der Versuch wurde auf dem staatlichen Versuchsgut in Grub im Jahr 1999 von Mitte April bis Mitte Juni durchgeführt. Als Versuchstiere standen 20 Milchkühe der Rasse Fleckvieh zur Verfügung. Die 20 Kühe wurden zu je 4 Kühen einer Fütterungsvariante zugeteilt. Nach 2 Wochen wurde das Fütterungsregime gewechselt. Der Versuchsaufbau entsprach einem lateinischen Quadrat. Dies ist in Übersicht 1 nochmals verdeutlicht. Die Grundfütterration bestand für alle Tiere aus ca. 30 kg Maissilage und 2 kg Heu. Mit Sojaextraktionsschrot und Milchleistungsfutter wurde die Differenzierung in fünf Fütterungsvarianten erreicht. Eine Vorausberechnung ergab eine Grundfütterleistung von 11,9 kg Milch nach Energie und 6,1 kg Milch nach Rohprotein. Mit 2 kg Sojaextraktionsschrot wurde eine ausgeglichene Ration bei ca. 16 kg Milch erzielt, 4 kg Sojaextraktionsschrot brachten eine Überversorgung an Rohprotein von ca. 6 kg Milch, wobei für 20 kg Milch Energie zur Verfügung stand. Die weitere Anpassung der Energieversorgung erfolgte über das Milchleistungsfutter. Grundlage für die Berechnung der Kraffuttermenge war die erzielte Milchleistung der vorhergehenden Periode. Übersicht 2 zeigt die Zuteilung an Kraffutter in den fünf Fütterungsvarianten nochmals auf. Zusätzlich wurde 100 g/Tier und Tag Mineralfutter gefüttert. Das Grundfutter wurde täglich einzeln vorgelegt. Das Sojaextraktionsschrot und das Milchleistungsfutter, was sich aus der vorangegangenen Milchleistung errechnete, wurde auf mehrere Tagesportionen verteilt. Restmengen wurden täglich zurückge-

wogen, wobei von einer vollständigen Kraffutter- und Heuaufnahme ausgegangen wurde. Infolge der guten Qualität des Heues eine realistische Annahme. Die Rückwaagen betragen im Durchschnitt 2,6 kg Frischsubstanz. Die Kühe wurden zu Versuchsbeginn und am Ende des Versuches gewogen. Das mittlere Lebendgewicht wurde zur Ermittlung des Erhaltungsbedarfes verwendet.

### Übersicht 1: Versuchsplan

Periode/ Tiergruppe	14 Tage				
I	RP-/NEL-	RP+/NEL-	RP+/NEL+	RP-/NEL+	RP/NEL
II	RP+/NEL-	RP+/NEL+	RP-/NEL+	RP/NEL	RP-/NEL-
III	RP+/NEL+	RP-/NEL+	RP/NEL	RP-/NEL-	RP+/NEL-
IV	RP-/NEL+	RP/NEL	RP-/NEL-	RP+/NEL-	RP+/NEL+
V	RP/NEL	RP-/NEL-	RP+/NEL-	RP+/NEL+	RP-/NEL+

RP-/NEL- = Unterversorgung an Rohprotein und Energie; RP+/NEL- = Überversorgung an Rohprotein und Unterversorgung an Energie; RP+/NEL+ = Überversorgung Rohprotein und an Energie, RP-/NEL+ = Unterversorgung an Rohprotein und Überversorgung an Energie; RP/NEL = Versorgung nach Norm;

### Übersicht 2: Kraffutterversorgung der fünf Behandlungsgruppen

Behandlung	Sojaextraktionsschrot (kg)	Milchleistungsfutter 17 % RP, Energiestufe 2
RP-/NEL-	0	ab 15 kg Milchleistung
RP+/NEL-	4	ab 15 kg Milchleistung
RP+/NEL+	4	ab 7 kg Milchleistung
RP-/NEL+	0	ab 7 kg Milchleistung
RP/NEL	2	ab 11 kg Milchleistung

Die Trockensubstanz der Futtermittel wurde wöchentlich bestimmt, Weender Analysen wurden für Maissilage 14- tägig und für Heu, Sojaextraktionsschrot und Milchleistungsfutter 5- wöchentlich erstellt. Die Trockensubstanz und die Weender- Analysen unterlagen nur geringen Schwankungen , so dass mit den folgenden Mittelwerten die Energie-, Rohfaser- und Rohproteinaufnahme errechnet wurde. Bei der Maissilage handelte es sich um eine Pflückhäckselsilage. Der Energiegehalt der Futtermittel wurde mittels ZIFO errechnet. Die Futterproben wurden im Labor der BLT Grub analysiert.

### Übersicht 3: Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalt sowie errechnete Energiegehalte der eingesetzten Futtermittel

Futterart	T-Gehalt (%)	Rohasche (g/ kg T)	Rohprotein (g/ kg T)	Rohfaser (g/ kg T)	Energie MJ NEL/ kg T
<b>Maissilage</b>	39,8	26	81	150	7,28
<b>Heu</b>	88,9	111	142	267	5,35
<b>Sojaextrak.</b>	87,2	70	482	84	8,59
<b>MLF 18/3</b>	88,4	76	211	120	7,86

Die Milchmenge wurde 2 x pro Woche am Montag/Dienstag und Mittwoch/Donnerstag festgestellt. Die Messung des Abendmelkes erfolgte generell mit

dem Laktocorder, wobei jeweils eine ädequate Milchmenge zur Bestimmung der Milchhaltsstoffe gesammelt wurde. Die Morgengemelke wurden bei der Hälfte der Tiere analog mit dem Laktocorder gemessen. Die zweite Hälfte der Kühe wurde mit dem Melkeimer gemolken und die Milchmenge gewogen. Ursache dafür war, dass für die umfangreichen Analysen eine Probemenge von 0,5 kg Milch benötigt wurde. Aus dieser Probemenge wurde, neben den üblichen Milchhaltsstoffen Fett, Eiweiß, Laktose, Zell- und Harnstoffgehalt, folgende Werte bestimmt:

- a) Gefrierpunkt, pH-Wert,
- b) Caseingehalt, NCN-Gehalt und Errechnung der Caseinzahl
- c) Gerinnungseigenschaften (Gerinnungszeit, Festigkeit der Labgallerte)
- d) Natrium, Kalium, Calcium, Phosphor (Kühe 1-10)

Die Proben wurden im Institut für Chemie und Physik 2x wöchentlich verarbeitet. Aus Kapazitätsgründen war es nur möglich 10 Proben pro Meßtag zu analysieren. Die Analysen der Milch von den Kühen 1-10 erfolgten aus dem Dienstag Gemelk und von den Kühen 11-20 aus dem Donnerstag Gemelk. Die Kühe waren gleich verteilt über die Behandlungsgruppen. Die Milchhaltsstoffe gingen gewichtet mit der Milchmenge in die Tageswerte mit ein.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels dem Programmpaket SAS, wobei Periodenmittelwerte der einzelnen Kühe in einer Varianz analytisch verrechnet wurden. Folgendes Modell wurde unterstellt:

$$Y = \mu + \text{Behandlung} + \text{Periode} + \text{Kennnummer} + \text{Behandlung} * \text{Periode} + \varepsilon;$$

Bei Signifikanz des Einflusses Behandlung wurde ein Mittelwertsvergleich (Student-Newman-Keuls) durchgeführt. Signifikante Unterschiede sind mit Hochbuchstaben markiert, wobei eine Wahrscheinlichkeit gleicher Mittelwerte kleiner als 0,05 mit a und b gekennzeichnet ist. Die Buchstaben a und c entsprechen einer Wahrscheinlichkeit kleiner als 0,01, a und d kleiner als 0,001.

Die Schwankungen innerhalb einer Periode, zum Teil verursacht durch den Abstand zur Futterumstellung, wurden statistisch nicht weiter bearbeitet. Sie sind jedoch aus einzelnen Graphiken zu ersehen. Eine Auswahl davon ist dem Versuchsbericht angehängt. Nachwirkungen der vorhergehenden Versorgungslage konnten in dem Versuch nicht ausgeschlossen werden. Trotzdem wurde ein cross over Versuch als sinnvollste Versuchsanlage betrachtet.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Fütterungsparameter**

Eine unterschiedliche Versorgung mit Kraftfutter in den einzelnen Versuchsgruppen führte erwartungsgemäß zu signifikanten Unterschieden in der Grundfutteraufnahme. Auf eine geringere Versorgung mit 2 kg Milchleistungsfutter reagierten die Kühe in den Fütterungsabschnitten RP-/NEL- und RP+/NEL- mit einer um 0,37 kg T bzw. 0,78 kg T höheren Aufnahme an Maissilage. In der gesamten Futteraufnahme ergab sich somit für die Fütterungsabschnitte RP-/NEL- und RP+/NEL- eine nur noch verminderte Futteraufnahme von 1 kg T bzw. 1,19 kg T im Vergleich zur Norm. Diese Werte konnten signifikant abgesichert werden. Ebenso führte eine Kraftfutterüberversorgung mit 2 kg zu einer Grundfuttermverdrängung, so dass sich der höhere Kraftfuttereinsatz in der gesamten Futteraufnahme nur noch mit 1,11 kg T bzw. 1,12 kg T zu Buche schlug. Insgesamt erbrachte der Einsatz von Pflückhäckselsilage eine sehr

hohe gesamt Futteraufnahme. Die vorausgeschätzte Grundfutterleistung wurde um 4- 5 kg Milch von der Energie her überschritten. Die Aufnahme an Rohprotein unterschied sich in den fünf Fütterungsabschnitten, wie im Versuchsplan beabsichtigt, in allen Gruppen signifikant. Beachtenswert ist auch, dass sich bei diesen extrem hohen Anteil an Maissilage in der Ration selbst bei 4 kg Sojaextraktionsschrot keine positive ruminale Stickstoffbilanz errechnete. Selbst eine Normversorgung bezogen auf Rohprotein ergab eine negative RNB- Bilanz von 52 g Stickstoff. Die negative RNB erhöhte sich in den Fütterungsabschnitten RP-/NEL+ und RP-/NEL- auf 89 g bzw. 104 g. Insgesamt ist auch der durchschnittliche Rohfasergehalt in allen Fütterungsabschnitten sehr niedrig.

#### Übersicht 4: Fütterungsparameter

Parameter	RP-/NEL-	RP-/NEL+	Norm	RP+/NEL-	RP+/NEL+
<b>Aufnahme GF</b> <b>kg T</b>	13,79 <sup>b</sup>	12,62 <sup>d</sup>	13,42 <sup>c</sup>	14,20 <sup>a</sup>	13,23 <sup>c</sup>
<b>Aufnahme KF/Soja</b> <b>kg T</b>	5,22 <sup>d</sup>	8,52 <sup>a</sup>	6,59 <sup>c</sup>	4,61 <sup>e</sup>	7,90 <sup>b</sup>
<b>Aufnahme ges.</b> <b>kg T</b>	19,01 <sup>c</sup>	21,14 <sup>a</sup>	20,01 <sup>b</sup>	18,82 <sup>c</sup>	21,13 <sup>a</sup>
<b>Energieaufnahme</b> <b>kg T</b>	137,3 <sup>c</sup>	154,7 <sup>a</sup>	146,6 <sup>b</sup>	138,1 <sup>c</sup>	156,9 <sup>a</sup>
<b>Rohproteinaufnahme</b> <b>g</b>	2326 <sup>e</sup>	2927 <sup>d</sup>	3056 <sup>c</sup>	3175 <sup>b</sup>	3790 <sup>a</sup>
<b>Rohproteingehalt</b> <b>%</b>	12,2 <sup>e</sup>	13,9 <sup>d</sup>	15,3 <sup>c</sup>	16,9 <sup>b</sup>	18,0 <sup>a</sup>
<b>RNB</b> <b>g</b>	-104 <sup>e</sup>	-89 <sup>d</sup>	-52 <sup>c</sup>	-14 <sup>b</sup>	-1 <sup>a</sup>
<b>Rohfasergehalt</b> <b>%</b>	15,29 <sup>a</sup>	14,78 <sup>b</sup>	14,75 <sup>bc</sup>	14,71 <sup>c</sup>	14,27 <sup>d</sup>

### 3.2 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Zellgehalt, Harnstoff, Trockensubstanz und fettfreie Trockensubstanz)

In den Fütterungsabschnitten RP+/NEL+ und Norm wurden die höchsten Milchleistungen erzielt. Sie konnten gegenüber den Fütterungsabschnitten RP+/NEL- und RP-/NEL- signifikant abgesichert werden. Signifikante Unterschiede traten auch bei den prozentualen Fettgehalten auf. Der Rohfasergehalt der Ration liefert eine Erklärung sowohl für diese Unterschiede als auch für die in allen Fütterungsvariationen absolut niedrigen Fettgehalte. Der Milcheiweißgehalt spiegelt die gute Energieversorgung wieder. Signifikant niedriger war er nur in der Gruppe RP-/NEL-. Keine Reaktionen zeigte der Laktosegehalt der Milch auf die unterschiedlichen Fütterungseinflüsse, was erwartet wurde. In der Fett- Eiweiß korrigierten Milch unterschieden sich die Fütterungsvarianten mit einer geringeren Versorgung mit Leistungskraftfutter signifikant. Im Harnstoffgehalt der Milch zeigte sich erwartungsgemäß die stark unterschiedliche Versorgung der Kühe mit Rohprotein wieder. Die hohe Rohproteinversorgung in den Fütterungsvarianten brachte keine Steigerung der Milchleistung, sondern nur höhere Harnstoffgehalte der Milch. Keinen signifikanten Einfluß hatte die Nährstoffversorgung auf den Zellgehalt der Milch und die Trockensubstanz der Milch. Der signifikante Unterschied der Fütterungsvariante RP-/NEL- in der fettfreien Trockensubstanz kam von dem bereits beschriebenen niedrigeren Eiweißgehalt dieser Fütterungsvariante.

### Übersicht 5: Milchleistung und Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Zellgehalt, Harnstoff, Trockensubstanz und fettfreie Trockensubstanz)

Parameter	RP-/NEL-	RP-/NEL+	Norm	RP+/NEL-	RP+/NEL+
Milchleistung kg	24,1 <sup>c</sup>	25,8 <sup>ab</sup>	26,3 <sup>a</sup>	25,0 <sup>b</sup>	26,4 <sup>a</sup>
Fettgehalt %	4,01 <sup>a</sup>	3,89 <sup>ab</sup>	3,81 <sup>bc</sup>	3,67 <sup>d</sup>	3,74 <sup>cd</sup>
Eiweißgehalt %	3,42 <sup>b</sup>	3,52 <sup>a</sup>	3,52 <sup>a</sup>	3,51 <sup>a</sup>	3,54 <sup>a</sup>
Laktosegehalt %	4,81	4,87	4,82	4,85	4,87
FPCM kg	24,1 <sup>b</sup>	25,7 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>	24,1 <sup>b</sup>	25,8 <sup>a</sup>
Harnstoff mg/100ml	9 <sup>d</sup>	14 <sup>c</sup>	22 <sup>b</sup>	35 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>
Zellgehalt Tsd.	176	102	133	110	208
Trockensubstanz %	13,1	13,09	13,04	12,83	12,97
fettfreie TS %	8,98 <sup>b</sup>	9,11 <sup>a</sup>	9,08 <sup>a</sup>	9,07 <sup>a</sup>	9,12 <sup>a</sup>

### 3.3 Nährstoffbilanz

Eine hohe Grundfutteraufnahme in Verbindung mit einer hohen Nährstoffkonzentration des Grundfutters führte zu keiner Unterversorgung an Energie in den einzelnen Fütterungsvarianten. Durch eine höhere Aufnahme an Maissilage und einen Rückgang der Milchleistung kompensierten die Kühe hinsichtlich Energiebilanz eine geringere Kraffuttermittelsversorgung von zwei Richtungen. Bei der Rohproteinversorgung führte nur die Variante RP-/NEL- zu einer negativen Rohproteinbilanz. In der Fütterungsvariante RP-/NEL+ konnte die höhere Versorgung mit Milchleistungsfutter das Defizit in der Rohproteinbilanz ausgleichen, so dass hier keine Unterversorgung gegeben war.

### Übersicht 6: Energie- und Rohproteinbedarf sowie Energie- und Rohproteinbilanz

Parameter	RP-/NEL-	RP-/NEL+	Norm	RP+/NEL-	RP+/NEL+
Energiebedarf MJ NEL	113,6 <sup>b</sup>	118,5 <sup>a</sup>	119,5 <sup>a</sup>	113,7 <sup>b</sup>	119,1 <sup>a</sup>
Rohproteinbedarf g	2508 <sup>b</sup>	2642 <sup>a</sup>	2670 <sup>a</sup>	2511 <sup>b</sup>	2658 <sup>a</sup>
Energiebilanz MJ NEL	23,5 <sup>b</sup>	36,1 <sup>a</sup>	26,9 <sup>b</sup>	24,3 <sup>b</sup>	38,0 <sup>a</sup>
Rohproteinbilanz g	-185 <sup>e</sup>	283 <sup>d</sup>	383 <sup>c</sup>	662 <sup>b</sup>	1134 <sup>a</sup>

### 3.4 pH- Wert der Milch, Gefrierpunkt und Gerinnungseigenschaften der Milch

### Übersicht 7: pH- Wert der Milch, Gefrierpunkt und Gerinnungseigenschaften der Milch

Parameter	RP-/NEL-	RP-/NEL+	Norm	RP+/NEL-	RP+/NEL+
pH- Wert	6,66	6,66	6,67	6,67	6,66
Gefrierpunkt ° C	-0,524 <sup>a</sup>	-0,527 <sup>b</sup>	-0,528 <sup>b</sup>	-0,531 <sup>c</sup>	-0,534 <sup>d</sup>
rW alt	6,46	6,54	6,93	6,69	7,01
AR- W alt	12,57	12,87	12,68	12,90	12,78
A10- W alt	14,06	14,30	13,99	14,21	14,01
A20- W alt	15,30	15,52	15,27	15,46	15,26

### 3.5 Unterschiedliche Stickstofffraktionen der Milch

#### Übersicht 8: Unterschiedliche Stickstofffraktionen der Milch

Parameter	RP-/NEL-	RP-/NEL+	Norm	RP+/NEL-	RP+/NEL+
gesamt N	0,530 <sup>b</sup>	0,549 <sup>a</sup>	0,549 <sup>a</sup>	0,549 <sup>a</sup>	0,552 <sup>a</sup>
nicht Casein- N	0,111 <sup>c</sup>	0,115 <sup>bc</sup>	0,118 <sup>ab</sup>	0,119 <sup>ab</sup>	0,123 <sup>a</sup>
nicht Protein- N	0,020 <sup>e</sup>	0,023 <sup>d</sup>	0,026 <sup>c</sup>	0,030 <sup>b</sup>	0,032 <sup>a</sup>

### 3.6 Rohasche und Mengenelement der Milch

#### Übersicht 9: Rohasche und Mengenelemente der Milch

Parameter	RP-/NEL-	RP-/NEL+	Norm	RP+/NEL-	RP+/NEL+
Rohasche % d FS	0,743	0,749	0,745	0,737	0,751
Natrium mg/100 ml	47,7	47,7	46,9	48,2	48,5
Kalium mg/100 ml	153,4 <sup>b</sup>	159,1 <sup>ab</sup>	157,8 <sup>ab</sup>	155,4 <sup>ab</sup>	160,8 <sup>a</sup>
Calcium mg/100 ml	122,2	123,3	120,8	121,2	122,3
Phosphor mg/100 ml	100,7 <sup>b</sup>	105,3 <sup>ab</sup>	101,6 <sup>ab</sup>	102,9 <sup>ab</sup>	105,9 <sup>a</sup>