

Institut für Landtechnik  
der Technischen Universität München

---

**UNTERSUCHUNGEN ZUM EINFLUSS DER  
MELKMASCHINENTECHNISCHEN PARAMETER VAKUUMHÖHE,  
PULSZAHL UND LÄNGE DER SAUGPHASE  
AUF DIE MILCHABGABE DER KUH**

Diplom-Agraringenieur WILLI WEBER  
geboren am 9.5. 1947 in Reuth, Kr. Kronach/Bayern

Vollständiger Abdruck der vom Fachbereich für Landwirtschaft  
und Gartenbau der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Agrarwissenschaften  
genehmigten Dissertation

Vorsitzender: Prof. Dr. F. Pirchner  
1. Prüfer: Prof. Dr. H.-L. Wenner  
2. Prüfer: Prof. Dr. H. Karg

Die Dissertation wurde am 6. 7. 1977 bei der Technischen  
Universität München eingereicht und durch den Fachbereich  
für Landwirtschaft und Gartenbau am 25. 7. 1977 angenommen

Tag der Promotion: 28. 7. 1977

Copyright 1977 : im Selbstverlag Dr.agr. Willi Weber

Bezugsquelle : Institut für Landtechnik der  
Technischen Universität München  
Vöttinger Straße 36  
D-8050 Freising-Weißenstephan

Steigende Anforderungen an die Arbeitsleistung beim Melken und höhere Ansprüche an die Qualität des Milchentzuges zwingen zu verbesserten biotechnischen Melkbedingungen. In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluß der drei wichtigsten melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase auf die einzelnen Kennwerte des Milchflusses bzw. der Melkzeit untersucht.

Für die Übertragung der Arbeit und für die richtungsweisende Anleitung bin ich Herrn Prof. Dr. H.-L. Wenner zu besonderem Dank verpflichtet. Herzlich danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. H. Karg, der die Aufgabe des Korreferenten übernahm.

Mein Dank gilt weiterhin Herrn Dr. H. Schön für die umfassende wissenschaftliche Betreuung und die tatkräftige Unterstützung sowie allen Mitarbeitern der Landtechnik Weihenstephan und der Versuchsstation Veitshof.

Die durchgeführten Untersuchungen wurden durch den Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" in dankenswerter Weise unterstützt und finanziert. Einen wesentlichen Beitrag leistete auch das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften durch die kostenlose Benutzung seiner Rechanlage.

Weihenstephan im Juli 1977

Willi Weber

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. EINLEITUNG	5
2. LITERATURÜBERSICHT ZU VAKUUMAPPLIKATION UND MILCH- ABGABE	8
2.1 Vakuumhöhe und Milchabgabe	8
2.2 Pulszahl und Milchabgabe	13
2.3 Länge der Saugphase und Milchabgabe	18
3. ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN	23
4. MATERIAL UND METHODIK	25
4.1 Definition der Merkmale der Melkbarkeit	25
4.2 Methoden zur Erfassung der Milchabgabe	31
4.3 Versuchs- und Registrieranlagen	34
4.4 Tiermaterial und Versuchsdurchführung	40
4.5 Methodik der Auswertung	43
5. EINFLUSS DER VAKUUMHÖHE AUF DIE MILCHABGABE	47
5.1 Betriebsvakuum und Milchflußphase in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Nennvakuumhöhen	47
5.2 Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit	52
5.3 Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit	59
5.4 Durchschnittliches Minutengemelk	60
5.5 Höchstes Minutengemelk	64
5.6 Zeit bis zum höchsten Milchfluß	68
5.7 Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinen- hauptmelkzeit	72
5.8 Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinen- hauptmelkzeit	79

	Seite	
6.	EINFLUSS DER PULSZAHL AUF DIE MILCHABGABE	84
6.1	Betriebsvakuum und Milchflußphase in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Pulszahlen	84
6.2	Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit	86
6.3	Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit	90
6.4	Durchschnittliches Minutengemelk	91
6.5	Höchstes Minutengemelk	95
6.6	Zeit bis zum höchsten Milchfluß	98
6.7	Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit	102
6.8	Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit	107
7.	EINFLUSS DER LÄNGE DER SAUGPHASE AUF DIE MILCHABGABE	112
7.1	Betriebsvakuum und Milchflußphase in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Saugphasenlängen	112
7.2	Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit	114
7.3	Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit	117
7.4	Durchschnittliches Minutengemelk	118
7.5	Höchstes Minutengemelk	122
7.6	Zeit bis zum höchsten Milchfluß	125
7.7	Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit	127
7.8	Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit	133
8.	GESAMTFOLGERUNGEN AUS DEN VERSUCHSERGEBNISSEN UND IHRE WERTUNG	137
9.	ZUSAMMENFASSUNG	145
10.	LITERATURVERZEICHNIS	152
11.1	ANHANG	161

# 1. EINLEITUNG

Während der technische Fortschritt im Bereich der Innenwirtschaft beim Füttern und Entmisten deutliche arbeitswirtschaftliche Verbesserungen gebracht hat, ist der Arbeitsvorgang des Melkens noch mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Das Melken beansprucht sowohl im Anbinde- als auch im Liegeboxenlaufstall bis zu 60 % des Gesamtarbeitszeitbedarfes für die Milchviehhaltung (Abbildung 1) und ist damit oft der begrenzende Faktor für die notwendige Steigerung der Arbeitsleistung und eine Vergrößerung der Kuhbestände (82).

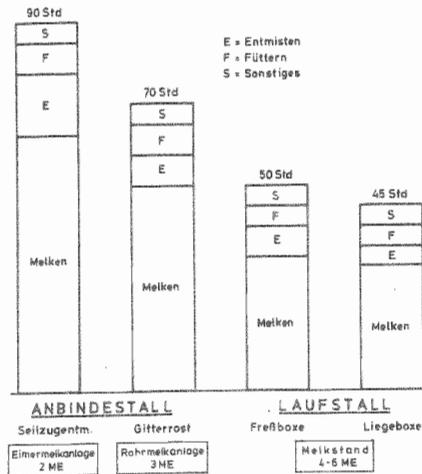


Abbildung 1 : Arbeitszeitbedarf in der Milchviehhaltung (in AKh/Kuh und Jahr (62) )

Höhere Arbeitsleistungen beim Melken lassen sich

1. durch eine vollständige und schnelle Milchabgabe der Kühe und
2. durch kürzere Routinearbeiten der Arbeitskraft

erzielen.

Das Ziel einer vollständigen und schnellen Milchabgabe versuchte man durch die Züchtung der Tiere auf eine kurze Maschinen-

hauptmelkzeit zu erreichen. Nach DODD und FOOT 1953 (23) ist das Milchflußverhalten von Kühen erblich. Sie finden in ihren Untersuchungen eine signifikante Korrelation zwischen dem Milchfluß von Muttertieren und Töchtern sowie zwischen dem Milchflußverhalten verwandter Tiere. SCHMIDT et al 1963 (57) berichten von einer negativen Korrelation zwischen dem durchschnittlichen bzw. höchsten Minutengemelk und dem Nachgemelk. Dies deutet ihrer Meinung nach darauf hin, daß eine Selektion auf gutmelkende Kühe auch das Maschinennachgemelk reduziert.

Weiterhin versuchte man, das Ziel einer höheren Arbeitsleistung und verbesserten Milchabgabe durch den Einsatz von sogenannten Schnellmelkern zu erreichen. Diese Maschinen arbeiten mit hohen Pulszahlen zwischen 80 und 120 Doppeltakten pro Minute und/oder mit längeren Saugphasen zwischen 60 und 80 %.

Infolge der ständig steigenden Milchleistungen ließen sich durch diese Maßnahmen aber keine durchschlagenden Erfolge erzielen. Wesentlich wirkungsvoller ist es vielmehr, von der Maschinenhauptmelkzeit auszugehen und zu versuchen, in dieser vorgegebenen Zeitspanne mit einer größeren Zahl von Melkeinheiten möglichst viele Kühe gleichzeitig zu melken. Dann sind höhere Arbeitsleistungen je Arbeitskraft möglich, da die Länge der Maschinenhauptmelkzeit aus arbeitswirtschaftlicher Sicht nur noch eine untergeordnete Rolle spielt (62).

Der Einsatz von mehr Melkeinheiten pro Arbeitskraft setzt jedoch kürzere Routinearbeitszeiten wie z.B. beim Euterreinigen, Melkzeugansetzen usw. voraus, um diesen arbeitswirtschaftlichen Effekt intensiv nutzen zu können.

Voraussetzung dazu ist die Verbesserung der melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase, um günstige technische Bedingungen für einen optimalen Milchentzug zu schaffen. Dies ist für Melkanlagen erforderlich, bei denen die Melkparameter während der gesamten Melkzeit konstant bleiben, und auch für solche, bei denen die Parameter in Abhängigkeit vom Milchfluß der Kuh gesteuert werden.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, den Einfluß von Vakuumhöhe und Pulsierung auf die Milchabgabe der Kuh zu untersuchen, um Möglichkeiten einer verbesserten Milchabgabe aufzuzeigen.

## 2. LITERATURÜBERSICHT ZU VAKUUMAPPLIKATION UND MILCHABGABE

Zum Einfluß der melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumphöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase auf die Milchabgabe der Kuh sind zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden, die deutliche Aussagen über den Zusammenhang zwischen den Melkparametern und dem Milchentzug bzw. der Eutergesundheit zulassen. Allerdings wird den Auswirkungen der einzelnen Parameter in der Literatur unterschiedliche Bedeutung beigemessen.

### 2.1 Vakuumphöhe und Milchabgabe

Für den Begriff der Vakuumphöhe werden in der Literatur die Ausdrücke Unterdruck, Vakuum und Melkvakuum, im Englischen vacuum, vacuum level und negative pressure synonym verwendet. Nach der DIN 11845 (Vorlage Mai 1976 (88)) muß beim Vakuum zwischen Nenn- und Betriebsvakuum unterschieden werden. Unter Nennvakuum ist das vom Hersteller angegebene Soll-Melkvakuum zu verstehen; das Betriebsvakuum dagegen ist das an irgendeiner Stelle der Anlage gemessene Ist-Vakuum; Meßpunkt und Betriebszustand sind dabei anzugeben.

In der Literatur wird meist unter Vakuumphöhe das Nennvakuum verstanden, es wird in der Regel am Vakuummeter in der Nähe des Regelventils oder an der Milchleitung abgelesen. Eine exakte Differenzierung in Nenn- und Betriebsvakuum erfolgt jedoch nicht.

Entsprechend der DIN-Norm finden in dieser Arbeit die Begriffe Nenn- und Betriebsvakuum mit der Dimension Kilopascal (kPa) Verwendung. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die Angaben zur Vakuumphöhe in der Literatur auf kPa umgerechnet.\*

---

\* Das Vakuum wird in der Literatur in Millimeter Quecksilbersäule (mmHgS), Millimeter Wassersäule (mmWS), Kilopond pro Quadratcentimeter (kp/cm<sup>2</sup>), Bar (bar) und Kilo-Pascal (kPa) sowie in inches mercury oder inches Hg angegeben.

100 kPa = 1 bar = 101,97 mmWS = 750 mmHgS = 1,02 kp/cm<sup>2</sup>  
= 29,53 inches Hg

Damit das Melkzeug am Euter haften bleibt, ist eine Mindestvakuumhöhe notwendig. FRITZ 1932 (26) gab diesen Wert mit 30 kPa an. Um den Strichkanal zu öffnen, bedarf es einer von Tier zu Tier unterschiedlichen Druckdifferenz. Sie beträgt nach BECKER 1955 (9) bei leichtmelkenden Tieren 14 kPa, bei schwermelkenden bis zu 44 kPa und bei den meisten Kühen zwischen 20 und 25 kPa. WHITTLESTONE 1968 (84) gab eine notwendige Vakuumhöhe von 7 bis 10 kPa bei Tieren mit leichter und 27 bis 34 kPa bei Tieren mit schwerer Milchabgabe an. Um aber auch schwermelkende Kühe mit der Maschine sicher ausmelken zu können, forderte EISENREICH 1954 (25) eine Mindestvakuumhöhe von 43 bis 47 kPa.

Diese verschiedenen Mindestdruckdifferenzen werden u.a. durch die unterschiedliche Ausprägung des Zitzenkanals hervorgerufen, wie BAXTER und ANDREAE in ihren Untersuchungen nachwiesen. BAXTER et al 1950 (7) verglichen den Milchfluß der zwei hinteren Euterviertel von vier Kühen, wenn mit den Vakuumhöhen 36, 54 und 70 kPa gemolken wurde. Ein Viertel wurde dabei mit gewöhnlichen Melkbechern bei einer Pulszahl von 40 DT/min\*, das andere mit einer Kanüle und ohne Pulsierung gemolken. Beim Melken mit einem Vakuum von 54 kPa und dem Normal-Melkbecher variierte das höchste Minutengemelk zwischen 0,5 und 1,3 kg, beim Melken mit der Kanüle jedoch zwischen 1,2 und 1,3 kg, wobei die Unterschiede zwischen den einzelnen Vierteln nicht signifikant waren. Das höchste Minutengemelk der einzelnen Milchflußkurven nahm beim Melken mit dem normalen Melkbecher und der Kanüle mit steigendem Vakuum zu. Die Steigerung war beim ersten Verfahren größer als beim zweiten, da das höhere Vakuum die Zitzenöffnung stärker aufweitete. Mit steigendem Vakuum erhöhte sich aber auch das durchschnittliche Maschinennachgemelk, was auf ein Klettern der Zitzenbecher zurückgeführt wurde.

ANDREAE 1955 (3) führte bei einer Anzahl von schwermelkenden Kühen ähnliche Versuche durch. Beim Zitzenbecher-Melken variierte das höchste Minutengemelk zwischen 0,3 und 0,45 kg pro Zitze,

---

\* DT/min = Doppeltakte pro Minute

beim Kanülen-Melken zwischen 0,65 und 1,3 kg. Auch wenn hier beträchtliche Unterschiede zwischen den einzelnen Tieren vorlagen, so wies das höchste Minutengemelk beim Melken mit der Kanüle deutlich höhere Werte auf als beim Melken mit dem normalen Melkbecher.

Da sich das Melken mit Kanülen aus arbeitswirtschaftlichen und hygienischen Gründen nicht durchsetzen konnte, hat das Vakuum auch weiterhin die Aufgabe, den Strichkanal zu öffnen und dem Euter die Milch zu entziehen.

Generell bewirkt eine Erhöhung des Vakuums eine Milchflußsteigerung. So fand CLOUGH 1963 (18), daß bei einer Vakuumerhöhung von 34 auf 85 kPa das höchste Minutengemelk zwar um 75 % anstieg, die Gesamtmelkzeit sich jedoch nur um 30 % verringerte. Das Nachmelken dagegen nahm progressiv zu, wenn das Vakuum über 51 bis 54 kPa erhöht wurde.

SMITH und PETERSEN 1946 (63) stellten bei 50 kPa eine bessere Melkbarkeit als bei 33 kPa fest; eine weitere Vakuumerhöhung erbrachte nur noch geringen Erfolg. ANDREAE 1963 (4) verglich eine Melkmaschine mit einer Vakuumhöhe von 93 kPa mit einer normalen mit 53 kPa; beim hohen Vakuum lag das höchste Minutengemelk um 45 % höher als beim niedrigen Vakuum; die Melkzeit verringerte sich um 20 bis 30 %. BRANDSMA 1963 (11,12) stellte die Vakuumhöhen 49 und 84 kPa gegenüber; bei schwermelkenden Kühen war eine größere Steigerung des durchschnittlichen Minutengemelkes zu erzielen als bei leichtmelkenden; Residualmilchmenge und Milchfett nahmen ab, wenn mit dem hohen Vakuum gemolken wurde. DODD 1963 (24) bezeichnete 44 bis 50 kPa als üblich, wenn auch zeitweise in den USA 38 kPa und in den Niederlanden 84 kPa Anwendung fanden. Das höchste Minutengemelk nahm mit steigender Vakuumhöhe besonders im Bereich zwischen 44 und 50 kPa bei kurvilinearem Verlauf zu; bei einer Vakuumhöhe von mehr als 50 kPa wurde das Nachgemelk größer, und über 60 kPa waren für die Verkürzung der Melkzeit kaum noch Erfolge zu erzielen.

WHITTLESTONE 1968 (84) betrachtete 51 kPa als oberste Grenze, die

nicht überschritten werden sollte. GREGOIRE et al 1954 (27) führten Versuche mit Vakuumböhen von 34, 44 und 58 kPa durch. Mit steigendem Vakuum sank die Melkzeit, und der Milchfluß nahm zu; das Nachgemelk war jedoch bei 44 kPa am geringsten. Die Nachmelkzeit und die Zeit bis zum Erreichen des höchsten Minutengemelks schienen durch die Vakuumböhe nicht beeinflusst zu werden. CARUOLO et al 1955 (15) dagegen fanden bei ähnlichen Versuchen mit gleichen Vakuumböhen, daß die Melkzeit und die Zeit bis zum Erreichen des höchsten Minutengemelks bei steigender Vakuumböhe linear abnahmen und der Milchfluß anstieg; die niedrigste Nachmelkzeit wurde bei 46 kPa erreicht und das geringste Nachgemelk trat bei 34 kPa auf.

SCHMIDT et al 1963 (57) erhöhten das Vakuum von 41 auf 61 kPa und die Pulszahl von 40 auf 80 DT/min; Maschinenhauptmelkzeit und Maschinennachmelkzeit nahmen ab, das höchste und durchschnittliche Minutengemelk dementsprechend zu. Wurde das Vakuum darüber hinaus auf 81 kPa erhöht, stiegen Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit deutlich an, wobei die Gesamtmelkzeit ungefähr der Melkzeit bei 41 kPa entsprach.

Den milchflußbeschleunigenden Effekt eines höheren Vakuums bestätigten auch STEWART und SCHULTZ 1958 (69); die Melkgeschwindigkeit erhöhte sich beim Übergang von 34 auf 42 kPa in höherem Maße als von 42 auf 51 kPa. SCHMIDT und VLECK 1969 (58) konnten bei der Erhöhung des Vakuums von 41 kPa auf 51, 61 und 81 kPa sinkende Melk- und Nachmelkzeiten sowie steigende Nachgemelke nachweisen. Auch SMITH et al 1974 (64) stellten bei einer Maschine mit höherem Vakuum zwischen 51 und 55 kPa ein höheres Nachgemelk fest als dies bei einem Vakuum zwischen 40 und 44 kPa der Fall war. Allerdings unterschieden sich die Maschinen noch in den Melkparametern Pulszahl (48 bzw. 60 DT/min) und Saugphase (50 bzw. 70 %), so daß auch deren Einfluß berücksichtigt werden muß.

Bei einem Vergleich von acht handelsüblichen Melkmaschinen durch COWHIG und O'FLAHERTY 1968 (21) ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Vakuumböhe und Milchmenge, Maschinennachge-

melk und Eutergesundheit. Die Maschinen mit einem Nennvakuum von 50 kPa wiesen allerdings höhere durchschnittliche Minutenmelke auf als die mit einer Vakuumhöhe von 44 kPa. Das Melkzeuggewicht als dem Vakuum entgegengerichtete Kraft war in seiner Auswirkung den Werten für das Maschinennachmelk und der Maschinennachmelkzeit umgekehrt proportional.

Das Vakuum beeinflußt nicht nur die Milchabgabe, sondern auch die Eutergesundheit. Mc DONALD und WITZEL 1967 (38) wiesen in diesem Zusammenhang nach, daß beim Übergang des Melkmaschinenvakuum von 33 auf 53 kPa das durchschnittliche Vakuum in der Zitenzisterne von ca. 10 kPa nahezu linear auf 14 kPa (bei 50 % Saugphase und 48 DT/min) bzw. auf 17 kPa (bei 70 % Saugtaktanteil und 48 DT/min) anstieg. Wurde das Betriebsvakuum auf 66 kPa erhöht, nahm das Vakuum in der Zitenzisterne stark progressiv zu und erreichte Werte von 47 bzw. 48 kPa. Durch die starke Beanspruchung des Euters können jedoch negative Auswirkungen auf die Eutergesundheit auftreten.

MEIGS et al 1949 (43) berichten von einer höheren Anzahl von Euterinfektionen bei einer Vakuumhöhe von 54 kPa gegenüber von 41 kPa. Nach MOCHRIE et al 1955 (45) dagegen übt das Vakuum einen nur geringen oder keinen direkten Einfluß auf die Eutergesundheit aus. HELMSTATT-STRACHWITZ 1955 (31) wies darauf hin, daß mit steigendem Vakuum beim Blindmelken "Saugschäden" an der Schleimhaut der Zisterne und des Strichkanals auftreten können, wodurch die Gefahr einer Infektion bedeutend größer wird.

GUTHY 1968 (29) stellte bei steigendem Vakuum eine signifikante Abnahme des prozentualen Anteils "gesunder Viertel" bei gleichzeitiger Zunahme der "sekretionsgestörten Viertel" fest. Das Ansteigen des Melkvakuums über 53 kPa führte nach AFIFL 1968 (1) zu einem erhöhten Gehalt an Leucocyten in der Milch. Der Unterschied im Leucocytengehalt zwischen Kühen, die mit einem Vakuum von weniger und solchen, die mit einem Vakuum von mehr als 53 kPa gemolken wurden, war statistisch signifikant. WORSTORFF 1970 (85) fand bei der Untersuchung des Zellgehaltes von 1680 Deutschen-Schwarzbunten-Kühen in 98 Betrieben die niedrigsten

Zellzahlen dort, wo mit einem Vakuum im Bereich von 46 bis 52 kPa gemolken wurde. Sowohl Über- als auch Unterschreitung dieses Bereiches ergab eine Verschlechterung des Zellgehaltes.

Insgesamt gesehen kommt der Vakuumhöhe eine doppelte Aufgabe zu: zum einen müssen die Melkbecher am Euter haften bleiben, zum anderen muß die Milch dem Euter zügig und vollständig entzogen werden. Eine gewisse Mindestvakuumhöhe ist erforderlich, um auch alle Tiere mit der Maschine ausmelken zu können. Andererseits üben extrem hohe Werte einen negativen Einfluß auf Eutergesundheit und Milchabgabe, speziell auf das Nachgemelk, aus.

Die zum Teil widersprüchlichen Ergebnisse und Angaben zum Einfluß der Vakuumhöhe auf die Milchabgabe der Kuh sind einerseits auf die meist nicht eindeutige Messung des Vakuums in der Melkanlage bzw. an der Sitzenspitze der Kuh und andererseits auf das unterschiedliche Milchflußverhalten der einzelnen Tiere zurückzuführen. Aufgrund der vielfältigen Versuchsbedingungen wird zwar deutlich, daß ein höheres Vakuum zu einem schnelleren Milchfluß führt, eine optimale Vakuumhöhe für alle Tiere sich aber nur als ein mittlerer Erfahrungswert im Bereich von 44 bis 50 kPa ergibt.

## 2.2 Pulszahl und Milchabgabe

Der Pulsator, der im Pulsraum des Melkbeckers periodisch einen Wechsel zwischen atmosphärischer Luft und Vakuum erzeugt, bestimmt die Pulszahl, unter der die Anzahl der Pulszyklen pro Minute (Doppeltakt pro Minute) zu verstehen ist. Ein Pulszyklus oder auch Doppeltakt besteht aus einer vollständigen Saug- und Entlastungsphase. Neben dem Ausdruck Pulszahl werden auch die Begriffe Pulsfrequenz, Pulsgeschwindigkeit oder auch Taktgeschwindigkeit verwendet; im Englischen ist der Begriff pulsation rate gebräuchlich.

Steht der Pulsraum unter Vakuum, so ist der Sitzengummi geöffnet,

und der Zitze wird über den Strichkanal Milch entzogen. Steuert der Pulsator jedoch auf Entlastungstakt, so kollabiert der Zitzengummi, der Strichkanal wird verschlossen, und der Milchfluß hört auf.

Diesem ständigen Wechsel von Saug- und Entlastungsphase wird unterschiedliche Bedeutung beigemessen. CLOUGH et al 1953 (16) stellen fest, daß der Milchfluß mit steigender Pulsfrequenz von 20 auf 80 DT/min zunahm. Sie führten dies auf veränderte mechanische Bedingungen im Melkbecher zurück. Die Melkzeit pro Kuh ließ sich um 10 % verkürzen, wenn anstelle von 40 - 50 DT/min mit 80 DT/min gemolken wurde.

Nach THIEL et al 1966 (72) spielte der Sphinctermuskel ab einer Pulszahl von ca. 50 DT/min keine aktive Rolle mehr, weil die Muskulatur dem schnellen Druckwechsel nicht mehr folgen konnte und der Strichkanal über die theoretische Saugphase hinaus geöffnet blieb. Der Milchfluß aus einer Zitze stieg während einer Zeit von 0,05 s auf einen festen Wert an, den er ca. weitere 0,5 s beibehielt und nahm während einer Periode von ungefähr 1,5 s wieder ab. Dies erklärt auch, warum eine Erhöhung der Pulszahl eine Steigerung des Milchflusses hervorruft; die höhere Pulszahl verursacht eine größere Anzahl von Milchflußspitzen (peak flows) pro Minute.

Auch CLOUGH 1963 (18) begründete einen zügigeren Milchentzug bei schnellerer Pulsierung damit, daß "der Milchfluß innerhalb eines Puls-Zyklus" nicht abnahm. Bei einem Vergleich des Milchentzuges mit und ohne Pulsierung fand er mit Pulsierung ein höheres durchschnittliches Minutengemelk als ohne.

Beim Übergang von 20 auf 50 DT/min ergab sich nach Untersuchungen von STEWART und SCHULTZ 1958 (69) eine höhere Melkgeschwindigkeit; wurde die Pulszahl dagegen auf 80 DT/min erhöht, war keine weitere Beschleunigung des Milchflusses festzustellen. Die Autoren wiesen darauf hin, daß die Auswirkungen von Vakuum und Pulsierung auf den Milchfluß voneinander abhängen; die Erhöhung der Pulsfrequenz beeinflusste den Milchfluß bei niedrigem Vakuum

stärker als bei hohem .

JORGENSEN und CARUOLO 1963 (36) untersuchten die Milchabgabe einzelner Euterviertel bei Pulszahlen von 30, 50, 70 und 90 DT/min und stellten fest, daß innerhalb der ersten 2,5 min der Maschinenhauptmelkzeit mit steigenden Pulszahlen mehr Milch ermolken wurde. MOORE 1965, 1971 (46, 47) fand bei 55 und 66 DT/min während der ersten 1,5 Minuten eine signifikant schnellere Milchabgabe als bei 44 DT/min; danach waren keine signifikanten Unterschiede mehr festzustellen.

Nach LANGELÜDECKE und KLOTH 1964 (37) konnten bei Pulszahlen von 60 und 75 DT/min signifikant höhere Melkgeschwindigkeiten erreicht werden als bei 45 DT/min. Zwischen den Pulszahlen 60 und 75 DT/min fanden sich bei ihren Versuchen jedoch keine signifikanten Unterschiede in der Milchabgabe.

HESSELBACH 1962 (32) stellte in seinen Versuchen fest, daß eine Steigerung der Pulszahl über 60 bis 70 DT/min keine signifikante Erhöhung der Melkgeschwindigkeit und damit keine Verkürzung der Melkdauer brachte. Pulszahlen unter 60 DT/min ergaben eine unerwünschte Verlängerung der Melkdauer, die nur durch eine Ausdehnung der Saugphase bis auf ca. 80 % wieder ausgeglichen werden konnte. Er wies auch darauf hin, daß die einzelnen Kühe in ihrem Milchflußverhalten unterschiedlich auf die Veränderungen der Pulszahl reagierten.

Eine nur geringe Bedeutung schrieben SCHMIDT und VLECK 1969 (58) der Pulsfrequenz zu, da eine Veränderung um 20 DT/min das höchste Minutengemelk nur um 0,14 kg variieren ließ. Sie wiesen aber auch darauf hin, daß im Zusammenhang mit steigendem Vakuum und Saugtaktanteil eine erhöhte Pulszahl zwar zu kürzeren Maschinennachmelk- und Gesamtmelkzeiten, jedoch auch zu einem höheren Nachgemelk führte. Nach COWHIG 1968 (20) ließ sich durch eine höhere Pulszahl im Milchfluß nur eine Beschleunigung um 10 % erzielen. THIEL 1968 (73) konstatierte steigende Minutengemelke bei steigender Pulsfrequenz und jeweils konstantem Saugtaktanteil. ANDREAE 1963 (5) prüfte den Einfluß von 120 DT/min gegen-

über 48 DT/min auf den Milchfluß und kam zu dem Ergebnis, daß durch die höhere Pulszahl zwar ein höherer Anfangsmilchfluß, jedoch kein höheres Maximalminutengemelk erzielt wurde. Verglichen mit der Normalmilchflußkurve bei 48 DT/min ließ sich bei 120 DT/min eine um 20 % kürzere Melkzeit feststellen.

Mit fortschreitendem Laktationsstadium beobachteten BRATLIE et al 1963 (13) bei einer höheren Pulsierung mit 60 oder 70 DT/min gegenüber 40 DT/min ein höheres Nachgemelk und eine sinkende Milchleistung; auch in bezug auf die Eutergesundheit und die Melkgeschwindigkeit lagen die besseren Ergebnisse bei 40 DT/min. Eine Erhöhung der Pulsfrequenz hatte nach WALSER 1966 (79) eine Verringerung der Saugphase zur Folge und führte zu einem sinkenden durchschnittlichen Minutengemelk.

SYCH 1961 (70) fand einen statistisch gesicherten Unterschied von 16,4 % zwischen den durchschnittlichen Minutengemelken einer Maschine mit Normalpulsator (45 DT/min, 50 kPa, 50 % Saugphase und einem sogenannten Kurzzeitmelker (55 DT/min, 40 kPa, 80 % Saugphase). Durch das "Kurzzeitmelken" wurde auch der Steigungswinkel der Milchflußkurve um  $4^{\circ}$  erhöht, also ein schnelleres Ansteigen des Milchflusses hervorgerufen. SCHLOLAUT 1961 (56) wies eine Beschleunigung des Milchflusses durch den Kurzzeitpulsator um 10 - 15 % nach. Bei diesen Untersuchungen von SYCH und SCHLOLAUT fällt jedoch auf, daß neben der Erhöhung der Pulszahl von 45 auf 55 DT/min auch eine deutliche Veränderung der beiden Parameter Vakuumhöhe und Länge der Saugphase erfolgte und der Einfluß auf die Milchabgabe auch auf diese Faktoren zurückzuführen war.

Neben der zirkulatorischen Entlastung der Zitze übt die Pulsfrequenz auch einen deutlichen Einfluß auf den Milchfluß innerhalb der Zitze aus. THOMPSON und MILLER 1974 (75) stellten beim Maschinenmelken in der Zitze einen "retrogaden" Milchfluß fest. Bei jeder Kontraktion des Zitzengummis floß Milch aus der Zitze in die Drüsenzisterne zurück. Die Messung der Milchflußgeschwindigkeit innerhalb maschinengemolkener Zitzen mit einem Ultraschallgeschwindigkeitsmesser ergab, daß bei 77 Beobachtungen der

durchschnittliche Rückfluß während jeder Pulsierung bei 34 % des Vorwärtsflusses lag. Ein derartiger Rückfluß könnte nach Auffassung der Autoren während des Milchentzugs pathogene Mikroorganismen von der Zitze in die Drüsenzisterne übertragen. Diesen Rückfluß wies auch BECKER 1955 (9) in seinen Untersuchungen nach. Er blieb bis etwa 80 DT/min gleich, bei einer weiteren Steigerung der Pulszahl nahm er wieder ab.

Zur Auswirkung unterschiedlicher Pulszahlen auf die Eutergesundheit gab McDONALD 1971 (41) eine Pulsfrequenz zwischen 40 und 60 DT/min als ausreichend an, denn bei höheren Werten könne der steigende Luftverbrauch zu einer Verminderung der Vakuumreserve führen und dadurch indirekt ungünstige Melkbedingungen hervorrufen. Wurde die Pulsierung z.B. auf 140 DT/min erhöht, war ein starkes Auftreten von intramamaren Infektionen und klinischer Mastitis die Folge. Diese hohe Pulsfrequenz zusammen mit einem hohen Vakuum von 74,5 kPa hatte allerdings keinen Einfluß auf die nicht infizierten Viertel (Untersuchungen von 1968 (39)). McDONALD betrachtete aber insgesamt gesehen eine Pulszahl von mehr als 100 DT/min als mastitisbegünstigend. GUTHY 1968 (29) stellte bei einer einmaligen Bestandsaufnahme bei 1016 Kühen in 151 Betrieben mit steigender Pulszahl keinen negativen Einfluß auf die Eutergesundheit fest. AFIFI 1968 (1) dagegen konnte in seinen Versuchen den Nachweis erbringen, daß bei einer Pulszahl zwischen 44 und 50 DT/min der Gehalt an Leucocyten in der Milch die niedrigsten Werte aufwies; über diesen Bereich stieg er signifikant an, aber auch darunter nahm er bemerkenswert höhere Werte an. Auch WORSTORFF 1970 (85) fand bei Pulszahlen unter 40 DT/min und über ca. 64 DT/min deutlich höhere Zellzahlen.

Faßt man die Ergebnisse dieser Untersuchungen zum Einfluß der Pulszahl auf die Milchabgabe zusammen, läßt sich die Aussage treffen, daß der Pulszahl die Aufgabe der zirkulatorischen Entlastung der Zitze zukommt, die sie erst ab einer bestimmten Frequenz erfüllen kann. Eine höhere Pulszahl wirkt besonders zu Beginn des Milchentzuges milchflußbeschleunigend, gegen Ende sind dagegen kaum noch Vorteile festzustellen. Gleichzeitig ruft jedoch eine hohe Pulszahl auch höhere Maschinennachgemelke hervor, was sich

negativ auf die Gesamtmelkzeit auswirkt. Der Einfluß unterschiedlicher Pulszahlen auf die Eutergesundheit stellt sich nicht einheitlich dar, doch scheint sich eine Steigerung der Pulszahl über 60 DT/min und eine Verringerung unter 40 DT/min nachteilig auszuwirken.

### 2.3 Länge der Saugphase und Milchabgabe

Unter Pulsverhältnis versteht man das Verhältnis von Saugphase zu Entlastungsphase. Es wird entweder als Verhältniszahl, z.B. 1:1, 3:2 oder als relativer Anteil an einem Doppeltakt, z.B. 50:50, 60:40, angegeben. Nach der DIN 11845 (88) findet allerdings nur noch der Begriff Saugphase, ausgedrückt in Prozent eines vollständigen Pulszyklus, Verwendung. Im Englischen ist der Begriff pulsation ratio gebräuchlich.

Nach verschiedenen Autoren bewirkt eine Verlängerung der Saugphase eine Beschleunigung der Milchabgabe. SMITH und PETERSEN 1946 (63) errechneten eine theoretische Zunahme des Milchflusses um 50 %, wenn die Saugphase von 66,6 auf 75 % erhöht wurde. Im Versuch ergab sich jedoch eine wesentlich geringere Steigerung. SYCH 1963 (71) kam bei einer Saugphase von 80 % infolge der längeren Milchflußzeit je Pulsierung zu einer rund 16 % schnelleren Milchabgabe als bei einer Maschine mit 50 % Saugphase. Allerdings wurden hier Vakuumhöhe und Pulszahl ebenfalls verändert, so daß der Erfolg auch diesen Parametern zugeschrieben werden muß. ALLISON 1959 (2) fand bei der Milchabgabegeschwindigkeit eine deutliche Überlegenheit einer Saugphase von 58 % gegenüber einer 40 %igen Saugphase. Der Milchfluß war um 22 bis 25 % höher, die Melkzeit wurde deutlich verkürzt.

MOORE 1971 (47) stellte fest, daß der Milchfluß bei einer Saugphase von 60 % in den ersten 1,5 Minuten deutlich höher war als bei 50 %. Wurde nach 1,5 Minuten die Saugphase von 60 auf 50 % gesenkt, war kein signifikanter Unterschied im Milchfluß mehr festzustellen. Nach HACKER et al 1967 (30) war die Melkzeit bei

70 % Saugphase kürzer als bei 50 %. Gleichzeitig verlagerte sich das höchste Minutengemelk generell von der zweiten in die erste Minute des Melkens. Es trat also neben einer Verkürzung der Melkzeit auch eine Veränderung der Milchflußkurve ein.

Auch DODD 1963 (24) fand bei 80 % Saugphase eine schnellere Milchabgabe als bei 50 %. Zu diesem Ergebnis kamen ebenso BRATLIE et al 1963 (14). ANDREAE 1966 (6) zeigte, daß eine Saugphase von 75 gegenüber 50 % den Milchfluß beschleunigte. Bei seinen Versuchen stiegen das höchste Minutengemelk um 13 % und das durchschnittliche Minutengemelk um 12 %, die Melkdauer nahm um 14 % ab. Kühe mit mittlerer Melkbarkeit reagierten deutlicher als schwermelkende.

Eine Verlängerung der Saugphase kann jedoch auch negative Folgen haben. SCHMIDT et al 1963 (57) erhielten bei ihren Messungen bei einer Saugphase von 75 % sowohl ein höheres Maschinennachgemelk als auch eine längere Maschinennachmelkzeit. In einem zweiten Versuch hatten die Tiere, die mit einer Saugphase von 66 % gemolken wurden, die längste Maschinennachmelkzeit und das höchste Nachgemelk. Die mit 75 % Saugphase gemolkenen Kühe wiesen dagegen die niedrigsten Werte auf. Bei 75 % Saugphase veränderte sich das höchste Minutengemelk nicht, aber die Zeit bis zum Erreichen des höchsten Minutengemelks sank gegenüber 50 % Saugphase signifikant ab. Dieser Widerspruch zwischen den beiden Versuchen ist darauf zurückzuführen, daß die meisten Tiere, die zum zweiten Versuch herangezogen wurden, bereits bei anderen Untersuchungen eingesetzt waren und deren Auswirkungen sich nun bemerkbar machten.

Der Einfluß langer Saugphasen auf die Eutergesundheit wird unterschiedlich beurteilt : O'SHEA und LANGLEY 1971 (50) führten Versuche mit der Halbeutertechnik durch, indem sie bei 29 Kühen vom 105ten Tag nach dem Kalben bis zum Ende der Laktation die eine Euterhälfte mit 50 %, die andere mit 75 % Saugphase molken. Sie fanden in der Anzahl neuer Infektionen und klinischer Fälle, im wöchentlichen Mittel des Zellgehalts, in der Milchmenge oder in der Milchezusammensetzung keine signifikante Differenz.

BRATLIE et al 1963 (14) stellten bei Euterinfektionen und der Zellzahl der Milch keine Unterschiede fest, wenn mit 80 % Saugphase anstelle von 50 % gemolken wurde. Nach GUTHY 1968 (29) dagegen hatte eine Saugphasenlänge über 75 % einen negativen Einfluß auf die Eutergesundheit. WALSER 1966 (79) gab die Grenze zur Gesunderhaltung von Zitzen und Euter mit 80 % Saugphase an, darüberhinaus war durch die verkürzte Entlastungsphase keine ausreichende Massage der Zitzen mehr gegeben.

Insgesamt gesehen bewirkt eine längere Saugphase bei Pulszahlen zwischen 40 und 60 DT/min einen höheren Milchfluß und damit eine kürzere Zeit für den Milchentzug, da der Strichkanal in jedem Pulszyklus länger geöffnet bleibt. Die Entlastungsphase muß jedoch lang genug sein, damit der Muskulatur des Strichkanals genügend Zeit zur Kontraktion zur Verfügung steht und die Zitze zirkulatorisch entlastet wird. Als untere Grenze für einen noch zügigen Milchentzug wird eine Saugphase von 50 % genannt, als obere Grenze für die Gesunderhaltung der Milchdrüse werden Saugphasenlängen zwischen 70 und 80 % angeführt.

Neben der Vakuumhöhe, Pulszahl und der Länge der Saugphase ist die Ausbildung eines Doppeltaktes und des Pulswechsels sowie ihre Auswirkung auf den Milchfluß von Bedeutung. HUPFAUER 1956, 1966, 1967 (33, 34, 35) stellte einen erheblichen Einfluß des Pulswechsels auf das Melkvermögen der Melkmaschine fest. Er kam zu dem Ergebnis, daß ein langsames Schließen und ein schnelles Öffnen des Zitzengummis den Melkvorgang am günstigsten beeinflussen; im Extremfall ergab sich eine Verkürzung der Melkzeit um 20 %. Er erklärte dies durch die massierende Wirkung einer längeren Druckwechselzeit für das Schließen des Zitzengummis, was die Erhaltung der Melkbereitschaft der Kuh fördern würde. SYCH 1961 (70) begrenzte die Zeit des Pulswechsels für das schnelle Öffnen des Zitzengummis auf 5 % des Gesamttaktes und für das langsame Schließen auf 15 - 20 %. WHITTLESTONE 1968 (84) machte auf die Gefahr aufmerksam, daß bei langer Saugphase und hoher Pulszahl die Zitzengummis den Umsteuerungen des Pulsators nicht mehr folgen können.

Auf die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Parametern weisen RABOLD und GUTHY in ihren Untersuchungen hin. RABOLD 1967 (52) schätzte mit Hilfe von Regressionsgleichungen d. Einfluß v. 75 Kombinationen der drei Melkmaschinenparameter auf die "Merkmale Melkarbeit und Melkbarkeit" und fand aus arbeitswirtschaftlicher Sicht für die Vakuummhöhe 50 kPa, für die Pulsfrequenz 60 DT/min und für die Saugphase 75 % als optimale Parameter. GUTHY 1968 (29) konstatierte bei einer Analyse des Gesundheitszustandes der Euterviertel im Einzugsbereich der Weihenstephaner Molkerei und einer Überprüfung der in den Betrieben vorgefundenen Melkmaschinenparameter eine optimale Kombination für die Eutergesundheit; danach sollte aus hygienischer Sicht die Vakuummhöhe zwischen 42 und 46 kPa liegen und die Pulszahl 50 DT/min sowie die Saugphase 71 % betragen.

Faßt man die in der Literatur beschriebenen Untersuchungen zusammen, so wird deutlich, daß die Milchabgabe der Kuh durch physiologische Faktoren des Tieres selbst und durch physikalische Faktoren der Melkmaschine bestimmt wird. Die Zitzenöffnung ist dabei der wichtigste physiologische Parameter, der die Zeit für den maschinellen Milchentzug in hohem Maße beeinflußt. Die Dehnfähigkeit der Sphinktermuskulatur bestimmt die Größe der Zitzenöffnung und damit die Kraft, die zum Überwinden des Zitzenschließmuskels notwendig ist. Dadurch begrenzt die Öffnung des Strichkanals den Milchfluß, insbesondere zu Beginn der Saugphase eines Pulszyklus. Der wichtigste physikalische Parameter ist die Vakuummhöhe. Durch diesen Differenzdruck gegenüber der atmosphärischen Umgebung wird der Strichkanal geöffnet, wobei ein höheres Vakuum einen höheren Milchfluß hervorruft. Weiterhin beeinflussen die Pulszahl und die Länge der Saugphase den Milchfluß der Kuh. Eine erweiterte Saugphase zeigt deutlichere Auswirkungen auf die Milchabgabe als eine gesteigerte Pulszahl; der Einfluß dieser beiden Parameter ist aber im Vergleich zum Effekt der Vakuummhöhe relativ gering.

Daneben üben Melkzeuggewicht, Form, Größe und Elastizität des Zitzenkummis, Strömungsverhältnisse im milchableitenden System, Flankenanstieg und -abfall der Pulskurve u.dgl. einen Einfluß

auf die Milchabgabe der Kuh aus.

Die Eutergesundheit wird nach dem bisherigen Erkenntnisstand hauptsächlich durch extreme Werte der Parameter negativ beeinflusst. Dabei muß jedoch immer das Zusammenwirken mit Faktoren wie Euterstimulation, Arbeitsroutine, Haltungsverfahren, Zustand der Melkanlage beachtet werden, da eine Kombination von ungünstigen Bedingungen die negativen Auswirkungen verstärken kann.

Die differierenden Aussagen der Untersuchungen über die Wirkung der melkmaschinentechnischen Parameter sind einmal im verwendeten Tiermaterial, z.B. in der unterschiedlichen Zahl, Rasse und Leistungsniveau zu erklären. Zum anderen gehen die Arbeiten häufig von verschiedenen Voraussetzungen oder maschinentechnischen Variationen aus und unterscheiden sich erheblich in Versuchsdauer und Zielsetzung.

Die einzelnen Phasen der Milchabgabe beim maschinellen Milchentzug werden jedoch nicht berücksichtigt. Einige Arbeiten geben zwar den Steigungswinkel der Milchflußkurve oder die einzelnen Minutengemelke an, eine konkrete Beurteilung des abfallenden Astes des Milchflußkurvenverlaufes erfolgt aber aufgrund der hohen Varianz der Zeit für die Milchabgabe nicht.

Erfasst man dagegen den Milchfluß in den einzelnen Phasen des Milchentzuges, so sind Hinweise darauf zu erwarten, wie die melkmaschinentechnischen Parameter dem Milchflußverhalten der Kuh - ihren biologischen Gegebenheiten entsprechend - angepaßt und optimal gestaltet werden könnten.

### 3. ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN

Eine optimale Anpassung der Melkmaschinenparameter an den individuellen Milchfluß der Kuh wäre darin zu sehen, die Milch dem Euter mit der Geschwindigkeit zu entziehen, wie sie aus den Aleolen und der Euterzisterne der Zitzenzisterne zufließt. Von dieser Melkweise wäre eine zügige und vor allem vollständige Milchabgabe zu erwarten; denn dann könnten auch die arbeitsaufwendigen Nachmelkarbeiten entfallen.

Eine derartige Melkweise stellt jedoch außerordentlich hohe Anforderungen an die Melkmaschine, da eine laufende Anpassung der einzelnen melkmaschinentechnischen Parameter an den jeweiligen Milchfluß der Kuh erfolgen muß. Bevor man nun den Verlauf der Milchflußkurve als zentrale Steuergröße für milchflußgesteuerte Melkmaschinen nutzt und nach ihr die Melkparameter regelt, ist es zunächst notwendig, die erforderlichen Stellgrößen auf ihre Auswirkungen auf die Milchabgabe hin zu untersuchen.

In der Literatur wird die Vakuumapplikation als wichtigste Melkmaschinenfunktion angesehen. Daraus ergeben sich als bedeutendste Stellgrößen die melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase.

Das Ziel dieser Arbeit besteht nun darin, den Einfluß dieser drei Melkparameter auf die Milchabgabe der Kuh zu untersuchen. Dabei sind zunächst die tatsächlichen Vakuumverhältnisse an der Zitzen spitze der Kuh während des Melkvorganges festzustellen, um beurteilen zu können, in welchem Umfang die applizierten Faktoren zur Wirkung kommen und damit letzten Endes die Milchflußgeschwindigkeit bestimmen. Anschließend sollen die Merkmale der Melkbarkeit, worunter die Kenngrößen des Milchflusses bzw. der Melkzeit zu verstehen sind, in Abhängigkeit von verschiedenen Werten der melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase

erfaßt werden. Dabei muß geklärt werden, in welchem Maße sich die jeweiligen Werte der einzelnen Parameter auf den Milchfluß auswirkten. Besondere Beachtung ist dabei der Melkzeit und dem Nachgemelk beizumessen, da diese Kennwerte aus arbeitswirtschaftlicher Sicht von großer Bedeutung sind. Weiterhin soll eine phasenweise Betrachtung der Milchflußkurve, d.h. eine Berücksichtigung der unterschiedlichen Milchflußgeschwindigkeiten in den einzelnen Phasen der Milchabgabe erfolgen, um genauere Aussagen treffen zu können. Schließlich sind die Einflußfaktoren Tieralter, Laktationsstadium und Milchleistung zu beachten und in die Analyse des Zusammenwirkens zwischen Melkparametern und Milchentzug einzubeziehen.

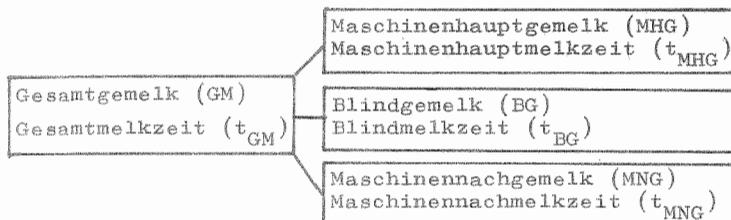
Da die Intensität der Milchabgabe jedoch nicht nur von den melkmaschinentechnischen Parametern, sondern auch von der neuroendokrinen Regulation und der Eutergesundheit bestimmt wird, wurden die Untersuchungen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Physiologie und dem Institut für Milchwissenschaft der Süddeutschen Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Weißenstephan, durchgeführt. Beide Institute berichten getrennt über die Zusammenhänge zwischen Melkparametern und Ocytocin- bzw. Prolaktinausschüttung während des Melkens sowie zwischen Melkparametern und Zellgehalt der Milch.

Die vorliegende Arbeit soll ausschließlich den Einfluß der melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase auf die Kenngrößen des Milchflusses bzw. der Melkzeit beinhalten.

#### 4. MATERIAL UND METHODIK

##### 4.1 Definition der Merkmale der Melkbarkeit

Die Milchabgabe der Kuh wird durch eine Anzahl von Merkmalen der Melkbarkeit gekennzeichnet, die Auskunft über Geschwindigkeit und Vollständigkeit der Milchabgabe geben. Der Milchentzug ist dabei im wesentlichen durch die Gesamtmelkzeit, in der das Melkzeug am Euter der Kuh arbeitet, und durch die Milchmenge, die in dieser Zeit ermolken wird, charakterisiert. Diese beiden Kenngrößen lassen sich nach TUREK und HAIGER 1969 (78) und RABOLD et al 1971 (53) wie folgt aufteilen:



Die einzelnen Merkmale der Melkbarkeit sind aus Abbildung 2 ersichtlich und werden in Tabelle 1 definiert:

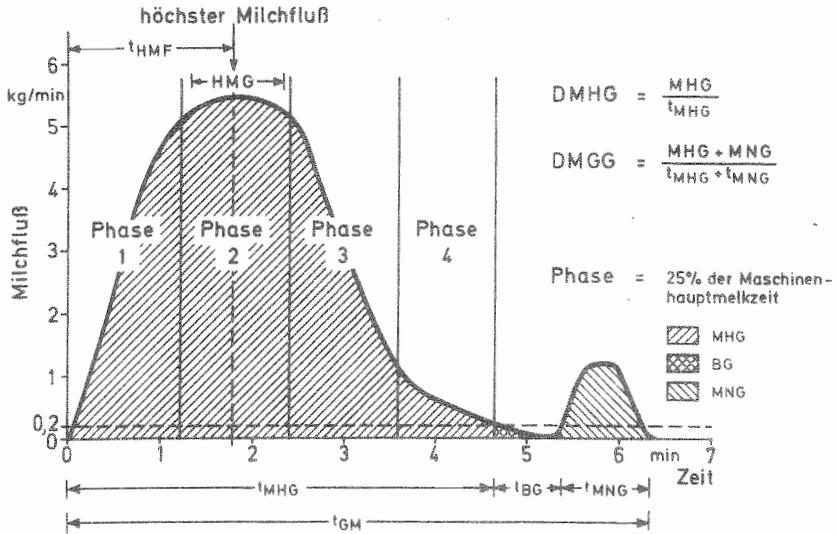


Abbildung 2: Kennwerte für die Merkmale der Melkbarkeit

Tabelle 1: Definition der Merkmale der Melkbarkeit

Merkmal	Dim.	Abk.	Definition
Gesamtgemelk	kg	GM	ermolkene Milchmenge pro Melkzeit und Kuh
Gesamtmelkzeit	min	$t_{GM}$	Zeit vom Ansetzen bis zum Abnehmen des Melkzeugs
Durchschnittl. Minutengesamtgemelk	kg/min	DMGG	Quotient aus Maschinenhauptgemelk plus Maschinennachgemelk und Maschinenhauptmelkzeit plus Maschinennachmelkzeit
Maschinenhauptgemelk	kg	MHG	Menge vom Beginn des Milchflusses bis zu einem Milchfluß von weniger als 200 g/min
Maschinenhauptmelkzeit	min	$t_{MHG}$	Zeitraum, in dem das Maschinenhauptgemelk gewonnen wird
Durchschnittl. Minutenhauptgemelk	kg/min	DMHG	Quotient aus Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit
Maschinennachgemelk	kg	MNG	Milchfluß von mehr als 200 g/min bei Nachmelkgriffen
Maschinennachmelkzeit	min	$t_{MNG}$	Zeitraum, in dem das Maschinennachgemelk gewonnen wird
Blindgemelk	kg	BG	ermolkene Milchmenge bei einem Milchfluß von weniger als 200 g/min
Blindmelkzeit	min	$t_{BG}$	Zeit mit einem Milchfluß von weniger als 200 g/min
Höchstes Minutengemelk	kg	HMG	Höchste in einer Minute ermolzene Milchmenge
Zeit bis zum höchsten Milchfluß	min	$t_{HMF}$	Zeit vom Milchflußbeginn bis zum höchsten auftretenden Milchfluß pro Viertelminute
Milchmenge pro Phase	%		Prozentuale Milchmenge des Maschinenhauptgemelkes pro 25 % der Maschinenhauptmelkzeit
Durchschnittl. Milchfluß pro Phase	kg/min		Quotient aus prozentualer Milchmenge pro Phase und 25 % der Maschinenhauptmelkzeit

Das Gesamtgemelk setzt sich aus dem Maschinenhauptgemelk, dem Blindgemelk und dem Maschinennachgemelk zusammen. Bei einer optimalen Melktechnik entspricht das Gesamtgemelk dem Maschinenhauptgemelk; das bedeutet, daß nach dem Versiegen des Milchflusses das Melkzeug unverzüglich abgenommen werden kann.

Zum Blindmelken kommt es, wenn die Arbeitskraft zu viele konventionelle Melkzeuge bedient und die Routinearbeiten bei den Tieren mehr Zeit beanspruchen als die Maschinenhauptmelkzeit beim jeweiligen Tier beträgt. Blindmelken tritt auf, wenn die Melkzeuge bei einem Milchfluß von weniger als 200 g/min am Euter arbeiten. Solche verfahrensbedingten Blindmelkzeiten sind unbedingt zu vermeiden, da sie mastitisbegünstigend wirken.

Das Nachmelken beansprucht etwa 30 % der Melkarbeiten, in manchen Betrieben aber bis zu 50 %, und fällt daher aus arbeitswirtschaftlicher Sicht besonders ins Gewicht. Unter Nachmelken werden dabei alle Manipulationen der Arbeitskraft am Euter bei nachlassendem Milchfluß verstanden. Nach WALSER 1966 (79) lassen sich Färsen mit der Maschine ohne Nachmelkgriffe zumeist völlig ausmelken, bei älteren Tieren dagegen ist das Nachmelken mit der Maschine notwendig, um die Milch dem Euter vollständig zu entziehen.

Dieses Nachmelken ist bei älteren Kühen zum Teil physikalisch bedingt und hängt ab vom Grad der Aufweitung der kleineren und mittleren Milchkanäle unter der Einwirkung des Milchejektionsreflexes, vom anatomischen Aufbau und dem Volumen des Milchgangsystems, insbesondere der mittleren und kleineren Milchgänge, aus denen Milch unter Einwirkung der Schwerkraft nachfließen kann. Es ist weiterhin abhängig vom Entleerungsgrad des Euters zum Zeitpunkt des Verschlusses der Verbindungsgänge zwischen Euter und Zitzenzisterne.

Das physiologisch bedingte Nachgemelk dagegen wird durch eine starke Reizung der Zitzenrezeptoren verursacht, wobei beim Nachmelken nochmals Milch ejiziert wird; es kommt zu einer Nach- oder Zweitejektion (81). Physikalisch und physiologisch bedingte Nachgemelke können gleichzeitig auftreten.

Da das Nachgemelk den höchsten Fettgehalt aufweist und die Bezahlung der Milch derzeit noch nach dem Prozentgehalt an Fett in der Milch erfolgt, ist es schon allein aus wirtschaftlichen Gründen anzustreben, die Milch dem Euter vollständig zu entziehen. Zudem sollen größere Mengen an Restmilch nicht im Euter verbleiben, da dies zu vermehrten Mastitisinfektionen, zu Euterentzündungen und zur Minderung der Milchleistung führen kann (60).

Das durchschnittliche Minutengemelk wird in das durchschnittliche Minutenhauptgemelk und in das durchschnittliche Minutengesamtgemelk aufgeteilt. Ersteres bezieht sich auf das Maschinenhauptgemelk und die Maschinenhauptmelkzeit, es wird in erster Linie durch die Melkbarkeit der Kuh bestimmt. SCHMIDT 1971 (59) bezeichnet diesen Wert als die zuverlässigste Kenngröße des durchschnittlichen Milchflusses, da er nicht durch das maschinelle Nachmelken beeinflusst wird. Das durchschnittliche Minutengesamtgemelk beinhaltet zusätzlich das Maschinennachgemelk und die Maschinenachmelkzeit und schließt damit die Einflüsse von Umwelt und Arbeitskraft, also die Nachmelkarbeiten, ein.

Das höchste Minutengemelk gibt die höchste in einer Minute ermolkene Milchmenge an. Es zeigt den Milchfluß in dem Augenblick, in dem die volle Melkbereitschaft des Tieres besteht und der Melker den Melkvorgang nicht beeinflusst. Nach GRIFFIN und DODD 1962 (28) ist das höchste Minutengemelk der beste Kennwert für den vererbten Milchfluß.

Parallel dazu wird die Zeit vom Milchfluß bis zum höchsten auftretenden Milchflußwert pro Viertelminute erfaßt, die angibt, wie schnell die Kuh ihr höchstes Milchabgabevermögen erreicht.

Um weitere Aussagen über den Milchfluß während der Maschinenhauptmelkzeit machen zu können, wird die Maschinenhauptmelkzeit in vier gleiche Phasen zerlegt und untersucht, wieviel Prozent des Maschinenhauptgemelkes dem Euter in jeder Phase entzogen werden und wie sich Veränderungen der technischen Parameter auf den Anteil pro Phase auswirken. Dadurch läßt sich unterscheiden, ob der Effekt eines Melkparameters lediglich aus einer zeitlichen Verschiebung der Milchflußkurve resultiert oder ob der mengenmäßige Anfall der Milch variiert. Dementsprechend ist auch die durchschnittliche Milchflußgeschwindigkeit in jeder Phase der Maschinenhauptmelkzeit einmal in ihrer absoluten Höhe und zum anderen in Abhängigkeit von den verschiedenen melkmaschinentechnischen Parametern zu berücksichtigen, um Aussagen über die unterschiedlichen Milchflußbedingungen während des Milchentzuges zu erhalten.

#### 4.2 Methoden zur Erfassung der Milchabgabe

Um den Einfluß bestimmter Parameter auf die Milchabgabe der Kuh beurteilen zu können, muß die pro Kuh und Melkzeit er-molkene Milchmenge über der Zeit erfaßt werden. Die einfachste Methode besteht darin, die Zeit vom Ansetzen der Melkbecher bis zu ihrer Abnahme mit einer Stoppuhr zu messen und die in einem Behälter ermolkene Milch anschließend zu wiegen. Die Ergebnisse solcher Messungen werden in hohem Maße durch die Melkperson beeinflusst, da sie den Grad des Anrüstens, den Zeitpunkt des Nachmelkens, den Grad der Euterentleerung sowie den Zeitpunkt der Melkbecherabnahme bestimmt. Außerdem ist das Ende des Milchflusses schwer zu definieren, zudem lassen die Schaugläser keine Quantifizierung des Milchstromes zu. Aussagen über die Höhe und Verteilung des Milchflusses während der Melkzeit sind bei diesem Verfahren nicht möglich. Zudem ist der Arbeitsaufwand relativ hoch und das Messen behindert den Arbeitsablauf der Melkperson.

Bessere Ergebnisse sind zu erzielen, wenn die Milchmenge direkt von der geeichten Skala eines Meßgefäßes in bestimmten Abständen, wie z.B. 10, 15, 20, 30, 60 s, mit Hilfe einer Stoppuhr abgelesen wird (10, 15, 19, 22, 27, 31, 40, 46, 57, 58, 63, 66, 68, 76, 77, 78).

Dabei hängt die Genauigkeit von den verwendeten Ableseintervallen und der Ablesegenauigkeit ab. Je dichter die Intervalle beieinander liegen, desto größer wird der Ablesefehler, besonders dann, wenn gleichzeitig Protokoll geführt wird. Auch dieses Verfahren behindert den Arbeitsablauf beim Melken und ist nur bei einer geringen Anzahl von Tieren möglich, da eine Arbeitskraft die Milchabgabe jeweils nur bei einer Kuh erfassen kann. Aus den Differenzen zwischen den einzelnen Werten der Milchmenge zu den jeweiligen Zeitmeßpunkten lassen sich Höhe und Verlauf der Milchabgabe beurteilen. Daraus können dann das durchschnittliche und höchste Minutengemelk, die Zeit

bis zum höchsten Minutengemelk, das Gesamtgemelk und die Gesamtmelkzeit errechnet werden.

Setzt man Milchflußschreiber ein, so läßt sich die Erfassung der Milchabgabe rationalisieren. Dabei handelt es sich um Zugfederwaagen oder Wägebalken, die, mit einem Schreibwerk gekoppelt, den Massenzuwachs der Gemelke in der Zeiteinheit aufzeichnen. Aus den gewonnenen kontinuierlichen Milchmengenkurven können die Werte entnommen und zur Beurteilung der Milchabgabe verwendet werden. Der Arbeitskraft bleibt die Kontrolle während des Milchentzuges und die Zuordnung von Milchmengenkurve und Kuh (8, 17, 63).

WHITTLESTONE und PHILLIPS 1953 (83) entwickelten ein elektrisch kontinuierlich schreibendes Gerät, wobei die Milch in einem Behälter gesammelt und der Massenzuwachs über einen Hebelmechanismus auf einem Schreiber angezeigt wurde.

NICHOLS und PHILLIPS 1970 (48) änderten ein gewöhnliches Milchmeßgerät ab, indem die zufließende Milch einen kapazitiven Widerstand veränderte, der wiederum Spannungsänderungen bewirkte. Diese wurden in eine direkte Spannung umgewandelt und auf einem digitalen Voltmeter angezeigt.

Ein ähnliches Gerät entwickelten MEHNERT und SCHWIDERSKI 1969 (42). Dabei übte die im Meßzylinder eines Milkoscopes anfallende Milchmenge einen Druck auf eine Meßzelle aus, der sich proportional der Zunahme der Milchmenge vergrößerte. Die auftretenden Druckänderungen wurden in Induktivitätsänderungen einer Meßspule umgesetzt, die mit Hilfe der Spannungsteilermethode erfaßt und mit einem Schreiber registriert wurden. Von diesen Meßschrieben konnten die benötigten Daten abgelesen werden.

RABOLD 1967 (52) nutzte bei seinen Versuchen die Dehnungsmeßstreifentechnik, indem er das Milchmeßgerät an einem Biege-

stab aufhängte. Wurde dieser Stab durch das Milchgewicht einer Biegebeanspruchung ausgesetzt, änderte sich der Querschnitt und damit der elektrische Widerstand der Dehnungsmeßstreifen. Diese Widerstandsänderung war unter den gegebenen Bedingungen dem Milchgewicht als angreifende Kraft proportional. Die Milchmenge wurde mittels Linienschreiber aufgezeichnet, und aus den Milchsummenkurven wurden die benötigten Werte entnommen.

Da bei diesem Verfahren eine kontinuierliche Aufzeichnung durch die Meßgerät erfolgt, der Arbeitsablauf beim Melken nicht behindert und die Messungen durch das Meßverfahren nicht beeinflußt werden, bot es sich in modifizierter und erweiterter Form für die simultan durchgeführten landtechnischen, laktationsphysiologischen und milchhygienischen Untersuchungen an.

#### 4.3 Versuchs- und Registrieranlagen

Dieses Prinzip der Dehnungsmeßstreifentechnik wurde bei den Untersuchungen auf der Versuchsstation Veitshof eingesetzt. Dabei wurden die Kühe in einem 2 x 2-Tandemmelkstand gemolken. Bedingt durch diese Melkstandform konnten die Tiere individuell und den speziellen Untersuchungen entsprechend behandelt werden.

Abbildung 3 zeigt den Grundriß des Versuchsstalles auf dem Veitshof sowie die Zuordnung von Laufhof, Freßplatz, Liegefläche und Melkstand, Abbildung 4 den Versuchsmelkstand mit der technischen Einrichtung.

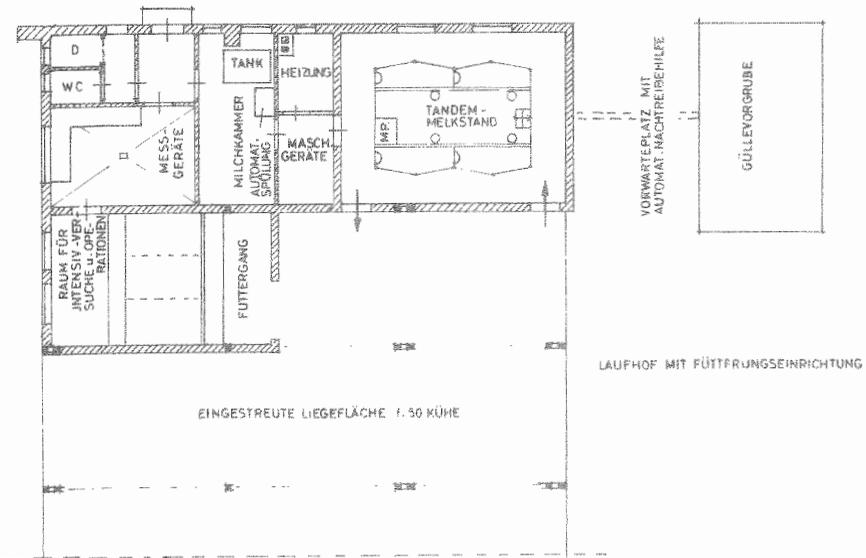


Abbildung 3: Grundriß des Stalles auf der Versuchsstation Veitshof

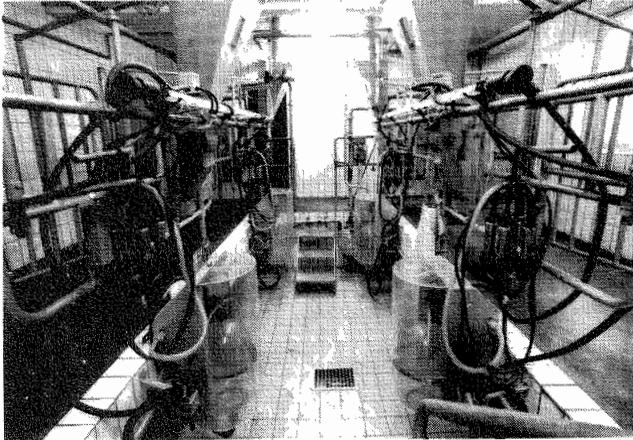


Abbildung 4: 2 x 2-Tandem-Versuchsmelkstand

Die technischen Daten der eingebauten Melkanlage sind aus Tabelle 2 ersichtlich:

Tabelle 2: Technische Kennwerte der Melkanlage

Vakuumpumpe	700 l/min gegen 50 kPa
Vakuumhöhe	50 kPa
Pulsierung	alternierend
Pulszahl	60 Doppeltakte/Minute
Saugphase	60 %
Pulsator	elektrisch gesteuerter Doppelpulsator
Vakuumregelventil	gewichtsbelastet
Vakuumleitung	hochverlegt, Durchmesser 1 Zoll
Milchleitung	tiefverlegt, Innendurchmesser 38 mm, Einsatz von Milchmeßgefäßen, Milchförderpumpe
Milchschlauch	langer Milchschlauch i.D. 13 mm kurzer Milchschlauch i.D. 8 mm
Milchsammelstück	Inhalt 84 ml
Melkzeuggewicht	2980 g (ohne langen Milch- und Pulsschlauch)
Lufteinlaß	im Sammelstück, ca. 8 l/min
Reinigung	Reinigungsautomat, Reinigung nach jeder Melkzeit

Für alle Untersuchungen war die kontinuierliche Aufzeichnung der Milchabgabe erforderlich. Zu diesem Zweck wurde jede der vier Melkbuchten mit einem erschütterungsfrei aufgehängten Meßbehälter ausgestattet (Abbildung 5).

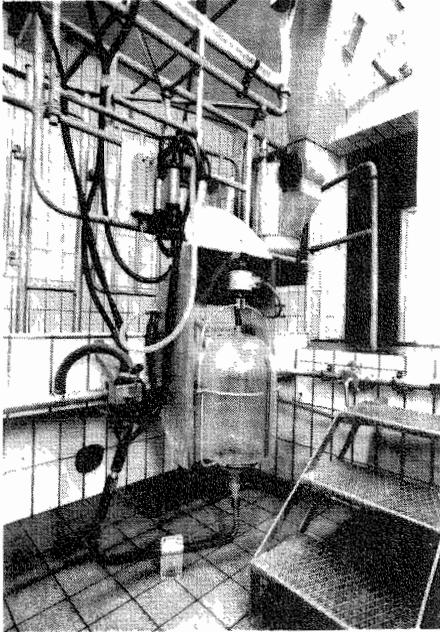


Abbildung 5: Meßglocke mit Kraftaufnehmer, Milchzu- und -ablauf sowie Spül- bzw. Vakuumschlauch

Eine Vierkanal-Meßanlage gestattete die Aufzeichnung der Zeitfunktionen von Milchmenge und Milchfluß von den vier Melkbuchten STANZEL 1976 (65). Dazu wurde die Milch jeder Kuh über einen kurzen, nicht durchhängenden Schlauch in einem üblichen Milchmeßgefäß gesammelt. Ein Kraftaufnehmer erzeugte ein analoges Signal  $m$ , das proportional zur Milchmenge anstieg. Dieses elektrische Signal wurde in einem Meßverstärker bewertet und auf einem Linienschreiber aufgezeichnet. Zu

Kontrollzwecken wurde es im Melkstand digital angezeigt. Parallel dazu wurde das Mengensignal  $m$  in einem sehr niederfrequenten Filter von den durch die Melkarbeit bedingten Pulsierungen befreit und auf ein Differenzierglied gegeben. Das so gewonnene Milchstromsignal  $dm/dt$  wurde parallel zur Milchmenge aufgezeichnet. Zur Identifizierung der gerade gemolkene Kuh wurde ein zusätzliches Signal auf den Mengenschreiber gegeben, aus dem die Kuhnummer abgelesen werden konnte.

Dieses Signal wurde auch dazu benutzt, um Zeitmarken für den Ablauf der Versuchs- und Melkarbeiten festzulegen. Dies war notwendig, wenn den Tieren über einen längeren Zeitraum hinweg mittels Katheter Blut entnommen wurde. Dann waren Beginn und Ende der Blutentnahme zu protokollieren, zudem mußte der Zeitpunkt der einzelnen Manipulationen wie Euterreinigen, Probenahme der Milch, Ansetzen des Melkzeugs festgehalten werden. Dadurch ließen sich Zusammenhänge zwischen Arbeitserledigung bzw. dem Melkvorgang und der Höhe von Ocytoyin- und Prolaktinspiegel im Blut der Kuh klären.

Das Blockschaltbild der Meßanlage ist in Abbildung 6 wiedergegeben, auf der ein Kanal dargestellt ist.

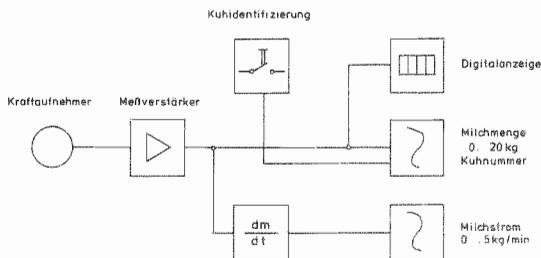


Abbildung 6: Blockschaltbild der Anlage zum Aufzeichnen von Milchmenge und Milchstrom (65)

Weitere technische Daten der Meßanlage gehen aus Tabelle 3 hervor:

Tabelle 3: Technische Daten der Meßanlage

	Milchmenge	Milchfluß
Meßgrößen	0...20 kg	0...5 kg/min
Auflösung	10 g	10 g
Meßunsicherheit über die ganze Anlage	± 50 g	± 100 g
Verzögerungszeiten für die Anzeige	5 s	12 s
Digitalanzeige	max.20,00 kg	
Meßbehälter	Glas mit Zu- und Ablauf, Vakuumanschluß, Inhalt 20 l	

Dieses Meßsystem hatte den Vorteil, daß es den Melk- und Reinigungsablauf nicht behinderte, weil es mit der Milch keinerlei Berührung hatte. Es arbeitete automatisch; die Bedienung erfolgte durch den Melker, der nur einzuschalten und während des Melkens die Kuhnummer einzugeben hatte.

Die Kurven für Milchmenge und Milchfluß wurden auf Linienschreibern aufgezeichnet. Abbildung 7 zeigt als Beispiel zwei solcher Diagramme von Kühen mit gleicher Milchmenge, aber verschiedener Milchabgabe.

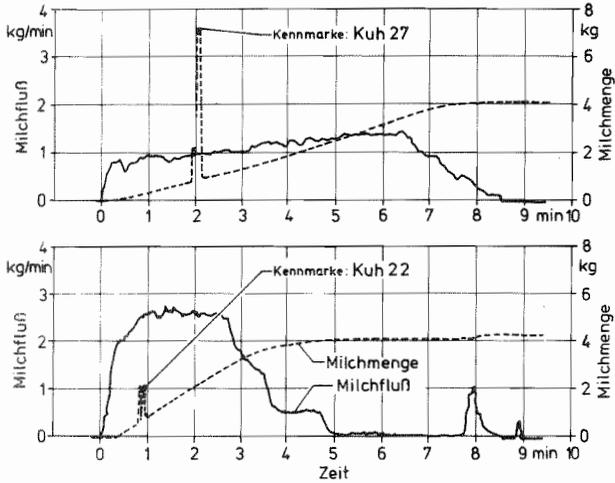


Abbildung 7: Milchmengen- und Milchstromdiagramme zweier Kühe

Gleichzeitig wurden die Milchflußkurven über einen Data-logger und eine Lochstreifenstanze ausgegeben und standen damit direkt für die EDV-Auswertung zur Verfügung. Abbildung 8 zeigt die Anordnung der Registrieranlage.

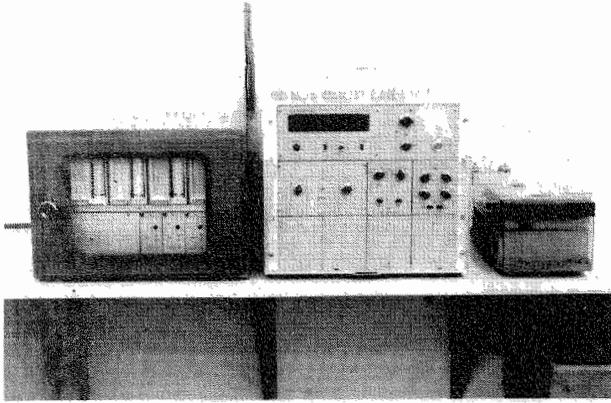


Abbildung 8: Registrieranlage im Laborraum, bestehend aus 4-Kanal-Meßgerät, Analog-Digital-Wandler und Lochstreifenstanze

#### 4.4 Tiermaterial und Versuchsdurchführung

Für die Untersuchungen stand die Braunviehherde der Versuchsstation Veitshof der Süddeutschen Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft zur Verfügung. Die Kennwerte dieser Herde während des Versuchszeitraumes gehen aus Tabelle 4 hervor:

Tabelle 4: Kennwerte der Braunviehherde während des Versuchszeitraumes

Kennwerte	1974	1975
Anzahl der Tiere	30	30
Durchschnittliche Milchleistung Min. - Max.	4134 kg 3531 - 5230 kg	4553 kg 3480 - 5902 kg
Durchschnittlicher Fettgehalt Min. - Max.	3,72 % 3,02 - 5,01 %	3,96 % 3,40 - 4,94 %
Alter der Tiere	3 - 15 Jahre	3 - 15 Jahre

Diese Tiere wurden in einem Tieflaufstall mit Laufhof und Außenfütterung gehalten. Im Sommer erfolgte ganztägiger Weidengang, im Winter erhielten die Kühe Heu und Silage. Das Kraftfutter wurde im Melkstand mittels handbedienter Kraftfutterautomaten gegeben. Zwischen den Melkzeiten lagen am Tag 11 und nachts 12 Stunden.

Die Arbeitsroutine beim Melken selbst wurde weitgehend standardisiert und während der gesamten Versuchsperiode beibehalten. Nach dem Einlassen der Kuh in die Melkbucht erfolgte die Kraftfuttermenge, anschließend reinigte der Melker mit einem feuchten Lappen das Euter. Von jeder Zitze wurde eine Probe zur Kontrolle des Zellgehalts der Milch gezogen und danach das Melkzeug angesetzt. Nahm gegen Milchfließende die Milchmenge während einer Viertelminute um weniger als 50 g zu, was

an der Digitalanzeige zu beobachten war, begann das maschinelle Nachmelken; bei leerem Euter wurde das Melkzeug abgenommen.

Neben der regelmäßigen Erfassung der Milchflußkurven und der Probenahme der Milch für die Zellgehaltsbestimmung wurden bei einigen ausgewählten Tieren während ihrer gesamten Melkzeit kontinuierlich Blutproben zur Prolaktin- und Ocytocinbestimmung genommen. Dieses integrierte Vorgehen wurde über alle drei Versuchsperioden beibehalten (Abbildung 9).

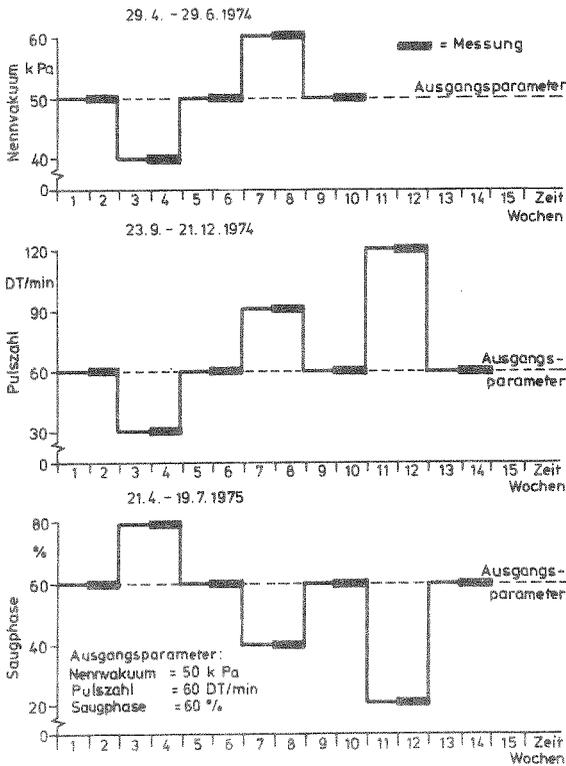


Abbildung 9: Stufen und Zeitdauer der einzelnen Versuchsvarianten

In der ersten Versuchsperiode wurde die Vakuummhöhe variiert. Dabei wurde am Vakuumregelventil das Gewicht so verändert, daß die Vakuummhöhen 40, 50 und 60 kPa eingestellt werden konnten.

Danach wurden in der zweiten Versuchsperiode die Auswirkungen unterschiedlicher Pulszahlen auf die Milchabgabe der Kuh untersucht, wobei die Pulszahlen 30, 60, 90 und 120 DT/min am elektronisch gesteuerten Pulsator eingestellt wurden. Da sich durch die Verstellungen die Länge der Saugphase veränderte, wurde diese jeweils wieder neu justiert.

Als dritter Parameter wurde in der letzten Versuchsperiode die Länge der Saugphase verändert. Dabei kamen die Werte 80, 60, 40 und 20 % Saugphase zum Einsatz. Hier mußten ebenfalls Pulszahl und Länge der Saugphase bei jeder Umstellung neu aufeinander abgestimmt werden. Die Überprüfung der einzelnen Parameter wurde mit einem Vakuummeter und einem Pulsografen durchgeführt.

Jede Versuchsstufe nahm zwei Wochen in Anspruch, wobei eine Woche der Umstellung diente und in der zweiten Woche in der beschriebenen Weise die Messungen erfolgten. Nach jeder Versuchsvariante wurde wieder für zwei Wochen auf die Ausgangsparameter mit 50 kPa, 60 DT/min und 60 % Saugphase umgestellt; danach wurde ein Parameter von neuem verändert.

#### 4.5 Methodik der Auswertung

Für die statistische Auswertung wurden die Werte der Milchflußkurven in viertelminütigem Abstand erfaßt und auf Lochkarten übertragen. Parallel dazu erfolgte die Aufzeichnung weiterer Kennwerte:

- Name und Nummer der Kuh
- Datum der Messung
- Melkzeit (morgens oder abends)
- Protokollierte Milchmenge ( = Gesamtgemelk)
- Alter der Kuh
- Laktationsstadium des Tieres (Wochen)
- Zellgehalt der Milch pro Euterviertel
- Werte der technischen Parameter

Zur Kontrolle wurde der bei den täglichen Messungen notierte Kennwert "Protokollierte Milchmenge" dem aus der Milchflußkurve errechneten Wert gegenübergestellt und verglichen. Bei einer Abweichung von mehr als 5 % wurden diese Kurven ausgeschieden, da dann in der Regel ein Meßfehler vorlag oder aber eine undeutliche bzw. falsche Zuordnung von Kuh und Milchflußkurve erfolgt war. Weiterhin wurden Milchflußkurven nicht in die Auswertung einbezogen, wenn sie von Kühen stammten, die sich nur kurzzeitig in einer Versuchsperiode (Ende oder Anfang ihrer Laktation) befanden. Dadurch reduzierte sich das Datenmaterial von ursprünglich 30 Kühen und ca. 5400 Milchflußkurven. Insgesamt konnten in den drei Versuchsperioden 20, 25 und 28 Kühe mit 4637 Milchflußkurven zur Auswertung herangezogen werden.

Die Milchflußkurven wurden, pro Kuh und Woche stapelweise zusammengefaßt, auf Magnetband abgespeichert und standen der EDV-Auswertung zur Verfügung. Aus diesen Urdaten wurden die statistischen Kennwerte für die Merkmale der Melkbarkeit, die in 4.1 definiert sind, mit dem Programm META (AUERNHAMMER 1975 (90)) errechnet. Mit dem Programm PESK (AUERNHAMMER 1973 (89)) wurden für jedes Merkmal und für

jede Versuchsstufe die statistischen Kennwerte Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient erstellt und mit dem t- bzw. F-Test (55) geprüft, ob beim Übergang von einer Versuchsvariante zur anderen ein signifikanter Unterschied vorlag oder nicht.

Die weitere Auswertung der mit META errechneten Einzelwerte erfolgte dann durch Korrelations- und Regressionsanalysen (54, 55, 80).

Mit Hilfe der Korrelationsrechnung kann geprüft werden, ob zwischen zwei Merkmalen x und y ein gradueller Zusammenhang besteht oder nicht, ob also bei zu- bzw. abnehmenden melkmaschinentechnischen Parametern die Merkmale der Melkbarkeit in statistisch gesichertem Ausmaß ansteigen oder zurückgehen.

Den Zusammenhang zwischen x und y kennzeichnen das Bestimmtheitsmaß B und der Korrelationskoeffizient r. Während sich die einfache Korrelation nur auf die Merkmale x und y bezieht, erklärt die multiple Korrelation die Zielgröße aus mindestens zwei Einflußgrößen. Das Quadrat des multiplen Korrelationskoeffizienten wird als multiples Bestimmtheitsmaß bezeichnet.

Durch die multiple Regressionsanalyse wird eine funktionale Beziehung zwischen den Merkmalen der Melkbarkeit und den melkmaschinentechnischen Parametern Vakuumböhe, Pulszahl und Saugphasenlänge unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren Melkzeit, Alter und Laktationsstadium hergestellt. Durch die Verwendung der Regressionsrechnung ist es möglich, auch nicht experimentell geprüfte Stufen in eine Beurteilung miteinzubeziehen.

In diesem Sinne wurde das Datenmaterial mit dem Programm AUFMUR (AUERNHAMMER 1976 (91)) ausgewertet. Dieses Programm baut die Regressionsanalyse mit Hilfe des partiellen F-Tests auf. Danach wird diejenige unabhängige Variable zuerst in den Regressionsansatz aufgenommen, deren Korrelationskoeffizient am größten ist und sich signifikant von Null unterscheidet. Dann wird die Variable mit dem nächsthöheren Korrelationskoeffizienten in den neuen Ansatz aufgenommen und so weiter verfahren, bis alle Variablen mit einem von Null verschiedenen Korrelationskoeffizienten in die Regressionsanalyse aufgenommen sind. Alle eingegebenen Variablen können dabei einer oder mehreren Transformationen unterworfen werden.

Für jede unabhängige Variable werden ihr Mittelwert, ihre Standardabweichung und ihr Korrelationskoeffizient mit der Zielgröße sowie der Mittelwert und die Standardabweichung für die Zielgröße angegeben. Außerdem druckt das Programm die einfachen Korrelationen der unabhängigen Variablen mit den anderen unabhängigen Variablen aus.

Zu jedem Regressionsansatz werden Reststreuung, multiples Bestimmtheitsmaß (B), F-Wert und das Absolutglied für diesen Ansatz angegeben, für jeden Regressanden werden der Name dieser Variablen, der Regressionskoeffizient mit seiner Standardabweichung, die Anzahl der Meßwerte (n) und der T-Wert ausgedruckt.

Die Ergebnisse werden nach folgendem Schema als Regressionsgleichungen dargestellt:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \dots \dots \dots + b_i x_i$$

y = Zielgröße

a = Absolutglied

b = Regressionskoeffizient

$x_1$  = 1. Variable ( $\bar{x}$ )

$x_2$  = 2. Variable ( $\bar{x}$ )

$x_i$  = i-te Variable (untersuchter Bereich)

Die Variablen sind als Mittelwerte angegeben; für die Werte der melkmaschinentechnischen Parameter wird der jeweilige untersuchte Bereich eingesetzt. Dadurch kann der Einfluß von Vakuumhöhe, Pulszahl und Saugphasenlänge auf die Merkmale der Melkbarkeit in einer Gleichung und in graphischer Form erklärt werden.

## 5. EINFLUSS DER VAKUUMHÖHE AUF DIE MILCHABGABE

Als wichtigstem Parameter fällt dem Vakuum die Aufgabe zu, den Strichkanal der Zitze zu öffnen und dem Euter die Milch zu entziehen. Dabei spielt die Höhe des Vakuums eine wichtige Rolle, da sie für die Melkgeschwindigkeit verantwortlich ist.

Um eindeutige Aussagen über den Einfluß melkmaschinentechnischer Parameter auf die Milchabgabe der Kuh sowie eine sichere Interpretation der Ergebnisse machen zu können, wurden die tatsächlichen Druckverhältnisse an der Zitze gemessen; davon waren entgegen den in der Literatur beschriebenen Messungen aussagekräftigere und der Wirklichkeit entsprechende Ergebnisse zu erwarten.

### 5.1 Betriebsvakuum und Milchflußphase in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Nennvakuumhöhen

Nach der DIN 11845 wird beim Vakuum zwischen Nenn- und Betriebsvakuum unterschieden (88). Diese Differenzierung ist notwendig, da der unterschiedliche Milchfluß der Kuh sowie der Transport der Milch im milchableitenden System Vakuumschwankungen an der Zitzenspitze hervorrufen können und sich dadurch wiederum die Länge der Milchflußphase verändert. Der Begriff Milchflußphase gibt an, wie lange der Zitzengummi während eines Pulszyklus zu mehr als der Hälfte geöffnet ist. Nach der DIN 11845 ist die Milchflußphase zwar als der prozentuale Anteil an einem vollständigen Pulszyklus, in dem Milch aus der Zitze fließt, definiert (88), da aber keine Klarheit über das Messen der Milchflußphase besteht, wird in dieser Arbeit die ursprüngliche Definition beibehalten.

Wenn nun bei steigendem Milchfluß das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze vom Nennvakuum abweicht, verändert sich auch die Länge der Milchflußphase. Dies wirkt sich dementsprechend auf die einzelnen Merkmale der Melkbarkeit aus. Deshalb wurden nach dem von WORSTORFF 1977 (87) beschriebenen Meßverfahren im Labor Messungen des Betriebsvakuums an der Zitzenspitze und der Milchflußphase unter den in Punkt 4.3 dargestellten Bedingungen durchgeführt.

Bei diesem Vorversuch wurde das Betriebsvakuum mit einem Druckaufnehmer in einer Kunstzitze und die Länge der Milchflußphase mit einer Lichtschranke im Pulsraum des Zitzenbeckers gemessen und die Werte mit einem Lichtstrahloszillographen aufgezeichnet. Aus den Meßschrieben wurde das Vakuum an der Zitze in Zehntel-Sekunden-Abständen über mindestens zwei Pulszyklen hinweg abgelesen und daraus der Mittelwert errechnet. Der höchste und niedrigste Vakuumwert pro Pulszyklus wurden als Maximum und Minimum angegeben. Die Länge der Milchflußphase wurde ebenfalls dem Oszillogramm, ausgedrückt in Prozent der Dauer eines vollständigen Pulszyklus, entnommen.

Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

Das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze wich bei zunehmendem Milchfluß deutlich vom eingestellten Nennvakuum der Melkanlage ab. Bei 10 kPa Nennvakuum und steigendem Milchfluß von 0 auf 5 l/min sank das Betriebsvakuum von 40 auf durchschnittlich 34 kPa; bei 50 kPa Nennvakuum sank es von 50 auf durchschnittlich 40 kPa und bei 60 kPa Nennvakuum von 60 auf durchschnittlich 47 kPa. Mit zunehmendem Nennvakuum und steigendem Flüssigkeitsdurchsatz wurde die Differenz zwischen Nenn- und Betriebsvakuum größer, wobei das Ausmaß der Vakuumschwankungen zunahm (Abbildung 10). Das Betriebsvakuum und seine Extremwerte verhielten sich in Abhängigkeit vom Milchfluß nicht linear, da sich die Strömungsverhältnisse im milchableitenden System bei bestimmten Bedingungen sprunghaft veränderten.

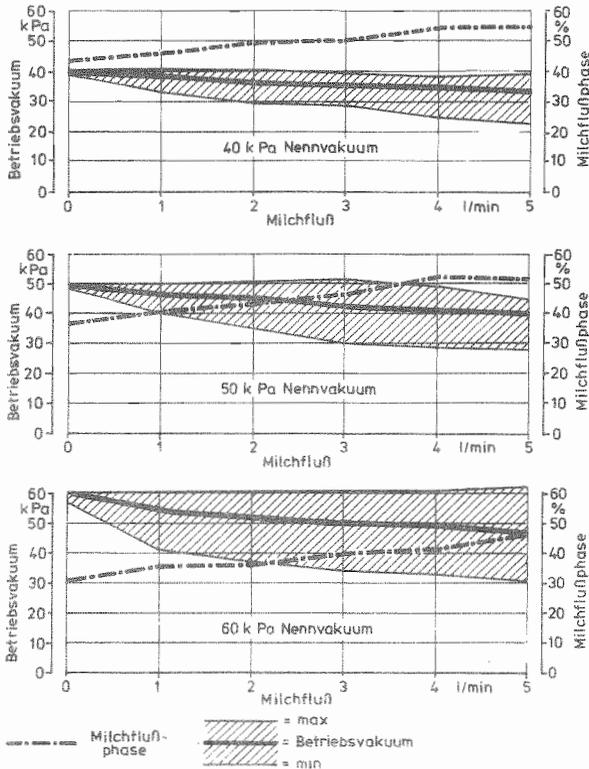


Abbildung 10: Betriebsvakuum an der Zitzenspitze (kPa) und Länge der Milchflußphase (%) in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Nennvakuumhöhen (60 DT/min und 60 % Saugphase)

Gleichzeitig führte ein zunehmender Milchfluß in allen Fällen zu einer Verlängerung der Milchflußphase. Sie stieg:

- bei 40 kPa Nennvakuum von 43,6 % bei 0 l/min auf 55 % bei 5 l/min,
- bei 50 kPa Nennvakuum von 37,0 % bei 0 l/min auf 51 % bei 5 l/min,
- bei 60 kPa Nennvakuum von 31,4 % bei 0 l/min auf 47 % bei 5 l/min.

Das sinkende Betriebsvakuum an der Zitzenspitze führte zu einer Verkürzung von Evakuierungsphase (Übergang zur Saugphase) und Belüftungsphase (Übergang zur Entlastungsphase), was in einer Verlängerung der Milchflußphase resultierte.

Die Erhöhung des Nennvakuumns dagegen hatte eine Verkürzung der Milchflußphase zur Folge. Eine gesteigerte Vakuumhöhe bewirkt nämlich, wenn gleiche Querschnitte im Pulsator vorausgesetzt sind, eine Verlängerung der Evakuierungsphase und Belüftungsphase der Pulskurve und somit eine Verminderung der Milchflußphase. Damit wird deutlich, daß der am Regelventil eingestellte Sollwert für das Nennvakuum während des Melkens an der Zitzenspitze bei weitem nicht zur Wirkung gelangt und das tatsächlich vorhandene Betriebsvakuum und die Länge der Milchflußphase die eigentlichen Parameter für den Milchentzug sind.

Überträgt man diese Zusammenhänge auf den praktischen Melkvorgang, so wird ersichtlich, daß sich das Betriebsvakuum während des Milchentzuges in Abhängigkeit vom Milchfluß kontinuierlich verändert. Dies ist als Beispiel in Abbildung 11 für eine leicht- und eine schwermelkende Kuh bei einem Nennvakuum von 50 kPa dargestellt.

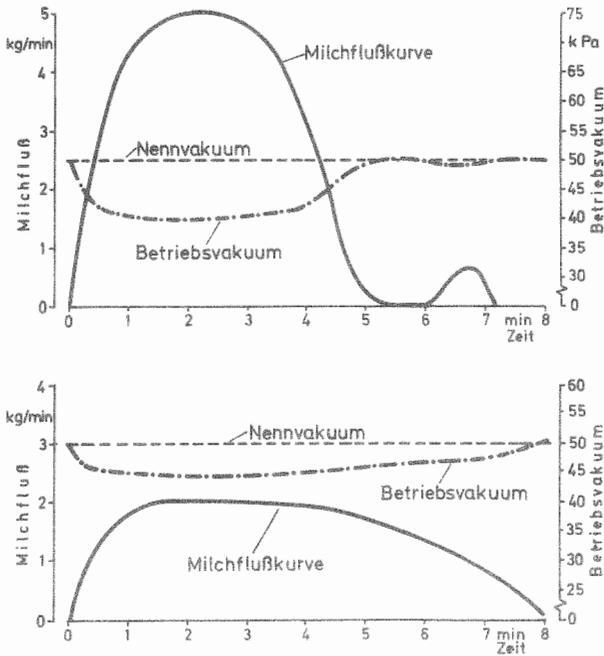


Abbildung 11: Milchfluß und durchschnittliches Betriebsvakuum an der Zitzenspitze bei 50 kPa Nennvakuum und Kühen mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (oben leicht-, unten schwermelkende Kuh)

Das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze sinkt also bei Tieren mit einem hohen Milchfluß wesentlich stärker als bei Tieren mit einem niedrigen Milchfluß; parallel dazu verlängert sich dementsprechend die Länge der Milchflußphase.

Da das Betriebsvakuum an der Zitze so stark variiert, läßt es sich nicht als Maßstab für die Vakuumhöhe der Melkanlage heranziehen, sondern es wird weiterhin das Nennvakuum als Parameter verwendet; Betriebsvakuum und Milchflußphase müssen jedoch bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

## 5.2 Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit

Nach dieser Laboruntersuchung wurden in praktischen Melkversuchen die Auswirkungen unterschiedlicher Vakuümhöhen auf die Milchabgabe der Kuh untersucht. Dazu wurden bei jeder Melkzeit die Milchflußkurven von 20 Kühen der Versuchsstation Veitshof erfaßt und zur Auswertung herangezogen. Pro Kuh und Versuchswoche ergaben sich damit bis zu 12 Milchflußkurven, aus denen die einzelnen Merkmale der Melkbarkeit errechnet werden konnten.

So wurde für die gesamte Versuchsherde ein durchschnittliches Maschinenhauptgemelk pro Woche zwischen 8,46 und 7,37 kg pro Melkzeit errechnet (Abbildung 12). Diese Unterschiede zwischen den Versuchswochen mit den unterschiedlichen Nennvakuümhöhen waren bei der statistischen Auswertung jedoch nicht signifikant. Die Vakuümhöhe hatte hier weder bei der Anwendung des t-Tests noch bei der Regressionsanalyse einen statistisch nachgewiesenen Einfluß auf die Milchmenge.

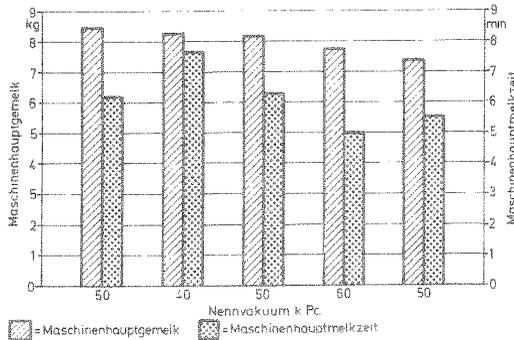


Abbildung 12: Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Nennvakuümhöhen (60 DT/min, 60 %)

Die unterschiedlichen Nennvakuumhöhen beeinflussten dagegen in hohem Maße die Maschinenhauptmelkzeit, die in erster Linie für die Beurteilung der Milchabgabegeschwindigkeit von Bedeutung ist. So bewirkte eine Vakuumreduzierung von 50 auf 40 kPa generell eine höchstsignifikante Verlängerung, eine Vakuumerhöhung von 50 auf 60 kPa dagegen eine deutliche Verringerung der Maschinenhauptmelkzeit (Abbildung 12).

Bei dieser Betrachtungsweise war aber nicht zu erkennen, ob und wie sich die Werte für das Maschinenhauptgemelk bei den einzelnen Tieren veränderten und sie damit die Maschinenhauptmelkzeit beeinflussten. Die Auswirkungen von Milchmenge, Melkzeit, Alter und Laktationsstadium ließ sich jedoch durch die Regressionsanalyse erfassen, wobei speziell der Zusammenhang zwischen Melkparameter und Melkbarkeitsmerkmal untersucht werden mußte. Somit ergab sich die im folgenden Regressionsansatz und in Abbildung 13 dargestellte funktionale Beziehung zwischen dem Nennvakuum und der Maschinenhauptmelkzeit.

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen Vakuumhöhe und Maschinenhauptmelkzeit für alle Tiere:

$$y = - 2,403 - 0,215 \cdot x_1 - 0,679 \cdot x_2 + 1,166 \cdot x_3 + 296,692 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1 =$ Alter (5,825)	-10,309	
$x_2 =$ Gesamtgemelk (8,185)	- 4,132	n = 1034
$x_3 =$ Maschinenhauptgemelk (7,962)	7,250	B = 0,41
$x_4 =$ Nennvakuum 1/x (40 - 60)	13,662	F = 180,17

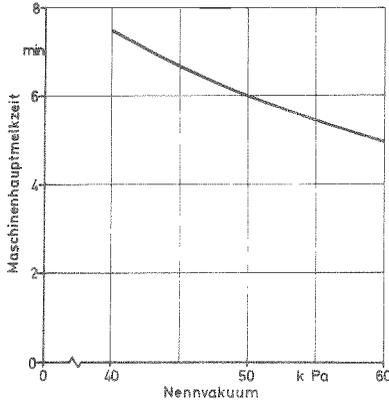


Abbildung 13: Einfluß des Nennvakuum auf die Maschinenhauptmelkzeit (60 DT/min, 60 %)

Bei steigendem Nennvakuum von 40 auf 60 kPa sank also die Maschinenhauptmelkzeit kurvilinear von durchschnittlich 7.48 min auf durchschnittlich 5,01 min. Durch ein höheres Vakuum waren also deutlich kürzere Maschinenhauptmelkzeiten zu erreichen. Durch die Reziprocentransformation wurde aber auch deutlich, daß sich der milchflußbeschleunigende Effekt mit höherem Vakuum verringerte. Diese Transformation verursachte auch die positiven Vorzeichen für die Regressionskoeffizienten und t-Werte des Nennvakuum.

Alter, Gesamtgemelk und Maschinenhauptgemelk erklären die Zielgröße zu 41 %. Mit zunehmendem Alter verkürzte sich in der Regel die Maschinenhauptmelkzeit, da das Euter besser konditioniert war. Dieser Alterseinfluß ist, wie der t-Wert zeigt, sehr hoch signifikant; der Regressionskoeffizient beträgt  $b = - 0,215$ . Kühe mit einem hohen Gesamtgemelk gaben ihre Milch wesentlich schneller ab als Tiere mit niedrigem. Ein zunehmendes Maschinenhauptgemelk dagegen führte zu einer

hochsignifikanten Verlängerung der Maschinenhauptmelkzeit ( $b = 1,166$ ). Der Einfluß der Melkzeit von morgens und abends ist nicht signifikant, weil Melkzeit und Gesamtgemelk bzw. Maschinenhauptgemelk negativ korrelieren ( $r = - 0,156$  bzw.  $r = - 0,158$ ). Mit fortschreitendem Laktationsstadium gaben die Tiere weniger Milch. Diese Variable erscheint nicht im Regressionsansatz, da die einfache Korrelation zwischen Laktationsstadium und Gesamtgemelk bzw. Maschinenhauptgemelk  $r = - 0,517$  bzw.  $r = - 0,532$  beträgt und die Milchmengen somit den Laktationseinfluß beinhalten.

Bei der Aufgliederung des Datenmaterials der Gesamtherde in drei Gruppen, d.h. in leichtmelkende Tiere mit einem hohen Milchfluß von mehr als 1,7 kg/min (6 Kühe), in normalmelkende Tiere mit einem mittleren Milchfluß zwischen 1,2 und 1,7 kg/min (8 Kühe) und in schwermelkende Tiere mit einem niedrigen Milchfluß von weniger als 1,2 kg/min (6 Kühe), ergab sich für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und der Maschinenhauptmelkzeit folgender Zusammenhang (Abbildung 14, Regressionsgleichungen siehe Anhang Seite 180):

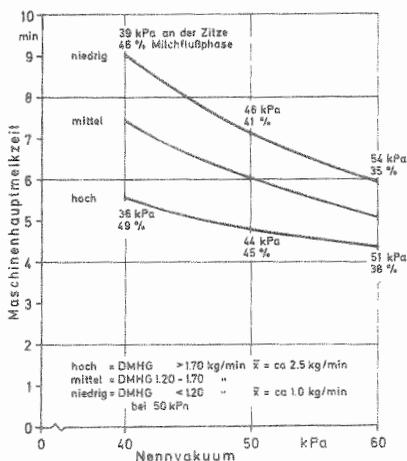


Abbildung 14: Einfluß des Nennvakuums auf die Maschinenhauptmelkzeit bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (60 DT/min, 60 %)

Durch diese Aufteilung der Herde steigt das multiple Bestimmtheitsmaß der Regressionsanalyse deutlich an:

- in der ersten Gruppe auf 57 %,
- in der zweiten Gruppe auf 70 %,
- in der dritten Gruppe auf 72 %.

Der Grad des Zusammenhangs zwischen der Zielgröße Maschinenhauptmelkzeit und den in den Regressionsansatz aufgenommenen Variablen ist also bei den schwermelkenden Tieren am besten erklärt. Die hohen F-Werte zeigen die statistische Absicherung der drei Regressionen an.

Leichtmelkende Kühe wiesen bei steigendem Nennvakuum nur eine geringe Tendenz zur schnelleren Milchabgabe auf, während der Einfluß für mittel- und schwermelkende Tiere deutlich günstiger war. Das deutet darauf hin, daß schwermelkende Kühe offensichtlich einen höheren Differenzdruck zur maximalen Öffnung des Strichkanals benötigen. Dies bekräftigen auch die wesentlich höheren t-Werte und Regressionskoeffizienten für die Wirkung des Nennvakuums bei schwermelkenden Tieren im Vergleich zu leichtmelkenden.

Das Alter übte bei den drei Gruppen einen unterschiedlichen Einfluß auf die Maschinenhauptmelkzeit aus. Bei den leichtmelkenden Tieren hat der Regressionskoeffizient ein positives Vorzeichen ( $b = + 0,099$ ), mit zunehmendem Alter nahm also die Maschinenhauptmelkzeit zu. Gleichzeitig korrelieren Alter und Gesamtgemelk bzw. Maschinenhauptgemelk mit  $r = + 0,693$  bzw.  $r = + 0,698$  sowie Alter und Maschinenhauptmelkzeit mit  $r = + 0,59$ . Die Milchmenge erhöhte sich mit steigendem Alter schneller als die Maschinenhauptmelkzeit abnehmen konnte.

Bei den Tieren mit mittlerem und niedrigem Milchfluß dagegen wurde die Maschinenhauptmelkzeit mit steigendem Alter kürzer. Diesen Effekt bewirkte das Laktationsstadium ebenfalls; je weiter es fortgeschritten war, desto niedriger wurde die Maschinenhauptmelkzeit. Die Regressionskoeffizienten für den Einfluß des Gesamtgemelks zeigen an, daß Tiere

mit größerer Milchleistung ihre Milch auch schneller abgaben. Ein steigendes Maschinenhauptgemelk bewirkte in allen Fällen eine Verlängerung der Maschinenhauptmelkzeit.

Da sich die Kühe in der Höhe ihres Milchflusses unterscheiden und der Milchfluß wiederum das Betriebsvakuum an der Sitzenspitze beeinflusst, ist dieser Faktor ebenfalls zu berücksichtigen.

Die Betrachtung der durchschnittlichen Vakuumhöhe an der Zitze zeigte bei Erhöhung des Nennvakuum von 40 auf 60 kPa bei allen Kurven eine Parallelverschiebung um ca. 15 kPa. Es stieg bei niedrigem durchschnittlichen Minutengemelk (ca. 1,0 kg/min) von 39 auf 54 kPa, bei hohem durchschnittlichen Minutengemelk (ca. 2,5 kg/min) von 36 auf 51 kPa. Es wird also ein deutlicher Einfluß tatsächlich gesteigerter Vakuumhöhe auf die Maschinenhauptmelkzeit sichtbar, der sich auf Grund des höheren Betriebsvakuums an der Sitzenspitze bei den schwermelkenden Tieren am stärksten bemerkbar machte.

In die Interpretation muß jedoch auch die Milchflußphase miteinbezogen werden, da eine gesteigerte Vakuumhöhe in einer Verminderung der Länge der Milchflußphase resultiert. So sank hier die Länge der Milchflußphase bei schwermelkenden Tieren von 46 auf 35 % und bei leichtmelkenden Tieren von 49 auf 38 %. Das durch den unterschiedlichen Milchfluß der Kühe hervorgerufene niedrigere Betriebsvakuum führte dabei zu einer Verlängerung der Milchflußphase; sie wies deshalb bei Kühen mit einem niedrigen Milchfluß niedrigere Werte auf als bei Kühen mit einem hohen Milchfluß. Setzt man nun eine mindestens 50 %ige Milchflußphase voraus, würden alle Tiere bei 60 kPa Nennvakuum eine weitere Milchflußsteigerung zeigen.

Als Konsequenz aus diesen Zusammenhängen zwischen Milchfluß, Betriebsvakuum und Milchflußphase ergibt sich die Notwendigkeit, für Vakuumkonstanz während des gesamten Milchentzuges zu sorgen. Weiterhin ist bei einer Vakuumerhöhung die Länge der Milchflußphase zu berücksichtigen und gegebenenfalls zu erweitern, wenn man die Wirkung des höheren Vakuums voll ausnutzen und einen schnellen Milchentzug erreichen will.

### 5.3 Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit

Neben der Maschinenhauptmelkzeit spielen Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit eine wichtige Rolle, da sie besonders aus arbeitswirtschaftlicher Sicht unerwünscht sind und nach Möglichkeit vermieden werden sollten. Bei der graphischen Darstellung der Mittelwerte des Gesamtmaterials (Abbildung 15) zeigen sich zwischen den einzelnen Versuchsvarianten zum Teil deutliche Unterschiede.

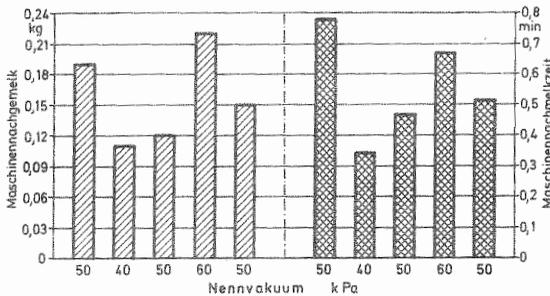


Abbildung 15: Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit bei verschiedenen Nennvakuumhöhen (60 DT/min, 60 %)

Danach führt eine Vakuumverringernng von 50 auf 40 kPa bzw. von 60 auf 50 kPa zu niedrigeren, eine Vakuumerrhöhung von 50 auf 60 kPa zu höheren Maschinennachgemelken und -nachmelkzeiten. Aus den Standardabweichungen und Variationskoeffizienten geht jedoch hervor, daß die Streuung der Werte bei allen Tieren sehr groß ist (Anhang-Tabelle 3 und 4). Dadurch wird der Nachweis von statistisch gesicherten Unterschieden zwischen den einzelnen Versuchsstufen stark erschwert.

So ist trotz der auffälligen Unterschiede zwischen den Mittelwerten für Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit nach einer aussagekräftigeren Beurteilungsmethode zu suchen.

#### 5.4 Durchschnittliches Minutengemelk

Stellt man dagegen das durchschnittliche Minutenhauptgemelk (DMHG) und das durchschnittliche Minutengesamtgemelk (DMGG) gegenüber, lassen sich deutliche und gesicherte Aussagen treffen. Das erste Merkmal bezieht sich nur auf Maschinenhauptgemelk und -hauptmelkzeit, während letzteres mit dem Maschinennachgemelk und der -nachmelkzeit die Nachmelkarbeiten einschließt. Die Differenz zwischen den beiden Kenngrößen wird also durch das Nachmelken verursacht (Abbildung 16 sowie Anhang-Tabellen 5 und 6).

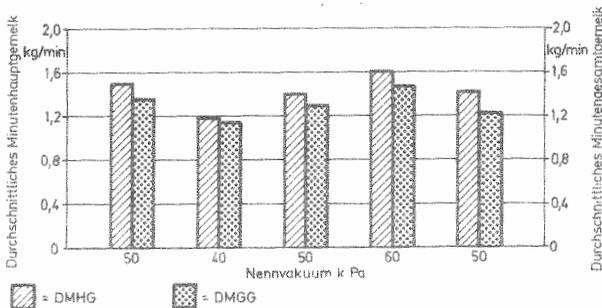


Abbildung 16: Durchschnittliches Minutengemelk bei verschiedenen Nennvakuumhöhen (60 DT/min, 60 %)

Vergleicht man die Mittelwerte für das durchschnittliche Minutenhauptgemelk und das durchschnittliche Minutengesamtgemelk in den einzelnen Versuchsstufen, so sind sie bei einer Vakuumhöhe von 40 kPa deutlich niedriger als bei 50 und 60 kPa. Die Werte liegen bei niedrigerem Vakuum deutlich enger beisammen und signalisieren damit ein geringeres Nachmelken als dies bei den höheren Vakuumstufen der Fall ist.

Diese Tendenz bestätigt sich auch bei der Betrachtung der Regressionsanalyse. Neben der Vakuumhöhe übten wiederum das Alter und das Laktationsstadium einen deutlichen Einfluß auf das durchschnittliche Minutenhauptgemelk und das durchschnittliche Minutengesamtgemelk aus, wie Regressionsansatz und Graphik (Abbildung 17) für das Gesamtmaterial zeigen.

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und dem durchschnittlichen Minutenhauptgemelk bzw. dem durchschnittlichen Minutengesamtgemelk für alle Tiere:

$$\underline{\text{DMHG}} : y = 2,400 + 0,057 \cdot x_1 - 0,008 \cdot x_2 - 58,053 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,825)	12,321	n = 1034
$x_2$ = Laktationsstadium (18,213)	- 7,022	B = 0,22
$x_3$ = Nennvakuum 1/x (40 - 60)	-11,683	F = 99,65

$$\underline{\text{DMGG}} : y = 2,131 + 0,053 \cdot x_1 - 0,011 \cdot x_2 - 46,166 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,825)	12,808	n = 1034
$x_2$ = Laktationsstadium (18,213)	-10,873	B = 0,24
$x_3$ = Nennvakuum 1/x (40 - 60)	-10,457	F = 111,28

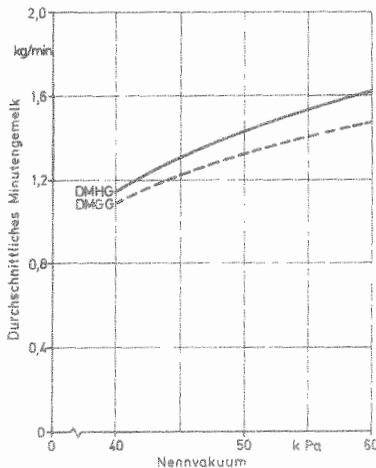


Abbildung 17: Einfluß des Nennvakuum auf das durchschnittliche Minutengesamtelk (60 DT/min, 60 ‰)

Nach dieser Darstellung steigen bei einer Vakuumerhöhung von 40 auf 60 kPa:

- das durchschnittliche Minutenhauptgemelk von 1,15 auf 1,62 kg/min,
- das durchschnittliche Minutengesamtgemelk von 1,09 auf 1,48 kg/min.

Die Kurven für das DMHG und DMGG divergieren beim Übergang von 40 auf 60 kPa und signalisieren durch ihren zunehmenden Abstand, daß mehr nachgemolken werden mußte. Auch hier zeigt die reziproke Transformation an, daß der Einfluß der Vakuummhöhe mit steigenden Werten geringer wird.

Mit zunehmendem Alter reagierten die Tiere im Milchfluß durchweg positiv, dabei deuten die Unterschiede in den Regressionskoeffizienten darauf hin, daß bei älteren Tieren mehr nachgemolken werden mußte als bei jüngeren. Das Laktationsstadium dagegen wirkte sich negativ auf die Milchflußgeschwindigkeit aus; dieser Effekt ist beim DMGG im Vergleich zum DMHG wesentlich stärker ausgeprägt, was mit fortschreitender Laktation auf ein tendenziell stärkeres Nachmelken hinweist.

Bei der Aufgliederung der Herde in Tiere mit hohem, mittlerem und niedrigem Milchfluß ergeben sich folgende Zusammenhänge (Abbildung 18 sowie Anhang S. 181).

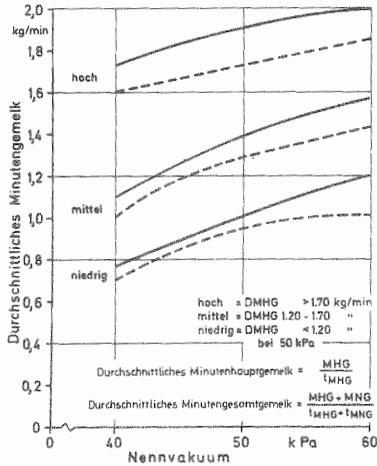


Abbildung 18: Einfluß des Nennvakuum auf das durchschnittliche Minutengemerk bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (60 DT/min, 60 %)

Bei leichtmelkenden Tieren verlaufen die Kurven für das DMHG und DMGG nahezu parallel, allerdings in größerem Abstand. Das Verhältnis von Maschinennachgemerk und Maschinennachmelkzeit bleibt fast gleich, die unterschiedlichen Nennvakuumhöhen beeinflussen den Kurvenabstand nur geringfügig. Die leichtmelkenden Tiere befanden sich am Anfang der Laktation; mit fortschreitendem Laktationsstadium stieg der Milchfluß an. Laktationsstadium und Maschinenhauptgemerk korrelieren mit  $r = + 0,549$ , Laktationsstadium und Gesamtgemerk mit  $r = + 0,594$ . Bei den Tieren mit mittlerem Milchfluß dagegen betragen die entsprechenden Korrelationskoeffizienten  $r = - 0,872$  bzw.  $r = - 0,875$ , bei den Tieren mit niedrigem Milchfluß  $r = - 0,458$  bzw.  $r = - 0,453$ . Die Bestimmtheitsmaße sind in allen Fällen relativ niedrig und liegen zwischen 9 und 31 %. Die in den Regressionsansatz aufgenommenen Einflußgrößen erklären die Zielgröße durchschnittliches Minutengemerk also

nur in geringem Umfang, auch wenn die Variablen einen höchstsignifikanten Einfluß aufweisen und die hohen F-Werte den signifikanten Zusammenhang zwischen Zielgröße und Variablen bestätigen. Die F-Werte für den Regressionsansatz und die Bestimmtheitsmaße sind bei den schwermelkenden Tieren am höchsten. Hier wirkte sich, wie die t-Werte zeigen, das Vakuum am deutlichsten aus. Die Kurven divergieren beim höheren Vakuum stärker, d.h. bei diesen Tieren verursachte eine Vakuumhöhe von mehr als 50 kPa höhere Nachmelke und längere Nachmelkzeiten.

Durchschnittliches Minutenhauptgemelk und durchschnittliches Minutengesamtgemelk zeigen durch ihren zunehmenden Abstand an, daß mit steigendem Vakuum besonders bei schwermelkenden Kühen das Nachmelken zunimmt. Allerdings ist der Zusammenhang zwischen der Zielgröße und den sie erklärenden Variablen relativ gering.

### 5.5 Höchstes Minutengemelk

Die Melkbarkeitsmerkmale Maschinenhauptgemelk, Maschinenhauptmelkzeit, Maschinennachgemelk, Maschinennachmelkzeit und das durchschnittliche Minutengemelk lassen erkennen, wie sich Milchmenge und Melkzeit verändern, sie liefern aber keine direkten Aussagen über Veränderungen des Milchflusses. Auswirkungen auf den Milchfluß innerhalb der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Vakuumhöhen gehen aus der Entwicklung des höchsten Minutengemelkes hervor (Abbildung 19 und Anhang-Tabelle 7):

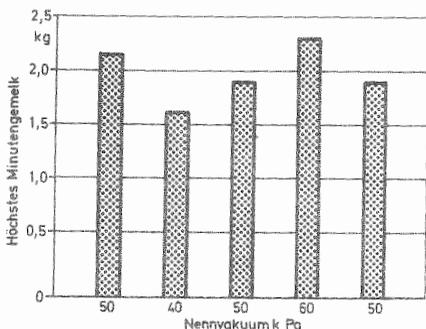


Abbildung 19: Höchstes Minutengemelk bei verschiedenen Nennvakuumhöhen (60 DT/min, 60 %)

Das höchste Minutengemelk sank bei allen Tieren bei einer Verringerung des Nennvakuum von 50 auf 40 kPa; es stieg signifikant an, wenn das Vakuum erhöht wurde. Nur bei Tieren mit hohem Milchfluß war beim Übergang von 40 auf 50 kPa keine signifikante Steigerung des höchsten Minutengemelkes zu erkennen.

Neben dem Vakuum bestimmen das Alter der Kuh, das Maschinenhauptgemelk und die Maschinenhauptmelkzeit in hohem Maße das höchste Minutengemelk (Abbildung 20), wie die Regressionsanalyse beweist.

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und dem höchsten Minutengemelk für alle Tiere:

$$y = 1,308 + 0,029 \cdot x_1 + 0,210 \cdot x_2 - 0,241 \cdot x_3 + 0,008 \cdot x_4$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,825)	7,050	
$x_2$ = Maschinenhauptgemelk (7,962)	37,942	$n = 1034$
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,088)	-41,818	$B = 0,76$
$x_4$ = Nennvakuum (40 - 60)	4,380	$F = 803,63$

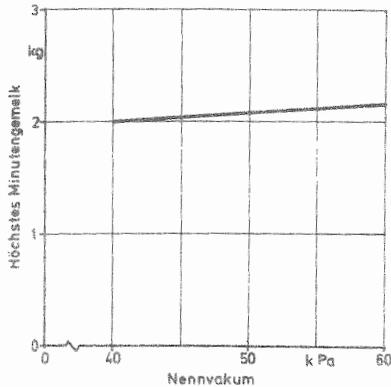


Abbildung 20: Einfluß des Nennvakuums auf das höchste Minutengemelk (60 DT/min, 60 %)

Wurde das Nennvakuum von 40 auf 60 kPa erhöht, stieg das höchste Minutengemelk linear von durchschnittlich 2,0 auf durchschnittlich 2,16 kg. Dieser Effekt ist zwar relativ gering, aber der Zusammenhang zwischen den Variablen und der Zielgröße ist hochsignifikant, wie der hohe F-Wert und das Bestimmtheitsmaß von 76 % zeigen.

Das höchste Minutengemelk wird aber am deutlichsten vom Maschinenhauptgemelk und von der Maschinenhauptmelkzeit bestimmt. Die Regressionskoeffizienten und die hohen t-Werte geben den hochsignifikanten Einfluß dieser Kennwerte wieder. Mit steigendem Maschinenhauptgemelk nimmt das höchste Minutengemelk zu, mit steigender Maschinenhauptmelkzeit ab. Die Variablen Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit korrelieren mit der Zielgröße höchstes Minutengemelk mit  $r = + 0,337$  bzw.  $r = - 0,546$ . Auch mit zunehmendem Alter steigt das höchste Minutengemelk, beide Merkmale korrelieren mit  $r = + 0,397$ .

Gliedert man das Gesamtmaterial in die drei Gruppen mit unterschiedlichem Milchfluß auf, ergibt sich folgender Zusammenhang (Abbildung 21 und Anhang S. 182):

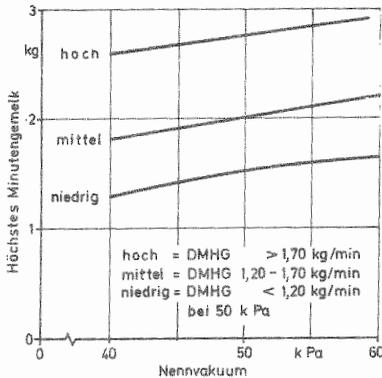


Abbildung 21: Einfluß des Nennvakuums auf das höchste Minutengemelk bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (60 DT/min, 60 %)

Bei den schwermelkenden Tieren wirkte sich eine Erhöhung des Nennvakuums am deutlichsten aus. Hier korrelieren das Vakuum und das höchste Minutengemelk mit  $r = + 0,575$ , bei den Tieren mit mittlerem Milchfluß dagegen mit  $r = + 0,449$  und bei den leichtmelkenden Kühen mit  $r = + 0,351$ . Auch hier wird das höchste Minutengemelk in hohem Maße durch Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit bestimmt. Hohe Maschinenhauptgemelke und kurze Maschinenhauptmelkzeiten bewirken hohe Werte für das höchste Minutengemelk. Daneben beeinflussen Melkzeit, Alter und Laktationsstadium diesen Kennwert in geringem Umfang. Insgesamt gesehen erklären diese in die Regressionsansätze aufgenommenen Variablen die Zielgröße im ersten Fall zu 67, im zweiten zu 72 und im dritten zu 80 %. Die hohen F-Werte bestätigen den signifikanten Zusammenhang zwischen Zielgröße und Variablen.

Das höchste Minutengemelk als Merkmal für die Milchabgabe der Kuh gibt sehr deutlich den Einfluß unterschiedlicher Vakuummhöhen wieder. Mit steigendem Nennvakuum nahm es in allen Fällen zwar nur in geringem Umfang zu, der Zusammenhang zwischen der Zielgröße höchstes Minutengemelk und den sie erklärenden Variablen Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptgemelk, Maschinenhauptmelkzeit und Nennvakuum ist jedoch sehr hoch.

### 5.6 Zeit bis zum höchsten Milchfluß

Ein weiteres Kennzeichen für Veränderungen des Milchflusses innerhalb der Maschinenhauptmelkzeit ist die Zeitspanne zwischen Milchflußbeginn und dem höchsten Milchfluß, denn sie gibt an, wie schnell die Kuh ihren höchsten Milchfluß erreicht. Unterschiedliche Nennvakuummhöhen wirkten sich hier bei allen Tieren deutlich aus (Abbildung 22 sowie Anhang-Tabelle 8) :

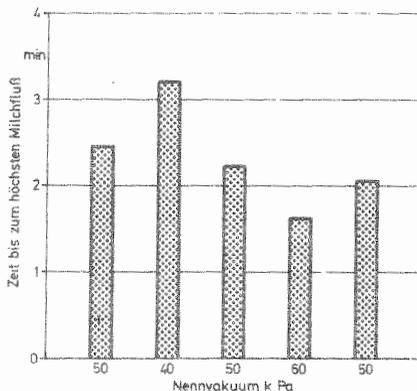


Abbildung 22: Zeit bis zum höchsten Milchfluß bei verschiedenen Nennvakuummhöhen (60 DT/min, 60 %)

Bei einem Nennvakuum von 40 kPa wurde der höchste Milchfluß wesentlich später als bei 50 oder gar 60 kPa erreicht. Der deutlichste Effekt durch Veränderungen des Vakuums war bei schwermelkenden Tieren zu verzeichnen. Die Streuung war aber bei allen Tieren relativ hoch, wie Standardabweichung und Variationskoeffizient beweisen.

Betrachtet man nun die funktionale Beziehung zwischen dem Nennvakuum und der Zeit bis zum höchsten Milchfluß und berücksichtigt dabei die Einflußfaktoren Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit, so ergibt sich der in Abbildung 23 und in der Regressionsgleichung dargestellte Zusammenhang:

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und der Zeit bis zum höchsten Milchfluß für alle Tiere :

$$y = 2,171 - 0,044 \cdot x_1 - 0,029 \cdot x_2 - 0,059 \cdot x_3 + 0,410 \cdot x_4 - 0,022 \cdot x_5$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (5,825)	- 3,615	
$x_2$ = Laktationsstadium (18,213)	- 9,236	
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (7,962)	- 3,252	n = 1034
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,088)	24,977	B = 0,59
$x_5$ = Nennvakuum 1/x (40 - 60)	- 4,105	F = 293,22

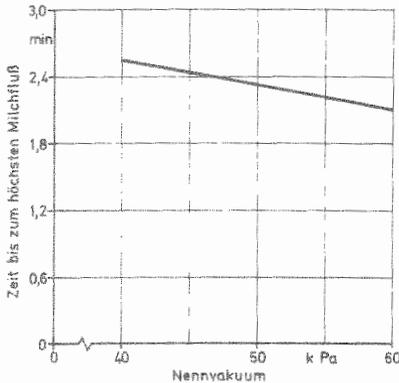


Abbildung 23: Einfluß des Nennvakuum auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß (60 DT/min, 60 %)

Bei der Erhöhung des Nennvakuum von 40 auf 60 kPa sank die Zeit bis zum höchsten Milchfluß linear von 2,55 auf 2,12 min. Das Vakuum korreliert dabei mit dieser Zeitspanne mit  $r = -0,335$ , gleichzeitig aber auch mit der Maschinenhauptmelkzeit mit  $r = -0,357$ . Dies bedeutet, daß auch die Maschinenhauptmelkzeit die Zeit bis zum höchsten Milchfluß bestimmt, was der höchstsignifikante t-Wert auch beweist. Weiterhin sinkt die Zeitspanne, wenn Alter und Laktationsstadium fortschreiten und das Maschinenhauptgemelk zunimmt.

Die Aufgliederung der Herde in Kühe mit hohem, mittlerem und niedrigem Milchfluß zeigt zwar ähnliche Zusammenhänge wie das Gesamtmaterial, weist aber sehr unterschiedliche Bestimmtheitsmaße, nämlich 19, 69 und 58 % auf. Die Zielgröße Zeit bis zum höchsten Milchfluß wird durch die erfaßten Variablen in unterschiedlichem Umfang erklärt (Abbildung 24 und Anhang S. 183).

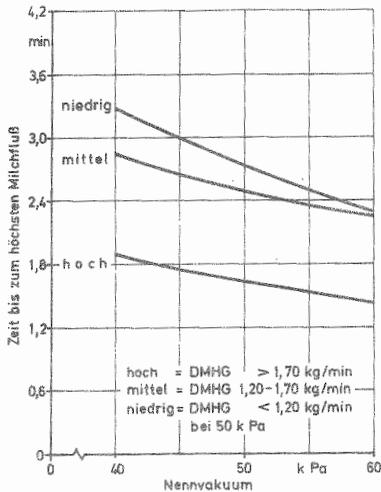


Abbildung 24: Einfluß des Nennvakuum auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (60 DT/min, 60 %)

So sank die Zeit bis zum höchsten Milchfluß bei der Vakuumerhöhung von 40 auf 60 kPa:

- bei leichtmelkenden Tieren von 1,91 auf 1,42 min,
- bei Tieren mit mittlerem Milchfluß von 2,85 auf 2,27 min,
- bei schwermelkenden Tieren von 3,27 auf 2,30 min.

Die letztgenannte Gruppe erreichte den höchsten Milchfluß zwar später, durch die Vakuumerhöhung von 40 auf 60 kPa war bei ihr jedoch der größte Erfolg zu erzielen.

Neben der Vakuumhöhe beeinflussen noch Melkzeit, Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit die Zeit bis zum höchsten Milchfluß, wobei wiederum, wie auch beim Gesamtmaterial, der Maschinenhauptmelkzeit die größte Bedeutung zukommt, da sie auch deutlich stärker als die übrigen Variablen mit der Zielgröße korreliert. Die Werte der einfachen Korrelationskoeffizienten liegen bei:

$r = + 0,376$  bei Tieren mit hohem Milchfluß,  
 $r = + 0,803$  bei Tieren mit mittlerem Milchfluß,  
 $r = + 0,643$  bei Tieren mit niedrigem Milchfluß.

Mit zunehmendem Nennvakuum wurde also der Zeitpunkt des höchsten Milchflusses schneller erreicht, wobei die schwermelkenden Kühe am deutlichsten auf die Erhöhung des Vakuums von 40 auf 60 kPa reagierten.

#### 5.7 Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit

Veränderungen des höchsten Minutengemelks und der Zeit bis zum höchsten Milchfluß in Abhängigkeit vom Nennvakuum lassen also deutliche Verschiebungen der Milchflußkurve während der Maschinenhauptmelkzeit erwarten. Es muß folglich weiterhin untersucht werden, ob unterschiedliche Vakuumhöhen neben der Verkürzung oder Verlängerung der Maschinenhauptmelkzeit auch eine Verlagerung des Maschinenhauptgemelks während dieser Maschinenhauptmelkzeit verursachen. Dazu wurde die Maschinenhauptmelkzeit in vier gleiche Phasen unterteilt und geprüft, wie sich die in Abhängigkeit vom Nennvakuum pro Phase ermilchene prozentuale Milchmenge veränderte.

Die Betrachtung des Gesamtmaterials ergibt folgende Verteilung des Maschinenhauptgemelks während der Maschinenhauptmelkzeit je nach Vakuumhöhe (Abbildung 25) :

- 1. Phase: 25 bis 30 % des Maschinenhauptgemelks
- 2. Phase: 34 bis 36 % des Maschinenhauptgemelks
- 3. Phase: 22 bis 26 % des Maschinenhauptgemelks
- 4. Phase: 11 bis 14 % des Maschinenhauptgemelks

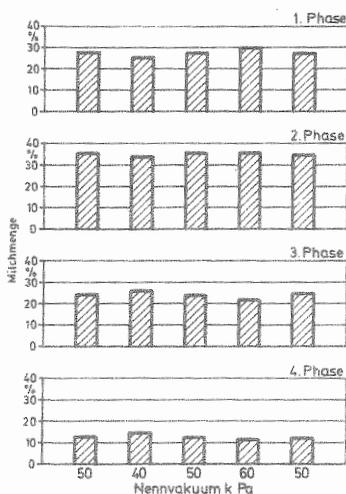


Abbildung 25: Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Nennvakuumhöhen (60 DT/min, 60 %)

Mit steigender Vakuumhöhe deutete sich in den ersten beiden Phasen eine Zunahme der prozentualen Milchmenge, in den letzten beiden Phasen eine Abnahme an. Die Veränderungen waren jedoch nur gering.

Wesentlich deutlichere Unterschiede erhält man bei der Aufgliederung der Herde in Tiere mit hohem, mittlerem und niedrigem Milchfluß (Tabelle 5, siehe auch Anhang-Tabellen 9 - 12):

Tabelle 5: Mittelwerte der prozentualen Milchmengen in den vier Phasen der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in %)

Vakuumhöhe (kPa)	1. Phase	2. Phase	3. Phase	4. Phase
Kühe mit hohem Milchfluß:				
50	27.84	36.63	24.17	11.35
40	25.44	35.47	25.99	13.08
50	27.28	35.63	25.01	12.06
60	29.75	38.02	22.33	9.88
50	26.34	35.16	26.55	11.94
Kühe mit mittlerem Milchfluß:				
50	25.91	35.42	24.77	13.89
40	25.14	33.92	26.42	14.50
50	25.27	36.91	25.57	12.23
60	28.95	35.72	22.92	12.39
50	26.03	35.79	25.24	12.92
Kühe mit niedrigem Milchfluß:				
50	28.77	34.49	23.73	12.99
40	26.05	33.02	26.24	14.66
50	30.64	34.32	22.06	12.96
60	31.08	34.19	22.38	12.33
50	29.09	34.25	23.80	12.89

Bei leichtmelkenden Kühen entzog ein niedriges Vakuum dem Euter in der ersten Phase signifikant weniger, ein höheres Vakuum signifikant mehr Milch. In der zweiten Phase wurde bei höherem Vakuum ebenfalls noch mehr Milch entzogen. Dagegen war in der dritten und vierten Phase die Milchabgabe bei 60 kPa deutlich geringer als bei 50 kPa.

Bei Tieren mit niedrigem Milchfluß war bei einem Vakuum von 60 gegenüber 50 kPa kein signifikanter Unterschied festzustellen. Ein Nennvakuum von 40 kPa bewirkte dagegen, daß in der ersten Phase weniger Milch ermolken wurde. Die zweite Phase wurde durch das Vakuum nicht beeinflußt; in der dritten und vierten Phase wurden jedoch höhere prozentuale Milchmengen gewonnen als bei 50 kPa. Bei diesen Tieren der letzten Gruppe war die Milchmenge gleichmäßiger über die Maschinenhauptmelkzeit verteilt.

Die Werte der Standardabweichung und des Variationskoeffizienten liegen bei allen Gruppen in der zweiten Phase deutlich niedriger und in der vierten deutlich höher als in der ersten und dritten. In der ersten Phase kommt der Milchfluß unterschiedlich schnell in Gang und wird durch den Grad des Anrüstens beeinflußt. Im zweiten Abschnitt ist der volle Milchfluß erreicht und verläuft relativ konstant. Während der dritten Phase fällt er unterschiedlich stark ab, die Standardabweichung nimmt zu. Die vierte Phase schließlich wird in hohem Maße von der Milchmenge geprägt, die als letzte Milch der Zitzenzisterne aus den Alveolen und der Euterzisterne zufließt. Danach ist das Euter entweder leergemolken oder die Zitzenbecher sind so weit hochgeklettert, daß sie die Verbindung zwischen Zitzen- und Euterzisterne unterbrochen haben. Diese letzte Milchmenge ist relativ großen Schwankungen unterworfen, deshalb nimmt auch die Standardabweichung relativ hohe Werte an.

Berücksichtigt man nun neben dem Vakuum auch die Einflußgrößen Melkzeit, Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptmelk und -hauptmelkzeit und beurteilt den Zusammenhang zwischen Nennvakuum und der prozentualen Milchmenge pro Phase, treten die Unterschiede zwischen den einzelnen Vakuumstufen deutlicher hervor (Abbildung 26).

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen dem Nenn-  
vakuum und der prozentualen Milchmenge pro Phase für alle  
Tiere:

1. Phase:

$$y = 2,744 + 0,725 \cdot x_1 + 0,275 \cdot x_2 + 0,175 \cdot x_3 + 0,752 \cdot x_4 + 0,285 \cdot x_5$$

t-Werte

$x_1$ = Melkzeit (1,450)	2,014		
$x_2$ = Alter (5,825)	4,311		
$x_3$ = Laktationsstadium (18,213)	11,126	n = 1034	
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,088)	8,724	B = 0,18	
$x_5$ = Nennvakuum (40 - 60)	9,434	F = 46,08	

2. Phase:

$$y = 36,586 + 0,258 \cdot x_1 + 0,072 \cdot x_2 - 202,981 \cdot x_3$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,825)	4,742	n = 1034	
$x_2$ = Laktationsstadium (18,213)	5,613	B = 0,07	
$x_3$ = Nennvakuum (40 - 60)	- 3,491	F = 26,28	

3. Phase:

$$y = 44,215 - 0,415 \cdot x_1 - 0,155 \cdot x_2 + 0,274 \cdot x_3 - 0,711 \cdot x_4 - 0,246 \cdot x_5$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,825)	6,315		
$x_2$ = Laktationsstadium (18,213)	- 9,101		
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (7,962)	2,762	n = 1034	
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,088)	- 7,930	B = 0,20	
$x_5$ = Nennvakuum (40 - 60)	- 8,539	F = 50,82	

4. Phase:

$$y = 9,142 - 0,175 \cdot x_1 - 0,059 \cdot x_2 + 279,618 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,825)	- 3,241	n = 1034	
$x_2$ = Laktationsstadium (18,213)	- 4,653	B = 0,06	
$x_3$ = Nennvakuum $1/x$ (40 - 60)	4,853	F = 21,76	

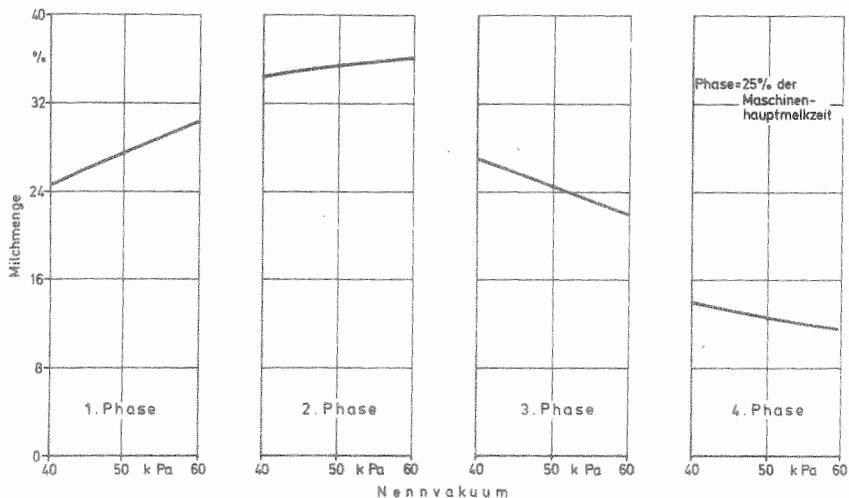


Abbildung 26: Einfluß des Nennvakuums auf die zeitliche Verteilung des Maschinenhauptgemelks in den einzelnen Phasen der Maschinenhauptmelkzeit (60 DT/min, 60 %)

Der signifikante Einfluß des Nennvakuums wirkte sich am deutlichsten in der ersten bzw. dritten Phase durch eine linear zu- bzw. abnehmende prozentuale Milchmenge aus. Die zweite und vierte Phase wurden nur geringfügig beeinflusst.

Alter und Laktationsstadium beeinflussten die erste Hälfte der Milchflußkurve positiv, die zweite dagegen negativ. Stieg die Maschinenhauptmelkzeit, waren höhere Milchmengen in der ersten und geringere in der zweiten Phase die Folge. Höhere Maschinenhauptgemelke verursachten steigende prozentuale Milchmengen in der dritten Phase, wodurch sich auch der milchflußverlängernde Effekt zunehmender Maschinenhauptgemelke erklären läßt.

Trotz des signifikanten Einflusses dieser Faktoren und der hohen F-Werte für die Regressionsansätze liegen die Bestimmtheitsmaße mit 18, 7, 20 und 6 % sehr niedrig. Die Zielgröße wird also nur in geringem Umfang erklärt.

Ein deutlicher Zusammenhang zwischen Zielgröße und Variablen läßt sich erkennen, wenn man das Gesamtmaterial nach der Milchflußintensität gruppiert (Abbildung 27 und Anhang Seite 184).

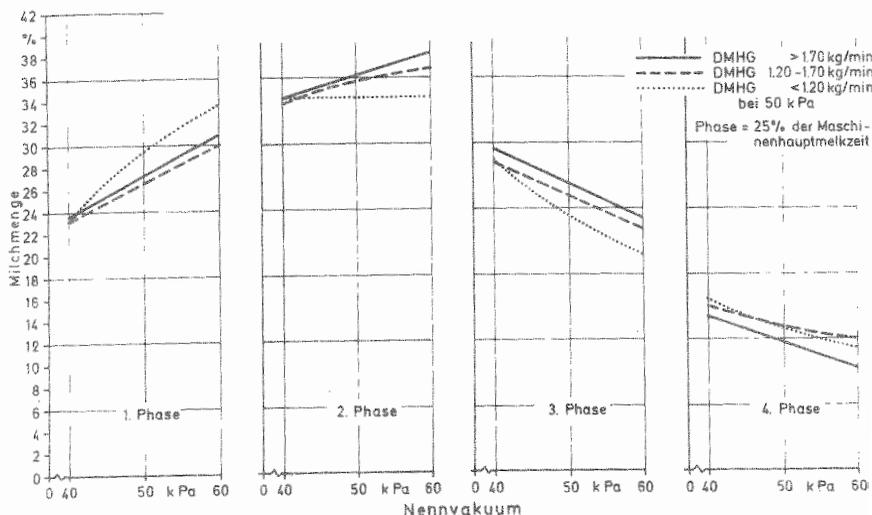


Abbildung 27: Einfluß des Nennvakuums auf die zeitliche Verteilung des Maschinenhauptgemelks in den einzelnen Phasen der Maschinenhauptmelkzeit bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (60 DT/min, 60 %)

Aus den hohen t-Werten des Nennvakuums ist ersichtlich, daß sich in der ersten Phase, also zu Beginn des Milchflusses, eine Steigerung der Vakuumhöhe positiv, in der dritten Phase dagegen negativ auf die Milchabgabe auswirkte. Die zweite

und vierte Phase wurden durch das Vakuum schwächer bzw. nicht beeinflusst. Dieser Vorgang läßt sich auf das Verhältnis von biologisch möglicher und technisch realisierter Milchflußgeschwindigkeit zurückführen. Das unterschiedliche Verhalten von leicht-, normal- und schwermelkenden Tieren entlang des dargestellten Trends ist dabei hauptsächlich im unterschiedlichen Milchflußverhalten zu suchen. So findet man bei den Tieren mit niedrigem Milchfluß im Gegensatz zu den anderen beiden Gruppen relativ hohe Bestimmtheitsmaße, die Variablen erklären die Zielgröße in hohem Maße. Bei den Tieren mit höherem Milchfluß dürften andere Einflußfaktoren zu suchen sein, da die erfaßten Variablen sich nur in geringem Umfang mit den Veränderungen der prozentualen Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit in Beziehung setzen lassen.

Eine Erhöhung des Nennvakuum führte also nicht nur zu einer Verkürzung der Maschinenhauptmelkzeit, sondern auch zu einer Verschiebung des zeitlichen Milchmengenanstiegs an den Anfang der Milchflußkurve. Dieser Einfluß war besonders deutlich bei den schwermelkenden Tieren festzustellen.

#### 5.8 Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit

Da bei Vakuumänderungen Maschinenhauptmelkzeit und prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit variieren, muß sich auch die Milchflußgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Nennvakuum in den einzelnen Phasen ändern. Deshalb wurden aus dem vorhandenen Datenmaterial die absoluten durchschnittlichen Milchmengen für jede Phase errechnet und in Beziehung zum absoluten durchschnittlichen Zeitwert pro Phase gesetzt. Die daraus gewonnenen mittleren Milchflußgeschwindigkeiten sind pro Phase und Vakuumhöhe in Abbildung 28 dargestellt.

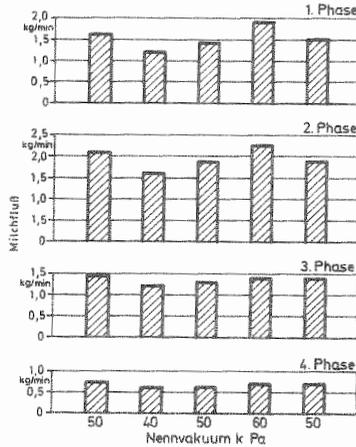


Abbildung 28: Milchfluß pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Nennvakuumhöhen (60 DT/min, 60 %)

Danach nahm die Milchflußgeschwindigkeit in der ersten Phase mit sinkendem Vakuum ab und mit steigendem Vakuum zu, wobei die Unterschiede zwischen den einzelnen Nennvakuumhöhen recht deutlich sind. Diese Tendenz war auch in der zweiten Phase noch stark ausgeprägt. Im dritten Abschnitt dagegen verschwanden diese großen Unterschiede, nur bei der Nennvakuumhöhe von 40 kPa war der Milchfluß niedriger als bei 50 und 60 kPa. In der letzten Phase wurde der Milchfluß nur noch sehr wenig vom Nennvakuum beeinflusst, die Milchflußgeschwindigkeiten wiesen kaum noch Unterschiede auf.

Der beim Gesamtmaterial beobachtete Einfluß unterschiedlicher Nennvakuumhöhen auf die Milchflußgeschwindigkeit tritt bei der gruppenweisen Betrachtung der Herde nach Milchflußintensität noch deutlicher hervor, wie aus Abbildung 29 zu erkennen ist.

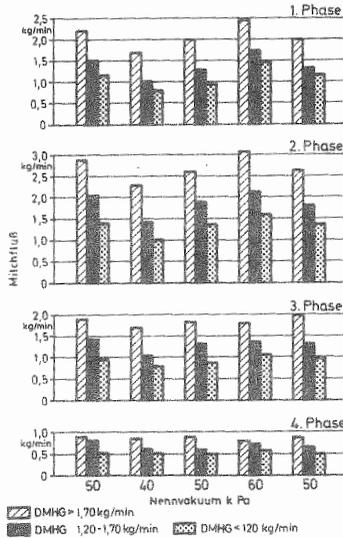


Abbildung 29: Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Nennvakuumhöhen und Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (60 DT/min, 60 %)

Hier waren bei den Tieren mit hohem Milchfluß vor allem in der ersten und zweiten Phase die größten Unterschiede in der Milchflußgeschwindigkeit zu finden. Bei den schwermelkenden Kühen fielen diese Veränderungen durch das Nennvakuum geringer aus. Im dritten Abschnitt waren die Unterschiede bei den drei Gruppen in Abhängigkeit von der Vakuumhöhe ebenfalls gering. Der Milchfluß in der vierten Phase unterschied sich zwischen den Tiergruppen nur wenig und war kaum noch den Auswirkungen unterschiedlicher Vakuumhöhen unterworfen.

Der Milchfluß ließ sich also besonders zu Beginn der Maschinenhauptmelkzeit durch ein höheres Nennvakuum beschleunigen, während gegen Ende der Maschinenhauptmelkzeit die Unterschiede zwischen den Tieren und zwischen den Mittelwerten für die Milchflußgeschwindigkeit nur noch gering waren.

Insgesamt gesehen wirkte sich das Nennvakuum deutlich auf alle Merkmale der Melkbarkeit aus, bei schwermelkenden Tieren stärker als bei leichtmelkenden. Dabei ist zu beachten, daß das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze mit zunehmendem Milchfluß erheblich vom am Regelventil eingestellten Nennvakuum abwich und damit ein höheres Vakuum bei Kühen mit hohem Milchfluß nicht voll zur Wirkung kam. Hier sind Maßnahmen im milchableitenden System erforderlich, um eine weitgehende Vakuumkonstanz an der Zitze zu erreichen, die u.a. von COWHIG 1968 (20), NYHAN 1968 (49), SCHMIDT et al 1963 (57), RABOLD 1966 (51), THIEL et al 1968 (74) und SCHMIDT 1971 (59) gefordert wird.

Mit zunehmender Vakuumhöhe wurde generell die Milchflußkurve verkürzt, was sich in niedrigeren Maschinenhauptmelkzeiten, in höheren Werten für das höchste und durchschnittliche Minutengemelk und in einem schnelleren Erreichen des höchsten Milchflusses niederschlug. Das bedeutet auch, daß sich der Hauptmilchfluß in die erste Hälfte der Milchflußkurve verlagerte. Den letzten Teil der Kurve bestimmten die unterschiedlichen Nennvakuumhöhen dagegen nur noch in geringem Maße.

Mit einem höheren Vakuum läßt sich also am Anfang des Melkvorganges wesentlich mehr Milch entziehen als mit einem niedrigen. Gegen Ende des Milchflusses scheint dann nur noch ein niedriges Vakuum notwendig zu sein, da nur noch wenig Milch nachfließt und die Zitze ausreichend konditioniert ist.

Die Auswirkungen auf Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit sind infolge der außerordentlich hohen Streuung der Werte nicht eindeutig zu beurteilen; die Ergebnisse des durchschnittlichen Minutenhauptgemelkes und des durchschnittlichen Minutengesamtgemelks deuten jedoch darauf hin, daß ein höheres Vakuum ein größeres Maschinennachgemelk verursacht und damit längere Maschinennachmelkzeiten hervorruft.

## 6. EINFLUSS DER PULSZAHL AUF DIE MILCHABGABE

Neben der Vakuumhöhe kommt der Pulszahl große Bedeutung zu, da sie die Zitze durch das zyklische Öffnen und Schließen des Zitzensgummis massiert, um die bekannten Folgen eines dauern einwirkenden Unterdrucks zu vermeiden. Bevor nun auf die Auswirkungen unterschiedlicher Pulszahlen auf die Merkmale der Melkbarkeit eingegangen wird, soll zunächst dargestellt werden, welchen Einfluß die Pulszahl auf das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze sowie auf die Länge der Milchflußphase bei steigendem Milchfluß ausübt. Dadurch wird die tatsächliche Vakuumapplikation am Euter beschrieben.

### 6.1 Betriebsvakuum und Milchflußphase in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Pulszahlen

Bei den Laboruntersuchungen zum Einfluß der Pulszahl auf das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze sowie auf die Länge der Milchflußphase wurde in der in Kapitel 5.1 beschriebenen Art und Weise gemessen. Das Betriebsvakuum wurde aber generell über vier Sekunden hinweg in Zehntel-Sekunden-Abständen vom Oszillogramm abgelesen und daraus der Mittelwert errechnet, da nun die Pulszahl pro Minute verändert wurde und mindestens zwei Pulsierungen erfaßt werden sollten. Parallel dazu wurde dem Meßschrieb die Länge der Milchflußphase durch Abmessen mit dem Lineal entnommen und in Beziehung zur Dauer eines Pulszyklus gesetzt.

Betrachtet man nun die Auswirkungen der Pulszahlen 30, 60, 90 und 120 DT/min bei jeweils gleichem Nennvakuum von 50 kPa und gleicher Saugphase von 60 % auf das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze, so ist festzustellen, daß dieses jeweils um 8 bis 10 kPa absank, wenn man den Milchfluß von 0 auf 5 l/min erhöhte. Die Schwankungsbreite, ausgedrückt in Minima und Maxima des Betriebsvakuums, nahm mit steigender Pulszahl leicht ab (Abbildung 30). Das Betriebsvakuum an der Zitze wird also in erster Linie von der Höhe des Milchflusses bestimmt.

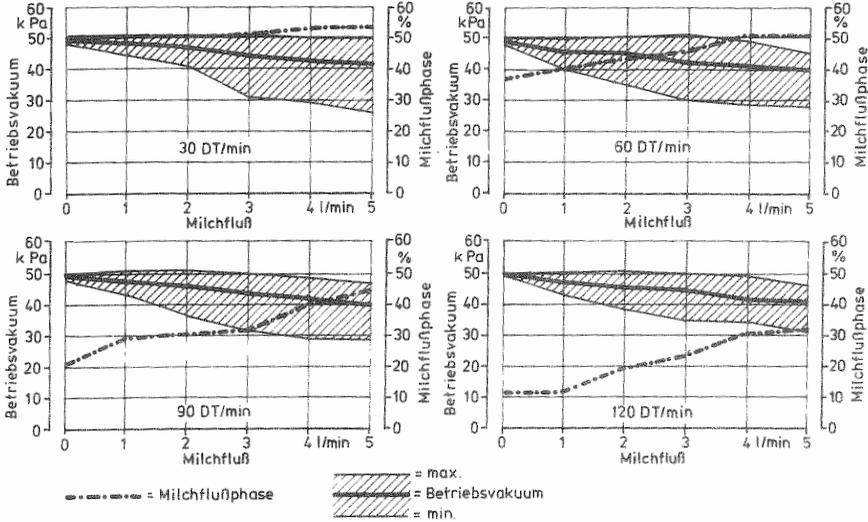


Abbildung 30 : Betriebsvakuum an der Zitzenspitze (kPa) und Milchflußphase (%) in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 %)

Dagegen stieg bei zunehmendem Milchfluß von 0 auf 5 l/min die Länge der Milchflußphase bei einer Pulszahl von :

- 30 DT/min von 50,7 auf 53,8 %,
- 60 DT/min von 37,0 auf 51,0 %,
- 90 DT/min von 21,2 auf 43,9 %,
- 120 DT/min von 12,0 auf 32,0 %.

Hierbei sind folgende Kriterien zu beachten :

1. Die Länge der Milchflußphase nimmt bei steigender Pulszahl sehr schnell ab, da der prozentuale Anteil von Evakuierungs- und Belüftungsphase an einem Pulszyklus zunimmt.
2. Die Länge der Milchflußphase nimmt bei steigendem Milchfluß zu, da das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze sinkt.

Der zunehmende Milchfluß ruft also hauptsächlich eine Verringerung des Betriebsvakuaums hervor. Die Länge der Milchflußphase

wird jedoch sowohl vom Milchfluß durch das sinkende Betriebsvakuüm als auch von der Pulszahl bestimmt. Dieser Sachverhalt mußte bei den Untersuchungen über den Einfluß der Pulszahl auf die einzelnen Kennwerte des Milchflusses der Kuh bzw. der Melkzeit berücksichtigt werden.

### 6.2 Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit

In praktischen Melkversuchen wurde der Einfluß der Pulszahlen 30, 60, 90 und 120 DT/min auf die Milchabgabe der Kuh untersucht. Von insgesamt 25 Kühen wurden die Milchflußkurven erfaßt und zur Auswertung herangezogen.

Bei diesen Untersuchungen wiesen die Kühe relativ niedrige Maschinenhauptgemelke auf; der Mittelwert pro Herde und Woche lag zwischen 6,55 und 4,57 kg. Er sank zudem während des Versuchszeitraums beim Übergang von 60 auf 90 DT/min von 5,18 auf 4,91kg ab (Abbildung 31 sowie Anhang-Tabelle 13). Das fortschreitende Laktationsstadium wirkte sich hier deutlich negativ auf die Milchmenge aus.

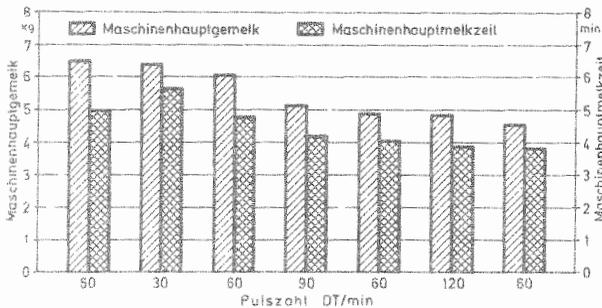


Abbildung 31 : Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 %)

Dieser laktationsbedingte Effekt sinkender Milchmengen trat auch bei der Maschinenhauptmelkzeit deutlich in Erscheinung; auch sie

wies, den relativ niedrigen Maschinenhauptmelken entsprechend, ebenfalls niedrige Durchschnittswerte zwischen 5,67 und 3,85 min auf. Für alle Tiere ergab sich bei der Verringerung der Pulszahl von 60 auf 30 DT/min eine signifikante Verlängerung der Maschinenhauptmelkzeit, die bei der Pulszahlerhöhung auf 60 DT/min wieder aufgehoben wurde. Die Maschinenhauptmelkzeit verkürzte sich weiter, wenn die Pulszahl auf 90 DT/min erhöht wurde. Diese Veränderung konnte jedoch nur bedingt der Pulszahl zugeschrieben werden, weil gleichzeitig das Maschinenhauptmelk in seiner Höhe abfiel. Eine Pulszahl von 120 DT/min zeigte im Vergleich zu 60 DT/min keinen signifikanten Unterschied in der Maschinenhauptmelkzeit (Anhang-Tabelle 14).

Aufgrund der sich verändernden Milchmenge der Tiere während des Versuchszeitraumes dürfen die Unterschiede zwischen den Maschinenhauptmelkzeiten in den einzelnen Versuchswochen nicht allein den Auswirkungen der unterschiedlichen Pulszahlen zugeschrieben werden; deshalb sind diese Veränderungen bei der multiplen Regressionsanalyse zu berücksichtigen und der Einfluß der Pulszahl auf die Maschinenhauptmelkzeit isoliert zu betrachten.

Aus der funktionalen Beziehung zwischen Pulszahl und Maschinenhauptmelkzeit geht unter Berücksichtigung der im Regressionsansatz aufgeführten Einflußgrößen hervor, daß 30 DT/min eine schlechtere durchschnittliche Milchabgabe gegenüber höheren Frequenzen zur Folge haben (Abbildung 32).

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen der Pulszahl und der Maschinenhauptmelkzeit für alle Tiere:

$$Y = - 0,388 - 0,156 \cdot x_1 - 0,077 \cdot x_2 - 0,016 \cdot x_3 - 1,559 \cdot x_4 + 1,878 \cdot x_5 + 1,833 \cdot \log x_6 + 78,591 \cdot \frac{1}{x_6}$$

t-Werte

x <sub>1</sub>	= Melkzeit (1,493)	- 2,278	
x <sub>2</sub>	= Alter (5,528)	- 6,424	n = 1792
x <sub>3</sub>	= Laktationsstadium (29,078)	- 6,017	B = 0,39
x <sub>4</sub>	= Gesamtgemelk (5,761)	- 12,139	F = 160,64
x <sub>5</sub>	= Maschinenhauptgemelk (5,496)	15,599	
x <sub>6</sub>	= Pulszahl log (30 - 120)	2,393	
x <sub>6</sub>	= Pulszahl 1/x (30 - 120)	4,374	

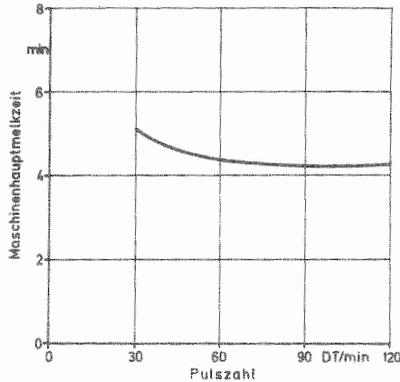


Abbildung 32 : Einfluß der Pulszahl auf die Maschinenhauptmelkzeit (50 kPa, 60 DT/min)

Die logarithmische und reziproke Transformation verdeutlichen, daß mit steigender Pulszahl deren Einfluß auf die Maschinenhauptmelkzeit wesentlich geringer wird. Eine deutliche Verkürzung der Maschinenhauptmelkzeit war nur beim Übergang von 30 auf 60 DT/min zu erzielen. Ein steigendes Maschinenhauptgemelk hatte eine Verlängerung, ein höheres Gesamtgemelk eine Verkürzung der Maschinenhauptmelkzeit zur Folge. Mit fortschreitendem Laktationsstadium und zunehmendem Alter sank die Maschinenhauptmelkzeit ebenfalls ab. Abends war die Maschinenhauptmelkzeit kürzer als morgens, weil die Tiere abends weniger Milch gaben. Das drückt auch die einfache Korrelation zwischen Melkzeit und Maschinenhauptgemelk ( $r = -0,224$ ) bzw. Hauptmelkzeit ( $r = -0,119$ ) aus. Durch die in den Regressionsansatz aufgenommenen Variablen wird die Zielgröße Maschinenhauptmelkzeit zu insgesamt 39 % erklärt.

Ein deutlicherer Zusammenhang zwischen Zielgröße und Variablen ergibt sich bei der Aufgliederung der Herde in leicht- (8 Kühe), normal- (9 Kühe) und schwermelkende Tiere (8 Kühe), wie die Bestimmtheitsmaße mit 55, 76 und 65 % beweisen (Abbildung 33 und Anhang S. 187).

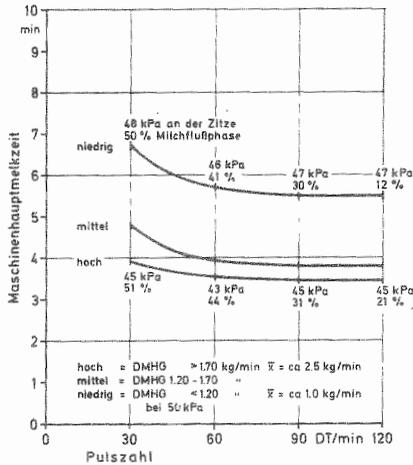


Abbildung 33 : Einfluß der Pulszahl auf die Maschinenhauptmelkzeit bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 %)

Der Einfluß der Pulszahl war bei schwermelkenden Tieren stärker ausgeprägt als bei Kühen mit hohem Milchfluß, allerdings auch nur im Bereich zwischen 30 und 60 DT/min. Nach Untersuchungen von THIEL et al 1966 (72) ist bekannt, daß der Milchfluß aus der Zitze bereits nach einer kurzen Phase konstanter Geschwindigkeit während eines Pulszyklus bei langer absoluter Dauer der Saugphase abnimmt. Bei normalen Frequenzen wird dagegen der Strichkanal periodisch geöffnet und geschlossen, bevor dieses Phänomen eintritt; bei extrem hohen Pulszahlen sorgt der Slow-Hysteresis-Effekt für eine zunehmende Ermüdung des Strichkanals und für einen geringeren Widerstand des Schließmuskels. Diese Ermüdung kompensiert sogar die deutlich abnehmende Länge der Milchflußphase, ist jedoch im Hinblick auf die Beziehung zur Eutergesundheit außerordentlich gefährlich.

Mit zunehmendem Alter gaben die Tiere mit hohem und mittlerem Milchfluß ihre Milch langsamer, die Kühe mit niedrigem Milchfluß dagegen schneller ab. Das fortschreitende Laktationsstadium

wirkte sich bei den leicht- und schwermelkenden Kühen beschleunigend auf die Milchabgabe aus. Bei den Kühen mit mittlerem Milchfluß erscheint der Faktor Laktationsstadium nicht im Regressionsansatz, da er mit dem Gesamtgemelk und dem Maschinenhauptgemelk mit  $r = -0,566$  bzw.  $r = -0,530$  korreliert und durch diese beiden Variablen bereits berücksichtigt ist. Der Regressionskoeffizient für das Gesamtgemelk weist zwar bei allen drei Gruppen ein negatives Vorzeichen auf, die Korrelationskoeffizienten sind jedoch positiv. Das Gesamtgemelk wirkt sich also wie das Maschinenhauptgemelk aus.

Insgesamt gesehen bewirkte die Erhöhung der Pulszahl von 30 auf 60 DT/min eine deutliche Verringerung der Maschinenhauptmelkzeit; eine weitere Steigerung der Pulszahl auf 90 und 120 DT/min brachte nicht den Erfolg einer schnelleren Milchabgabe.

### 6.3 Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit

Schon bei den Untersuchungen zum Einfluß der Vakuumhöhe auf die Milchabgabe in Kapitel 5.3 waren die Werte des Maschinennachgemelks und der Maschinennachmelkzeit breit gestreut. Diese Beobachtung wiederholte sich bei den Versuchen über den Einfluß der Pulszahl; auch hier wiesen Maschinennachgemelk und -nachmelkzeit große Streuungen auf, so daß sich zwar zwischen den einzelnen Versuchswochen Unterschiede der Mittelwerte andeuteten, diese sich aber nicht als signifikant nachweisen ließen (Abbildung 34 und Anhang-Tabellen 15 und 16).

Besonders bei 90 und 120 DT/min waren hohe Nachgemelke und lange Nachmelkzeiten zu finden, die auch bei 60 DT/min noch sehr hoch lagen. Dies ist, wie die Regressionsanalyse zeigt, in hohem Umfang auf das fortschreitende Laktationsstadium mit geringen Milchmengen zurückzuführen.

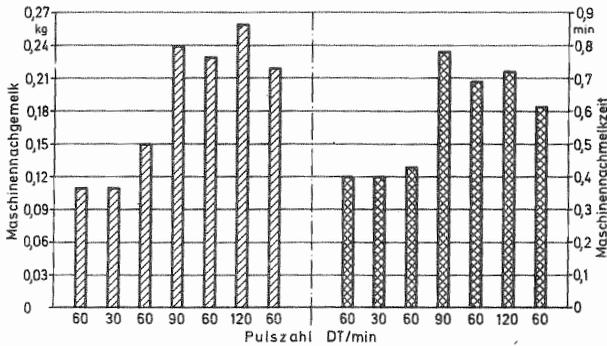


Abbildung 34 : Maschinennachgemelk und Maschinennachmelzeit bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 %)

#### 6.4 Durchschnittliches Minutengemelk

Auch die durchschnittlichen Minutenhaupt- und die durchschnittlichen Minutengesamtgemelke als ein Maßstab für die Milchabgabegeschwindigkeit wiesen bei der Betrachtung der Mittelwerte für die einzelnen Versuchsstufen relativ geringe Unterschiede auf (Abbildung 35 und Anhang-Tabellen 17 und 18).

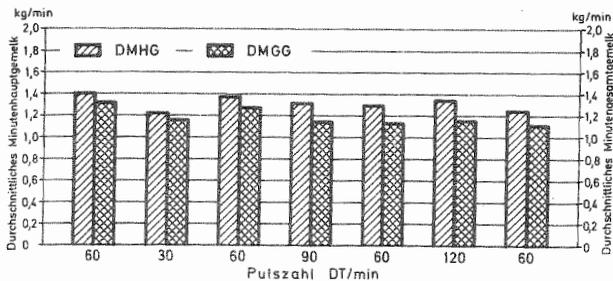


Abbildung 35 : Durchschnittliches Minutengemelk bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 %)

Lediglich bei einer Pulszahl von 30 DT/min lagen die Werte für das DMHG und das DMGG dicht beisammen, was auf ein geringes Nachmelken bei dieser Pulsfrequenz hinweist. Wurde die Pulszahl von 60 auf 90 DT/min erhöht, sank das durchschnittliche Minutengesamtgemelk bei leicht- und normalmelkenden Kühen ab, stieg jedoch bei der Umstellung auf den Ausgangswert von 60 DT/min nicht wieder signifikant an. Dies ist auf die abnehmenden Werte für das Maschinenhauptgemelk während der Versuchsperiode zurückzuführen.

Bei der Regressionsanalyse des Gesamtmaterials unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren Melkzeit, Alter, Laktationsstadium und Pulszahl wurde die Zielgröße durchschnittliches Minutenhauptgemelk nur zu 6 % erklärt; für das durchschnittliche Minutengesamtgemelk ließ sich keine Beziehung zur Pulszahl finden (Abbildung 36).

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Pulszahl und dem durchschnittlichen Minutenhauptgemelk bzw. dem durchschnittlichen Minutengesamtgemelk für alle Tiere:

DMHG:

$$y = 1,478 - 0,063 \cdot x_1 + 0,025 \cdot x_2 - 0,003 \cdot x_3 - 6,035 \cdot \frac{1}{x_4}$$

		t-Werte	
$x_1$	= Melkzeit (1,493)	- 3,365	
$x_2$	= Alter (5,528)	7,544	n = 1792
$x_3$	= Laktationsstadium (29,076)	- 5,774	B = 0,06
$x_4$	= Pulszahl $1/x$ (30 - 120)	- 4,687	F = 30,45

DMGG:

$$y = 1,189 \pm 0,364$$

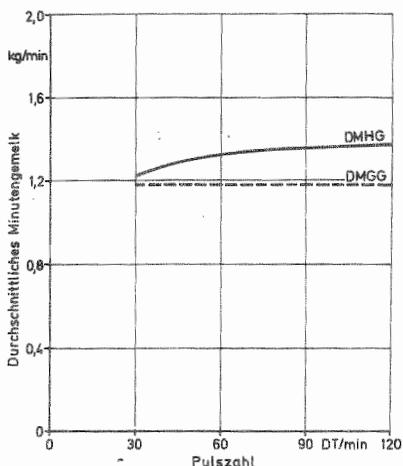


Abbildung 36 : Einfluß der Pulszahl auf das durchschnittliche Minutengemelk (50 kPa, 60 %)

Wie die graphische Darstellung erkennen läßt, liegen das durchschnittliche Minutenhaupt- und -gesamtgemelk zunächst eng beieinander, das Nachmelken macht sich nur geringfügig bemerkbar. Mit zunehmender Pulszahl steigt die DMHG-Kurve leicht an, während das DMGG konstant bleibt; der wachsende Abstand zwischen beiden Kennwerten deutet auf ein verstärktes Nachmelken bei höherer Pulszahl hin.

Mit fortschreitendem Alter nahm das durchschnittliche Minutengemelk zu, mit höherem Laktationsstadium dagegen ab. Das DMHG wies am Morgen höhere Werte auf, da die Tiere in der Regel abends weniger Milch gaben und damit auch schneller ausgemolken waren.

Die gruppenweise Aufteilung der Herde nach ihrem Milchflußverhalten erlaubt weitere Aussagen über das Nachmelken (Abbildung 37 und Anhang Seite 188).

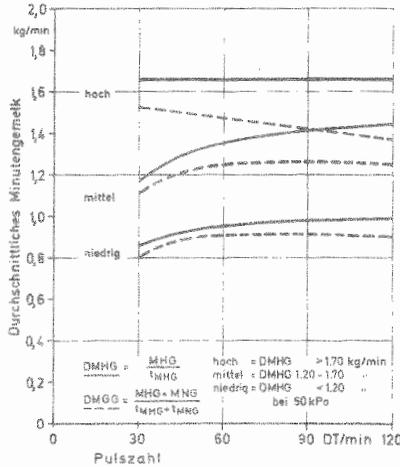


Abbildung 37 : Einfluß der Pulszahl auf das durchschnittliche Minutengemelk bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 %)

Leichtmelkende Kühe reagierten bei gesteigerter Pulsfrequenz nicht mit einer Veränderung des Hauptmilchflusses, wohl aber wurden Maschinennachgemelk und -nachmelkzeit erhöht, was sich mit der im Verhältnis zur bereitstehenden Milch zu kurzen Milchflußphase erklären läßt und sich in abnehmenden Werten für das durchschnittliche Minutengesamtgemelk bemerkbar machte. Tiere mit mittlerem Milchflußverhalten benötigten eine gewisse Konditionierung des Schließmuskels und zeigten ebenfalls steigende Nachmelkzeiten und ein erhöhtes Nachgemelk. Bei schwermelkenden Tieren fand sich der gleiche Trend in abgeschwächter Form.

Insgesamt gesehen erklären die einzelnen Variablen Pulszahl, Laktationsstadium, Alter und Melkzeit die beiden Zielgrößen nur in geringem Umfang; die Bestimmtheitsmaße zeigen bei den drei Gruppen folgende Werte :

	DMHG	DMGG
- Tiere mit hohem Milchfluß	26 %	26 %
- Tiere mit mittl.Milchfluß	14 %	15 %
- Tiere mit niedr.Milchfluß	14 %	15 %

Die Reststreuungen der Zielgrößen sind durch diese Regressionsansätze nicht zu erklären, hierfür müssen anderweitige Faktoren verantwortlich sein, die vom Tier oder der Umwelt her die durchschnittlichen Minutengemelke bestimmen.

Der Verlauf der Kurven für das durchschnittliche Minutenhauptgemelk und das durchschnittliche Minutengesamtgemelk zeigen durch ihren zunehmenden Abstand an, daß bei höheren Pulszahlen mehr nachgemolken wurde. Die beiden Zielgrößen DMHG und DMGG werden durch die Variablen jedoch nur in geringem Umfang erklärt.

### 6.5 Höchstes Minutengemelk

Ein wesentlich deutlicherer Einfluß der Pulszahl läßt sich feststellen, wenn man deren Auswirkung auf das höchste Minutengemelk in Betracht zieht (Abb. 38).

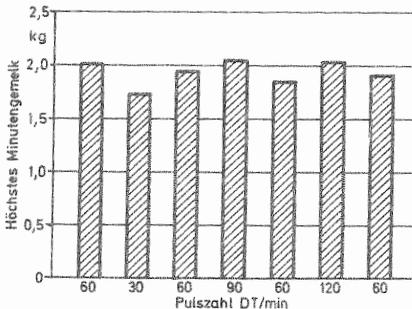


Abbildung 38 : Höchstes Minutengemelk bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 % )

Wurde die Pulszahl von 60 auf 30 DT/min reduziert, so sank demnach das höchste Minutengemelk ab und stieg beim Übergang auf den Ausgangswert von 60 DT/min wieder an. Die Erhöhung der Pulsfrequenz auf 90 DT/min führte zu einem weiteren Anstieg der Kenngröße. 120 DT/min bewirkten keine Verbesserung des höchsten Minutengemelkes mehr. Diesen Verlauf verdeutlicht auch die gruppenweise Aufteilung der Kühe nach ihrer Milchflußintensität (Anhang-Tabelle 17). Nur beim Übergang von 60 auf 90 DT/min bei leichtmelkenden und von 120 auf 60 DT/min bei schwermelkenden Tieren zeigte sie keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten.

Durch die im Regressionsansatz genannten Einflußfaktoren läßt sich der in Abbildung 39 dargestellte Zusammenhang zwischen Pulszahl und höchstem Minutengemelk herstellen.

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen der Pulszahl und dem höchsten Minutengemelk für alle Tiere :

$$y = 1,175 + 0,033 \cdot x_1 + 0,243 \cdot x_2 - 0,297 \cdot x_3 + 0,313 \cdot \log x_4$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,528)	12,111	
$x_2$	= Maschinenhauptgemelk (5,496)	44,421	n = 1792
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (4,477)	-56,878	B = 0,71
$x_4$	= Pulszahl log (30-120)	6,770	F = 1100,84

Das höchste Minutengemelk kletterte bei steigender Pulszahl trotz abnehmender Milchflußphase (siehe Kapitel 6.1) kurvilinear von durchschnittlich 1,83 auf 2,01 kg ( $r = + 0,161$ ). In wesentlich größerem Umfang wurde es von der Maschinenhauptmelkzeit bestimmt ( $r = -0,579$ ). Höhere Maschinenhauptgemelke wiederum ließen das höchste Minutengemelk ansteigen ( $r = + 0,201$ ). Ältere Tiere erreichten durchweg höhere Kennwerte als junge; dies geht aus der Korrelation zwischen Alter und höchstem Minutengemelk von  $r = + 0,327$  hervor. Hier darf man jedoch die Korrelation der Variablen untereinander nicht außer Acht lassen. Sie treten auf zwischen :

- Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit  $r = + 0,520$
- Pulszahl und Maschinenhauptmelkzeit  $r = - 0,254$
- Laktationsstadium und Maschinenhauptgemelk  $r = - 0,588$
- Laktationsstadium und Maschinenhauptmelkzeit  $r = - 0,355$
- Alter und Maschinenhauptmelkzeit  $r = - 0,156$

Insgesamt erklären die in den Regressionsansatz aufgenommenen Variablen die Zielgröße zu 71 %; der hohe F-Wert bestätigt den höchstsignifikanten Zusammenhang zwischen dem höchsten Minutenmelk und den Variablen.

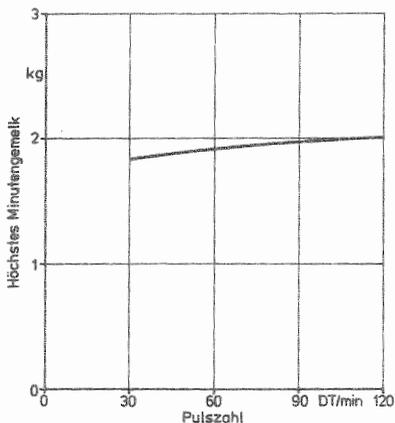


Abbildung 39 : Einfluß der Pulszahl auf das höchste Minutenmelk (50 kPa, 60 % )

Diese Auswirkung der Pulszahl und der übrigen Einflußfaktoren ist auch bei der Aufgliederung in Tiere mit hohem, mittlerem und niedrigem Milchfluß festzustellen (Abbildung 40 und Anhang S. 190).

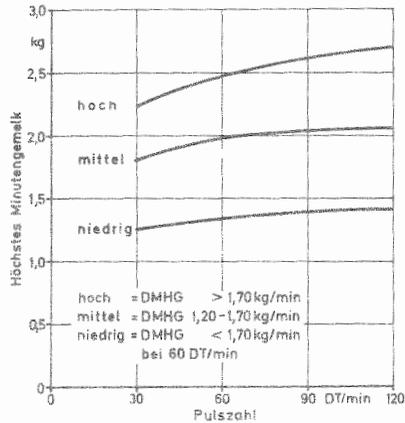


Abbildung 40 : Einfluß der Pulszahl auf das höchste Minutengemelk bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 %)

Leichtmelkende Kühe wiesen bei steigender Pulszahl eine wesentlich stärkere Erhöhung des Minutengemelks auf als schwermelkende. Der stärkere Schließmuskel schien bei den Tieren mit niedrigem Milchfluß höhere Werte zu verhindern; bei leichtmelkenden Kühen dürfte dagegen der Schließmuskel bereits so gut konditioniert gewesen sein, daß die Milch auch bei nicht maximal geöffnetem Strichkanal zügig nachfließen konnte.

#### 6.6 Zeit bis zum höchsten Milchfluß

Abbildung 41 zeigt die Zusammenhänge zwischen Pulszahl und der Zeit bis zum Erreichen des höchsten Milchflusses.

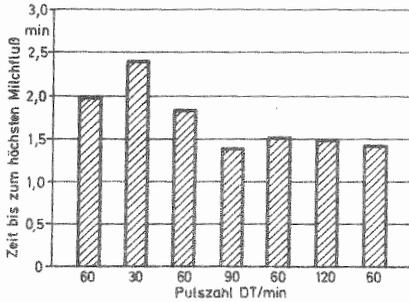


Abbildung 41 : Zeit bis zum höchsten Milchfluß bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 %)

Bei der Gesamtherde wurde demnach mit 60 DT/min der höchste Milchfluß wesentlich früher erreicht als mit 30 DT/min. Die Zeitspanne ließ sich weiter verkürzen, wenn die Pulsfrequenz auf 90 DT/min erhöht wurde; bei den folgenden Versuchsvarianten von 60 und 120 DT/min blieb sie dann annähernd gleich. Hier darf man jedoch nicht außer Acht lassen, daß in diesem Versuchszeitraum die Milchmenge laktationsbedingt gesunken war und die Zeit bis zum höchsten Milchfluß auch durch diesen Tatbestand bestimmt wurde.

Berücksichtigt man nun die Einflußfaktoren Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptmelk und -hauptmelkzeit, ergibt sich der in Abbildung 42 dargestellte Zusammenhang.

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen der Pulszahl und der Zeit bis zum höchsten Milchfluß für alle Tiere :

$$y = 0,272 - 0,062 \cdot x_1 - 0,003 \cdot x_2 + 0,364 \cdot x_3 + 13,842 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$	= Alter (5,528)	- 8,625	
$x_2$	= Laktationsstadium (29,078)	- 2,346	n = 1792
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (4,477)	28,493	B = 0,44
$x_4$	= Pulszahl 1/x (30-120)	4,883	F = 351,04

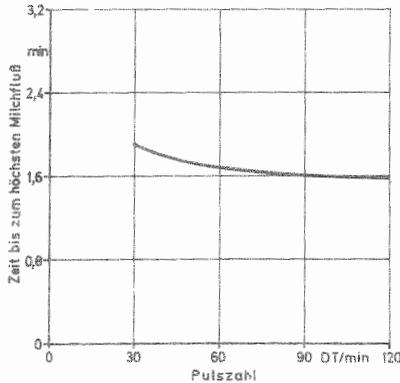


Abbildung 42 : Einfluß der Pulszahl auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß (50 kPa, 60 %)

Durch die reziproke Transformation kommt der Einfluß der Pulszahl im Bereich von 30 bis 60 DT/min deutlich zur Geltung. Eine Erhöhung auf 90 und 120 Doppeltakte brachte nur noch eine minimale Verkürzung der Zeit bis zum höchsten Milchfluß. Mit zunehmendem Alter und fortschreitendem Laktationsstadium erreichten die Kühe den höchsten Milchfluß schneller, mit längeren Maschinenhauptmelkzeiten dagegen wesentlich langsamer.

Die Unterteilung der Herde in Kühe mit hohem, mittlerem und niedrigem Milchfluß zeigt unterschiedliche Auswirkungen der Pulszahl auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß (Abbildung 43 sowie Anhang S. 191).

Bei den leichtmelkenden Tieren war kein Einfluß der Pulszahl auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß festzustellen. Der höchste Wert wurde jeweils nach  $1,224 \pm 0,625$  min erreicht. Die Zielgröße ist durch die Melkzeit, das Alter und die Maschinenhauptmelkzeit zu 15,6 % erklärt. Tiere mit mittlerem Milchfluß erreichten beim Übergang von 30 auf 60 DT/min ihren höchsten Milchfluß früher; bei einer weiteren Steigerung auf 90 bzw. 120 Doppeltakte ließ sich diese Zeitspanne nur noch geringfügig verkürzen. Denn dann sank die Länge der Milchflußphase so weit ab, daß die

Erhöhung der Pulszahl kaum einen Erfolg zeigte.

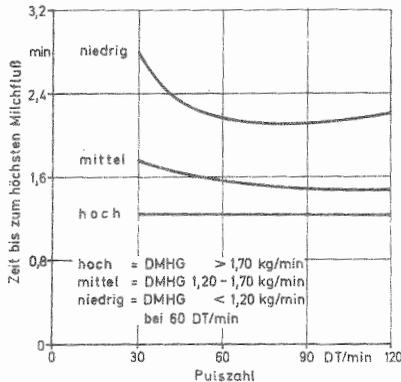


Abbildung 43 : Einfluß der Pulszahl auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 %)

Schwermelkende Tiere benötigten bei 30 DT/min die längste Zeit, um zum höchsten Milchfluß zu gelangen. Bei 60 und 90 DT/min lag dieser Wert deutlich niedriger und stieg bei 120 DT/min wieder leicht an. Bei niedrigen Pulszahlen fiel der Milchfluß innerhalb eines Pulszyklus ab und verhinderte so den vollen Milchfluß; dagegen sank bei hohen Pulszahlen die Milchflußphase stark ab und ließ das Vakuum, das in der Saugphase die Milch entzieht, nicht voll zur Wirkung kommen. Die Variablen erklären die Zielgröße in den beiden letztgenannten Fällen zu 41 und 45 %, der Regressionsansatz weist für alle Tiere ein Bestimmtheitsmaß von 44 % auf. Es müssen also Faktoren wirksam gewesen sein, die nicht erfaßt wurden, aber den beginnenden Milchfluß bis zu seinem höchsten Wert außerordentlich beeinflussten. Darauf deuten auch die hohen Standardabweichungen der Mittelwerte für das höchste Minutengemerk jeder Versuchsvariante und Kuhgruppe hin.

Die Zeitspanne bis zum höchsten Milchfluß wurde durch die steigende Pulszahl besonders im Bereich von 30 bis 60 DT/min bei Kühen mit einem mittleren Milchfluß leicht, bei schwermelkenden Tieren stark verkürzt, während dieser Kennwert bei leichtmelkenden Tieren nicht beeinflusst wurde.

### 6.7 Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit

Der Einfluß der Pulszahl auf das höchste Minutengemelk und auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß wird auch durch die Veränderungen der prozentualen Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bestätigt (Abbildung 44), wobei die Auswirkungen der Pulszahl ebenfalls relativ gering sind.

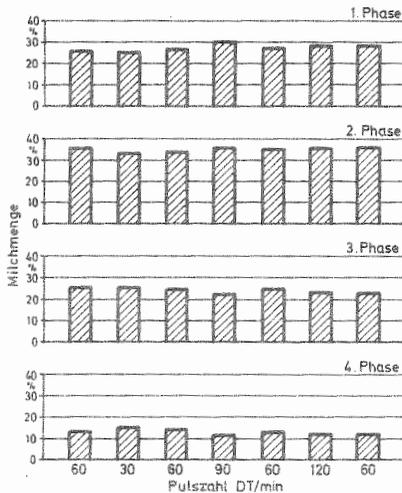


Abbildung 44 : Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 %)

Beim Gesamtmaterial verursachte lediglich die Pulszahl von 90 DT/min eine geringe Verschiebung innerhalb der Milchflußkurve. So wurde in den beiden ersten Phasen mehr, in den beiden letzten weniger Milch entzogen als bei den übrigen Pulsfrequenzen.

Deutlichere Unterschiede lassen sich dagegen beim nach der Milchflußintensität gruppierten Datenmaterial feststellen (Tabelle 6 und Anhang-Tabellen 21 - 24), wobei die drei Tiergruppen ähnlich reagierten, die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten jedoch nicht immer signifikant waren.

Tabelle 6 : Mittelwerte der prozentualen Milchmengen in den vier Phasen der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  = %)

Pulszahl (DT/min)	1. Phase	2. Phase	3. Phase	4. Phase
Kühe mit hohem Milchfluß :				
60	24,54	37,35	26,34	11,75
30	25,99	34,56	25,75	13,68
60	27,25	36,52	23,85	12,37
90	32,00	37,63	20,64	9,71
60	27,05	36,61	24,72	11,61
120	31,74	38,38	20,47	9,39
60	30,31	38,19	20,87	10,61
Kühe mit mittlerem Milchfluß :				
60	25,90	34,71	25,41	13,96
30	25,32	32,93	26,12	15,60
60	26,60	33,34	25,18	14,86
90	30,62	35,33	22,48	11,55
60	26,84	35,01	24,86	13,27
120	27,45	36,51	24,17	11,86
60	27,74	36,83	23,13	12,28
Kühe mit niedrigem Milchfluß :				
60	26,48	33,66	25,43	14,42
30	24,25	32,38	27,35	16,01
60	26,03	32,88	25,80	15,26
90	29,22	34,07	23,59	13,09
60	26,25	33,40	25,74	14,59
120	27,50	33,97	24,19	14,33
60	26,20	34,11	24,74	14,92

Eine steigende Pulszahl führte bei allen drei Gruppen (hoher, mittlerer, niedriger Milchfluß) in der ersten Hälfte der Maschinenhauptmelkzeit (1. und 2. Phase) zu größeren prozentualen Milchmengen und dementsprechend zu niedrigeren in der zweiten Hälfte (3. und 4. Phase). Auch hier wurden die Mittelwerte

pro Phase und Tiergruppe von hohen Standardabweichungen geprägt, die den Verlauf der Milchflußkurve charakterisierten. In der ersten Phase war der Anstieg der Milchflußkurve uneinheitlich. Danach erreichte sie ihre volle Höhe, die sie eine gewisse Zeit beibehielt. Im dritten Abschnitt fiel die Milchflußkurve wieder ab.

Die Regressionsanalyse ergibt bei Berücksichtigung der übrigen erfaßten Einflußgrößen den in Abbildung 45 dargestellten Zusammenhang.

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Pulszahl und der prozentualen Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit für alle Tiere:

1. Phase:

$$y = 9,178 + 0,977 \cdot x_1 - 0,029 \cdot x_2 - 1,251 \cdot x_3 + 1,217 \cdot x_4 + 8,353 \cdot \log x_5$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,528)	15,482	
$x_2$	= Laktationsstadium (29,078)	- 2,121	n = 1792
$x_3$	= Maschinenhauptgemelk (5,496)	- 8,621	B = 0,17
$x_4$	= Maschinenhauptmelkzeit (4,477)	10,143	F = 74,51
$x_5$	= Pulszahl log (30-120)	7,842	

2. Phase:

$$y = 32,299 + 0,177 \cdot x_1 + 0,044 \cdot x_2 - 0,760 \cdot x_3 + 2,198 \cdot \log x_4$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,528)	3,889	
$x_2$	= Laktationsstadium (29,078)	5,150	n = 1792
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (4,477)	- 9,417	B = 0,12
$x_4$	= Pulszahl log (30 - 120)	2,884	F = 60,91

3. Phase:

$$y = 37,753 - 0,823 \cdot x_1 + 1,097 \cdot x_2 - 0,844 \cdot x_3 - 6,155 \cdot \log x_4$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,528)	-15,401	
$x_2$	= Maschinenhauptgemelk (5,496)	-10,336	n = 1792
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (4,477)	- 8,331	B = 0,17
$x_4$	= Pulszahl log (30-120)	- 6,851	F = 91,44

4. Phase:

$$y = 19,375 - 0,332 \cdot x_1 + 0,276 \cdot x_2 + 0,379 \cdot x_3 - 4,231 \cdot \log x_4$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,528)	-7,674	
$x_2$	= Maschinenhauptgemelk (5,496)	3,217	n = 1792
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (4,477)	4,626	B = 0,11
$x_4$	= Pulszahl log (30-120)	-5,822	F = 53,10

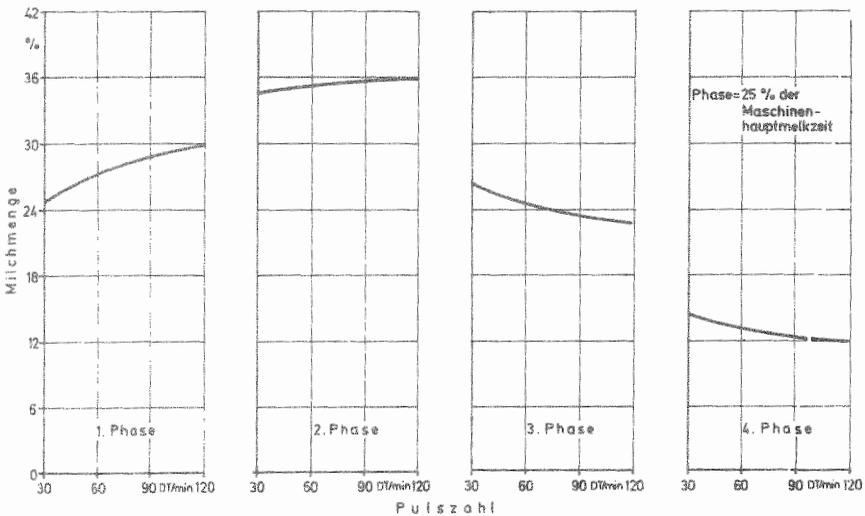


Abbildung 45 : Einfluß der Pulszahl auf die zeitliche Verteilung des Maschinenhauptgemelks in den einzelnen Phasen der Maschinenhauptmelkzeit (50 kPa, 60 %)

Mit zunehmender Pulszahl stieg die prozentuale Milchmenge in der ersten Phase stärker, in der zweiten schwächer an, wobei die logarithmische Transformation der Werte den abnehmenden Ef-

fekt einer Pulszählerhöhung aufzeigt. Im dritten und vierten Abschnitt verlor die prozentuale Milchmenge dementsprechend an Höhe. Bei allen vier Regressionsansätzen sind die Bestimmtheitsmaße relativ gering, die Variablen erklären die Zielgröße nur zu einem geringen Teil.

Ein deutlicherer Zusammenhang zwischen der Milchmenge pro Phase und den Einflußfaktoren, besonders der Pulszahl, ergibt sich wieder durch die Aufspaltung der Herde in leicht-, normal- und schwermelkende Tiere (Abbildung 46 und Anhang S. 192).

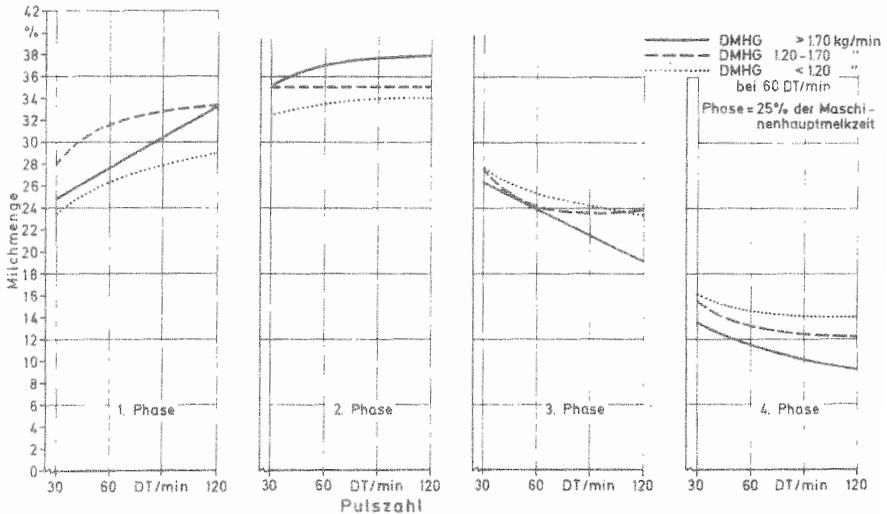


Abbildung 46 : Einfluß der Pulszahl auf die zeitliche Verteilung des Maschinenhauptgmelks in den einzelnen Phasen der Maschinenhauptmelkzeit bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 %)

Unmittelbar nach dem Ansetzen des Melkzeugs sorgte eine erhöhte Pulszahl durch den "Weichmachereffekt" der Pulsierung generell für eine Milchflußsteigerung. Die t-Werte zeigen den höchstsignifikanten Einfluß der Pulszahl an. In der zweiten Phase dagegen

unterschieden sich die Auswirkungen der verschiedenen Pulszahlen nicht deutlich. Bei Tieren mit mittlerem Milchfluß war kein Einfluß der Pulsfrequenz nachzuweisen. Leicht- und schwermelkenden Kühen wurde im Bereich von 30 bis 60 DT/min mehr Milch entzogen; höhere Pulszahlen hatten keine wesentlichen Auswirkungen mehr. In der dritten Phase nahm die prozentuale Milchmenge unterschiedlich stark ab; die einzelnen Kurven verliefen wie im ersten Abschnitt, jedoch analog umgekehrt. Die Milchmenge, die in der ersten Phase ermolken wurde, stammte also hauptsächlich aus der dritten Phase. Am Ende der Maschinenhauptmelkzeit sank dann die prozentuale Milchmenge bei leichtmelkenden Tieren weiter stark ab; bei Tieren mit mittlerem und niedrigem Milchfluß plant die Kurve mit steigender Pulszahl langsam aus, höhere Pulszahlen wirkten sich hier nur noch geringfügig aus.

Die Aufteilung der Herde in drei Gruppen liefert einen deutlicheren Zusammenhang zwischen der Zielgröße prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit und den einzelnen Einflußgrößen, besonders in den Regressionsansätzen für die erste und dritte Phase. Der Einfluß der Variablen auf die Zielgröße verläuft analog wie beim Gesamtmaterial.

Eine Erhöhung der Pulszahl von 30 auf 120 DT/min führte insgesamt gesehen hauptsächlich zu einer Verlagerung der Milchmenge von der dritten in die erste Phase, also an den Anfang der Milchflußkurve; diese Verschiebung des zeitlichen Anfalls der Milchmenge war am deutlichsten bei den leichtmelkenden Kühen ausgeprägt.

#### 6.8 Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit

Über den Zusammenhang zwischen der Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit und den verschiedenen hohen Pulszahlen läßt sich folgende Aussage treffen (Abbildung 47):

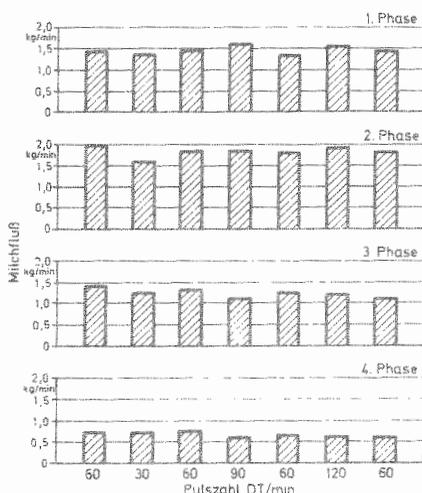


Abbildung 47 : Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Pulszahlen (50 kPa, 60 %)

30 Doppeltakte pro Minute verursachten hauptsächlich in der zweiten und auch in der dritten Phase der Maschinenhauptmelkzeit eine geringere Milchflußgeschwindigkeit als 60 DT/min. Pulszahlen von 90 und 120 DT/min führten dagegen in der ersten Phase zu einer höheren Milchflußgeschwindigkeit. In der dritten und vierten Phase unterschieden sich die Milchflußgeschwindigkeiten nur noch geringfügig.

Die bewährte Aufgliederung der Herde in drei Tiergruppen mit unterschiedlichem Milchflußverhalten zeigt, daß besonders Leichtmelkende Kühe in der ersten Phase in ihrer Milchflußgeschwindigkeit positiv auf steigende Pulszahlen reagierten (Abbildung 48). Ansonsten verhielten sich die Gruppen über alle vier Phasen analog zum Gesamtmaterial.

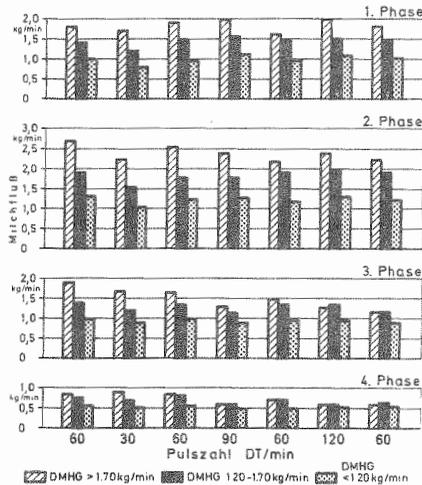


Abbildung 48 : Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Pulszahlen und Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 %)

Die durchschnittliche Milchflußgeschwindigkeit lag - bedingt durch niedrige Milchmengen während dieses Versuchszeitraumes - relativ niedrig, verhielt sich aber ähnlich wie bei den Untersuchungen zum Einfluß der Vakuumhöhe.

Während sich die drei Tiergruppen in der ersten, zweiten und dritten Phase noch deutlich in ihrer Milchflußgeschwindigkeit voneinander unterschieden, lagen sie im letzten Abschnitt mit ihren Werten sehr niedrig und sehr eng beisammen. Höhere Milchflußgeschwindigkeiten konnten nicht mehr erzielt werden, da in allen Fällen nur noch eine begrenzte Menge Milch im Euter vorhanden war, die zudem nur noch langsam nachfloß.

Da die Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit eine abgeleitete Größe aus den Mittelwerten von Maschinenhauptmelk und Maschinenhauptmelkzeit ist, wird hier keine Regressionsanalyse durchgeführt.

Die Milchflußgeschwindigkeit ließ sich also insgesamt gesehen bei der Erhöhung der Pulszahl von 30 auf 120 DT/min am Anfang des Milchentzuges, besonders bei leichtmelkenden Kühen, deutlich erhöhen. Dieser milchflußbeschleunigende Effekt höherer Pulszahlen verringerte sich jedoch gegen Ende der Maschinenhauptmelkzeit, wo der Milchfluß niedrige Werte aufwies und sich zwischen den einzelnen Tiergruppen nur noch geringfügig unterschied.

Zusammenfassend lassen sich zum Einfluß unterschiedlicher Pulszahlen auf das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze, auf die Länge der Milchflußphase und auf die einzelnen Merkmale der Melkbarkeit folgende Aussagen treffen: Unterschiedliche Pulszahlen beeinflussen das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze nicht; nur der zunehmende Milchfluß führt hier zu Vakuumsenkungen. Steigende Pulsfrequenzen verringern jedoch die Länge der Milchflußphase. Diese Wirkung kommt allerdings nicht voll zum Tragen, da durch den schnellen Wechsel von Saug- und Entlastungsphase der Strichkanal den Bewegungen des Zitzengummis nicht mehr folgen kann und nahezu dauernd geöffnet bleibt.

Ein eindeutig negativer Effekt auf die Milchabgabe der Kuh war bei der Pulszahl von 30 DT/min gegenüber 60 DT/min zu verzeichnen. Dies schlug sich in längeren Maschinenhauptmelkzeiten, niedrigeren durchschnittlichen bzw. höchsten Minutengemelken, längeren Zeiten bis zum Erreichen des höchsten Milchflusses und in verringerten Milchflußgeschwindigkeiten zu Beginn des Milchentzuges nieder. Demgegenüber lagen aber die Werte für das durchschnittliche Minutengesamtgemelk und das durchschnittliche Minutenhauptgemelk bei der Pulszahl von 30 DT/min eng beisammen, was auf geringe Maschinennachgemelke und kurze Maschinennachmelkzeiten hinweist. Eine Steigerung der Pulszahl über 60 DT/min auf 90 und 120 DT/min zeigte nur bei leichtmelkenden Tieren eine positive Wirkung auf die Milchabgabegeschwindigkeit; hier schien die Zitze von vornherein eine bessere Konditionierung aufzuweisen. Allerdings nahmen bei diesen Tieren mit steigender Pulszahl Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit zu. Bei den übrigen Tieren veränderten sich die Merkmale der Melkbarkeit nur noch geringfügig, wenn die Pulszahl über 60 DT/min hinaus erhöht wurde.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß eine Pulszahl im Bereich um 60 DT/min als ausreichend betrachtet werden kann.

## 7. EINFLUSS DER LÄNGE DER SAUGPHASE AUF DIE MILCHABGABE

Als dritter und letzter Parameter stand nach der Vakuummhöhe und der Pulszahl die Saugphase im Mittelpunkt der Untersuchungen. Auch hier wurden zunächst in einem Vorversuch bei Saugphasen von 20, 40, 60 und 80 % das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze und die Länge der Milchflußphase in Abhängigkeit vom Milchfluß gemessen, bevor der Einfluß der Saugphasenlänge auf die Merkmale der Melkbarkeit behandelt wurde.

### 7.1 Betriebsvakuum und Milchflußphase in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Saugphasenlängen

Bei den Laboruntersuchungen zum Einfluß der Länge der Saugphase auf das Betriebsvakuum an der Zitze sowie auf die Länge der Milchflußphase bei gleicher Pulszahl von 60 U/min und gleichem Nennvakuum von 50 kPa wurde wiederum nach der in Kapitel 5.1 beschriebenen Art und Weise gemessen und ausgewertet.

Stieg der Milchfluß von 0 auf 5 l/min, so sank das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze unter die am Regelventil eingestellte Nennvakuumhöhe von 50 kPa (Abbildung 49):

- um 5 kPa bei 20 % Saugphase,
- um ca. 10 kPa bei 40, 60 und 80 % Saugphase.

Bei einer Saugphase von 20 % ist ein Milchfluß von mehr als 2 l/min unrealistisch, da der Zitzengummi sich nur extrem kurz öffnet und so einen höheren Milchfluß nicht zuläßt. So hängt auch hier, wie bei der Pulszahl, das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze in erster Linie vom Milchfluß ab.

Steigende Saugphasenlängen und der zunehmende Milchfluß wirken sich deutlich auf die Milchflußphase aus. Bei einer 20 %igen Saugphase öffnet sich der Zitzengummi nicht mehr bis zur Hälfte; es kommt zwar dennoch ein Milchfluß zustande, aber unter diesen Bedingungen wird die Milch dem Euter extrem langsam entzogen. Die Länge der Milchflußphase stieg in Abhängigkeit vom Milchfluß

- bei 40 % Saugphase von 15 auf 26 %,
- bei 60 % Saugphase von 37 auf 51 %,
- bei 80 % Saugphase von 62 auf 67 %.

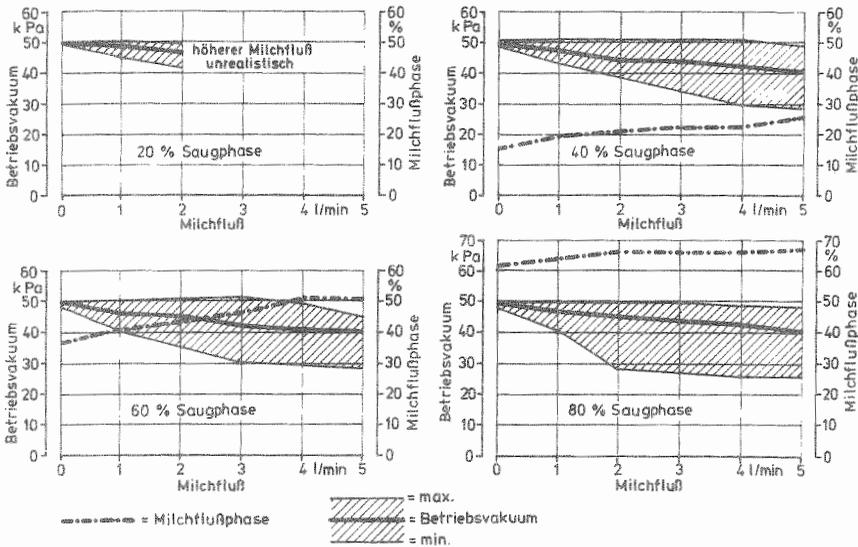


Abbildung 49 : Betriebsvakuum an der Zitzenspitze (kPa) und Milchflußphase (4) in Abhängigkeit vom Milchfluß bei verschiedenen Saugphasen (50 kPa, 60 DT/min)

Die Veränderungen der Werte von Betriebsvakuum und Milchflußphase erfolgte nicht linear, da sich die Strömungsverhältnisse im milchableitenden System bei bestimmten Bedingungen sprunghaft verändern. Davon rühren auch die unterschiedlichen Streubereiche her. Mit zunehmender Saugphase verlängerte sich also die Milchflußphase, ohne aber die volle Länge der Saugphase zu erreichen. Die Verlängerung der Milchflußphase mit steigendem Milchfluß wurde hauptsächlich durch das sinkende Betriebsvakuum an der Zitzenspitze hervorgerufen.

Der Milchfluß bestimmt also in erster Linie das durchschnittliche Betriebsvakuum an der Zitzenspitze; die Länge der Milch-

flußphase reagiert sowohl indirekt auf Änderungen des Milchflusses als auch direkt auf Änderungen der Saugphasenlänge.

## 7.2 Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit

Nach diesem Laborversuch wurde in praktischen Melkversuchen der Einfluß der Saugphase 20, 40, 60 und 80 % auf die Milchabgabe der Kuh untersucht. Von insgesamt 28 Kühen wurden die Milchflußkurven erfaßt und zur Auswertung herangezogen.

Bei den Untersuchungen zum Einfluß der Saugphasenlänge auf die Milchabgabe der Kuh ergaben sich im Hinblick auf das Maschinenhauptgemelk nur wenige signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchswochen, wie aus Abbildung 50 und Anhang-Tabelle 25 ersichtlich ist. Ein Einfluß der Saugphasenlänge auf die Milchmenge ließ sich nicht feststellen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten waren hauptsächlich auf die unterschiedlichen Laktationsstadien der Tiere zurückzuführen.

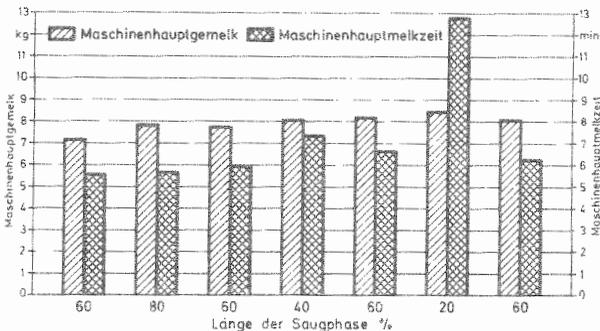


Abbildung 50 : Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Saugphasenlängen (50 kPa, 60 DT/min)

Dagegen zeigten sich bei der Betrachtung der Maschinenhauptmelkzeit (Abbildung 50, Anhang-Tabelle 26) deutlichere Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten. Besonders bei den kur-

zen Saugphasen mit 40 bzw. 20 % war jeweils eine starke Verlängerung der Hauptmelkzeit festzustellen. Die 80 %ige Saugphase unterschied sich in ihrer Auswirkung nicht von der bei 60 %.

Diese Tendenz spiegelt sich auch unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren Alter, Laktationsstadium, Gesamtgemelk und Maschinenhauptgemelk in Abbildung 51 wieder.

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen der Länge der Saugphase und der Maschinenhauptmelkzeit für alle Tiere:

$$y = - 2,947 - 0,175 \cdot x_1 + 0,009 \cdot x_2 - 0,592 \cdot x_3 + 1,160 \cdot x_4 + 0,029 \cdot x_5 + 215,036 \cdot \frac{1}{x_5}$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,353)	- 9,991	
$x_2$	= Laktationsstadium (19,246)	2,140	
$x_3$	= Gesamtgemelk (8,459)	- 3,692	
$x_4$	= Maschinenhauptgemelk (8,236)	7,491	n = 1811
$x_5$	= Saugphase (20 - 80)	3,637	B = 0,58
$x_5$	= Saugphase 1/x (20 - 80)	18,013	F = 422,83

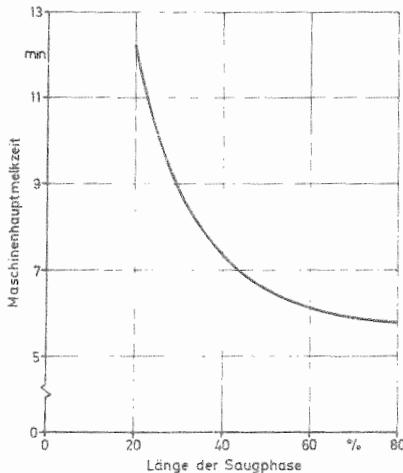


Abbildung 51 : Einfluß der Saugphasenlänge auf die Maschinenhauptmelkzeit (50 kPa, 60 DT/min)

Mit zunehmender Länge der Saugphase von 20 bis 80 % sank die Maschinenhauptmelkzeit von durchschnittlich 12,16 min kurvilinear auf 5,82 min. Die reziproke Transformation verdeutlicht den nur noch geringen Erfolg der 80 %igen Saugphase. Die Bedeutung des Parameters, der mit der Zielgröße Maschinenhauptmelkzeit mit  $r = - 0,540$  beim Gesamtmaterial korreliert, wird durch den hohen t-Wert bestätigt. Ältere Tiere gaben ihre Milch im Durchschnitt schneller ab als junge. Bei fortschreitendem Laktationsstadium, das mit der Zielgröße mit  $r = - 0,262$  korreliert, verkürzte sich die Maschinenhauptmelkzeit ebenfalls, da die Milchmenge sank. Steigende Milchmengen dagegen riefen längere Hauptmelkzeiten hervor; Maschinenhauptgemelk bzw. Gesamtgemelk korrelieren mit der Maschinenhauptmelkzeit mit  $r = + 0,476$  bzw.  $r = + 0,462$ . Die Variablen erklären die Zielgröße zu insgesamt 58 %.

Zu einem noch besseren Ergebnis führte die Aufteilung der Herde in Kühe mit hohem (8 Kühe), mittlerem (14 Kühe) und niedrigem Milchfluß (6 Kühe) (Abbildung 52 und Anhang S. 195) ; die Bestimmtheitsmaße betragen nun 82, 80 und 87 %.

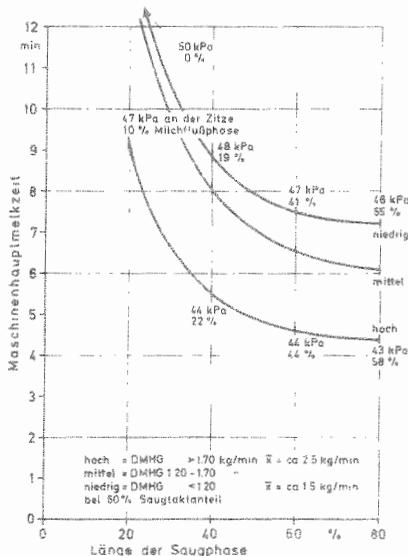


Abbildung 52 : Einfluß der Saugphasenlänge auf die Maschinenhauptmelkzeit bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 DT/min)

Wurde die Saugphasenlänge von 20 auf 60 % erhöht, war bei allen Tieren eine deutliche Beschleunigung des Milchflusses die Folge. Dies läßt sich erklären, wenn man die Länge der Milchflußphase in die Betrachtung mit einbezieht: Bei schwermelkenden Kühen öffnete sich das Zitzengummi bei 20 % Saugphase praktisch nicht mehr bis zur Hälfte; bei 60 % Saugtaktanteil betrug die Milchflußphase unter diesen Umständen 41 %. Bei leichtmelkenden Tieren zeigten sich analoge Verhältnisse; die Länge der Milchflußphase war jedoch aufgrund des leicht gesenkten Vakuums parallel etwas nach oben verschoben. Wurde die Saugphasenlänge weiter von 60 auf 80 % erhöht, nahm bei allen Tieren die Länge der Milchflußphase um weitere 14 % zu; die Maschinenhauptmelkzeit wurde dementsprechend nur noch geringfügig verkürzt, da nun die zu entziehende Milchmenge den begrenzenden Faktor darstellte.

Die übrigen Einflußgrößen wie Alter, Laktationsstadium und Milchmenge zeigten bei den leicht-, mittel- und schwermelkenden Tieren eine ähnliche Wirkung wie bei der Gesamtherde. Eine Differenzierung erscheint hauptsächlich beim Maschinenhauptgemelk angebracht, denn seine Auswirkung auf die Maschinenhauptmelkzeit unterschied sich bei den einzelnen Tiergruppen sehr deutlich: ein höheres Maschinenhauptgemelk rief bei den Tieren mit hohem Milchfluß eine wesentlich geringere Verlängerung der Maschinenhauptmelkzeit hervor, was sich auf die unterschiedliche Dehnfähigkeit des Zitzenschließmuskels zurückführen läßt.

Eine Verlängerung der Saugphase von 20 auf 80 % bewirkte eine deutliche Verkürzung der Maschinenhauptmelkzeit. Es ist jedoch hervorzuheben, daß ein zügiger Milchentzug nur im Bereich von 60 bis 80 % möglich war, wobei die 80 %ige Saugphase gegenüber einer Saugphase von 60 % nur noch eine geringe Beschleunigung der Milchabgabe zur Folge hatte.

### 7.3 Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit

Im Gegensatz zur eindeutigen Wirkung der Saugphase auf die Maschinenhauptmelkzeit ließ sich trotz der Unterschiede zwischen

den Mittelwerten für Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit infolge der hohen Streuung (Variationskoeffizienten zwischen 75 und 403 %) keine gesicherte Wechselwirkung zwischen der Länge der Saugphase und dem Nachmelken finden (Abbildung 53 und Anhang-Tabellen 27 und 28).

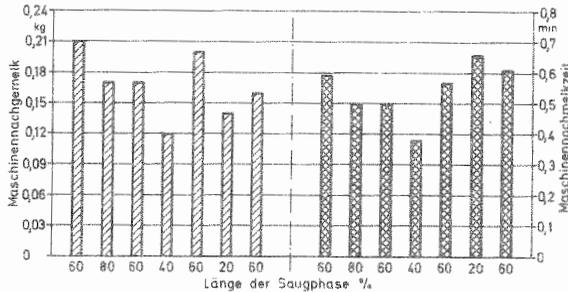


Abbildung 53 : Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit bei verschiedenen Saugphasenlängen (50 kPa, 60 DT/min)

So deuteten sich zwar niedrigere Nachgemelke und geringere Nachmelkzeiten bei 40 % Saugphase an, sie unterschieden sich jedoch nicht signifikant von den anderen Saugphasenlängen.

#### 7.4 Durchschnittliches Minutengemelk

Deutlichere Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Länge der Saugphase und dem Nachmelken lassen sich anhand der durchschnittlichen Minutenhauptgemelke und der durchschnittlichen Minutengesamtgemelke gewinnen (Abbildung 54 und Anhang-Tabellen 29 und 30 ).

Die Verlängerung der Saugphase von 60 auf 80 % hatte eine leichte Erhöhung, die Verkürzung auf 40 bzw. 20 % eine deutliche Senkung des durchschnittlichen Minutengemelks zur Folge. Bei den beiden niedrigen Saugphasenlängen lagen die Werte für das DMHG

und das DMGG wesentlich enger beisammen als bei den hohen, was ein geringeres Nachmelken signalisiert.

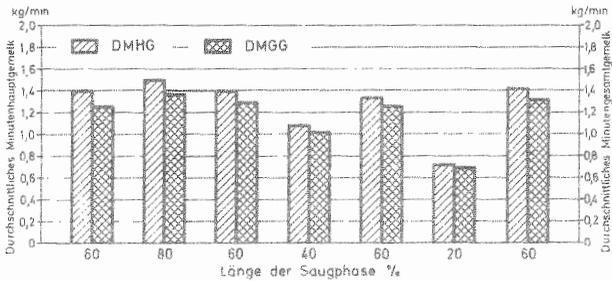


Abbildung 54 : Durchschnittliches Minutengemelk bei verschiedenen Saugphasenlängen (50 kPa, 60 DT/min)

Diese Tendenz findet sich auch bei allen drei Tiergruppen; schwermelkende Kühe reagierten allerdings in den durchschnittlichen Minutengemelken leicht negativ, wenn die Saugphase von 60 auf 80 % erhöht wurde, was auf die hohen Werte für die Maschinenhauptmelkzeit zurückzuführen ist.

Die Regressionsanalyse zeigt unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren Melkzeit, Alter und Laktationsstadium den in der folgenden Regressionsgleichung und in Abbildung 55 dargestellten Zusammenhang.

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Länge der Saugphase und dem durchschnittlichen Minutenhauptgemelk bzw. dem durchschnittlichen Minutengesamtgemelk für alle Tiere:

DMHG:

$$y = 1,746 + 0,036 \cdot x_1 - 0,009 \cdot x_2 - 21,071 \cdot \frac{1}{x_3}$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,353)	12,027	n = 1811
$x_2$	= Laktationsstadium (19,246)	-15,510	B = 0,35
$x_3$	= Saugphase 1/x (20-80)	-25,809	F = 318,97

DMGG:

$$y = 1,666 - 0,036 \cdot x_1 + 0,036 \cdot x_2 - 0,009 \cdot x_3 - 18,712 \cdot \frac{1}{x_4}$$

		t-Werte	
$x_1$	= Melkzeit (1,492)	- 2,216	
$x_2$	= Alter (5,353)	13,644	n = 1811
$x_3$	= Laktationsstadium (19,246)	-17,610	B = 0,37
$x_4$	= Saugphase 1/x (20-80)	-26,083	F = 267,37

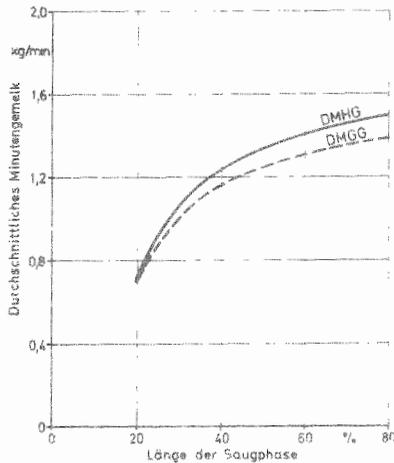


Abbildung 55 : Einfluß der Saugphasenlänge auf das durchschnittliche Minutengemelk (50 kPa, 60 DT/min)

Die sehr hohen t-Werte weisen auf den deutlich milchflußsteigernden Effekt höherer Saugphasen hin. Dabei divergieren aber beide Kurven, was ein verstärktes Nachmelken erkennen läßt. Die Saugphasenlänge korreliert mit dem DMHG und DMGG mit  $r = -0,464$  und  $r = -0,456$ . Mit zunehmendem Alter erreichten die Kühe höhere durchschnittliche Minutengemelke, während fortschreitende Laktationsstadien sie sinken ließen. Da die Tiere abends weniger Milch gaben, erreichten sie auch niedrigere Milchflußwerte.

Die Variablen erklären die Zielgrößen insgesamt zu 35 bzw. 37 %.

Wenn man die Herde wiederum nach ihrem Milchflußverhalten aufgliedert, erhält man etwas höhere Bestimmtheitsmaße zwischen 42 und 54 % und die in Abbildung 56 und Anhang S. 196 dargestellten Zusammenhänge zwischen durchschnittlichem Minutengemelk und Länge der Saugphase.

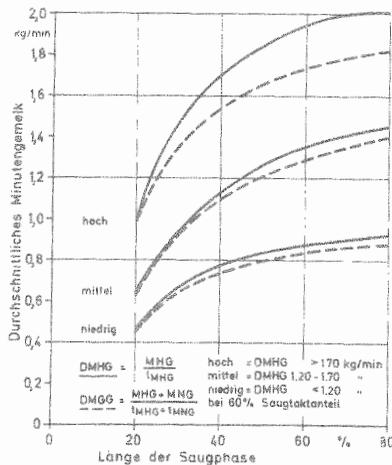


Abbildung 56 : Einfluß der Saugphasenlänge auf das durchschnittliche Minutengemelk bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten ( 50 kPa, 60 DT/min)

Bei den leichtmelkenden Tieren divergieren die Kurven für das DMHG und DMGG deutlich stärker. Bei längeren Saugphasen wurde hier also vermehrt nachgemolken. Das durchschnittliche Minutengemelk dieser Gruppe wurde auch durch die Melkzeit bestimmt. Da abends weniger Milch ermolken wurde als morgens, verhielt sich das durchschnittliche Minutengemelk entsprechend. Das DMHG wurde in diesem Fall durch das Alter negativ beeinflusst, da sich in dieser Gruppe einige ältere Tiere mit relativ geringer Milchleistung befanden. Das DMGG wurde dagegen zu einem großen Teil vom Laktationsstadium bestimmt. Mit fortschreitender Laktation sank

es ab, was hauptsächlich durch höhere Nachgemelke und Nachmelkzeiten hervorgerufen wurde. Die Kühe mit mittlerem Milchfluß verhielten sich den leichtmelkenden analog. Bei den schwermelkenden Tieren übten jedoch Alter und Laktationsstadium gerade den entgegengesetzten Einfluß aus. Mit zunehmendem Alter und fortschreitender Laktation nahmen DMHG und DMGG höhere Werte an. Dies läßt sich durch die Tatsache erklären, daß das Euter durch den sich täglich wiederholenden Milchentzug nach einiger Zeit besser konditioniert war als am Anfang.

Das durchschnittliche Minutenhauptgemelk und das durchschnittliche Minutengesamtgemelk zeigen durch ihren mit erweiterter Saugphase zunehmenden Abstand - besonders bei leichtmelkenden Tieren - an, daß bei langen Saugphasen von 80 % wesentlich mehr nachgemolken werden muß als bei Saugphasen von 40 und 60 %.

### 7.5 Höchstes Minutengemelk

Das höchste Minutengemelk wurde bei allen Tieren in hohem Umfang von der Länge der Saugphase beeinflusst (Abbildung 57 und Anhang-Tabelle 31).

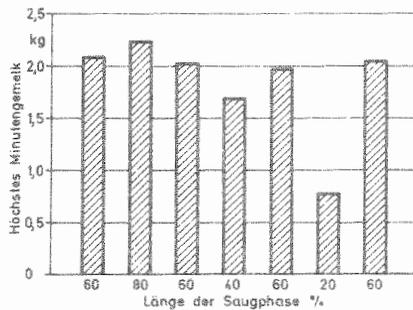


Abbildung 57 : Höchstes Minutengemelk bei verschiedenen Saugphasenlängen (50 kPa, 60 DT/min)

Die Erhöhung der Saugphase auf 80 % rief einen leichten Anstieg des höchsten Minutengemelkes hervor; eine Reduzierung auf 40 und 20 % zog ein deutliches Absinken nach sich. Dieser Effekt trat auch bei den einzelnen drei Tiergruppen auf, lediglich die schwermelkenden Tiere reagierten auf die 80 %ige Saugphase nicht mit einem signifikanten Anstieg des höchsten Minutengemelkes.

Berücksichtigt man neben der Länge der Saugphase die Einflußfaktoren Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit, liefert die Regressionsanalyse den in Abbildung 58 dargestellten Zusammenhang zwischen den genannten Variablen und der Zielgröße höchstes Minutengemelk.

Regressionsgleichung für die Beziehung zwischen der Länge der Saugphase und dem höchsten Minutengemelk für alle Tiere :

$$y = 1,794 + 0,052 \cdot x_1 - 0,007 \cdot x_2 + 0,120 \cdot x_3 - 0,174 \cdot x_4 + 0,003 \cdot x_5$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,353)	16,294	
$x_2$	= Laktationsstadium (19,246)	-10,238	n = 1811
$x_3$	= Maschinenhauptgemelk (8,236)	25,081	R = 0,71
$x_4$	= Maschinenhauptmelkzeit (7,041)	-44,730	F = 880,22
$x_5$	= Saugphase (20 - 80)	5,024	

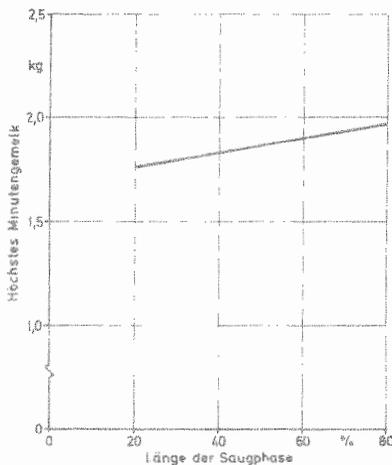


Abbildung 58 : Einfluß der Saugphasenlänge auf das höchste Minutengemelk (50 kPa, 60 DT/min)

Nach diesem Regressionsansatz steigt das höchste Minutengemelk beim stufenweisen Übergang von 20 auf 80 % Saugphase linear von 1,75 auf 1,95 kg an.

Der Alterseinfluß führte zum Ansteigen, das fortschreitende Laktationsstadium dagegen zum Absinken des höchsten Minutengemelks. Mit größeren Maschinenhauptgemelken stieg auch das höchste Minutengemelk an, während zunehmende Maschinenhauptmelkzeiten eine deutliche Senkung des höchsten Minutengemelkes zur Folge hatten. Diese Variablen erklären die Zielgröße höchstes Minutengemelk zu 71 %.

Noch höhere Bestimmtheitsmaße ergeben sich, wenn man die Regressionsanalyse jeweils für Kühe mit hohem, mittlerem und niedrigem Milchfluß durchführt; die Werte liegen dann bei 75, 71 und 80 % (Abbildung 59 und Anhang S. 198). Die Kurven verlaufen dabei für jede Tiergruppe relativ einheitlich und unterscheiden sich nur wenig von der Kurve für das Gesamtmaterial.

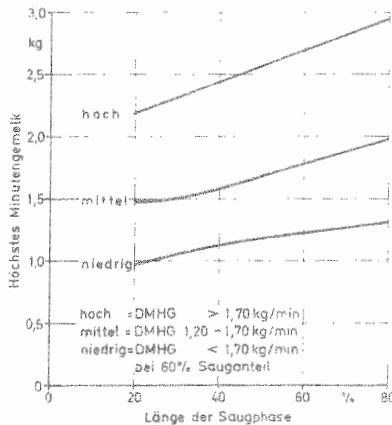


Abbildung 59 : Einfluß der Saugphasenlänge auf das höchste Minutengemelk bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 DT/min)

Eine zunehmende Saugphase bewirkte einen Anstieg des höchsten Minutengemelks

- von 2,21 auf 2,94 kg bei leichtmelkenden Tieren,
- von 1,48 auf 1,98 kg bei normalmelkenden Tieren,
- von 0,96 auf 1,30 kg bei schwermelkenden Tieren.

Mit zunehmenden Maschinenhauptgemelken stieg das höchste Minutengemelk, mit längeren Hauptmelkzeiten sank es ab. In allen Fällen beeinflussten diese beiden gegenläufigen Faktoren die Zielgröße am stärksten.

Durch eine längere Saugphase wurden also wesentlich höhere Werte für das höchste Minutengemelk erreicht. Wenn die Saugphase von 20 auf 80 % erhöht wurde, stieg das höchste Minutengemelk bei Kühen mit hohem und mittlerem Milchfluß um rund 33 % und bei den schwermelkenden Tieren um rund 35 % an.

#### 7.6 Zeit bis zum höchsten Milchfluß

Im Gegensatz zum Melkbarkeitsmerkmal höchstes Minutengemelk wurde der Kennwert Zeit bis zum höchsten Milchfluß in geringerem Umfang von der Länge der Saugphase bestimmt. Abbildung 60 und Anhang-Tabelle 32 geben die Mittelwerte der Zeit bis zum höchsten Milchfluß wieder.

Eine verlängerte Saugphase von 80 % ließ alle Tiere den höchsten Milchfluß etwas später erreichen als bei 60 %. Diese Zeit verlängerte sich weiter für Tiere mit hohem und mittlerem Milchfluß, wenn man die Saugphase wieder auf 60 % senkte, für schwermelkende Kühe dagegen wurde sie kürzer. Eine weitere Reduzierung auf 40 % Saugphase bewirkte ein deutlich späteres Erreichen des höchsten Milchflusses. Bei einer Saugphasenlänge von 20 % schließlich, wenn der Zitzengummi nicht einmal mehr bis zur Hälfte öffnete, wurde der höchste Milchflußwert von allen Tieren sehr spät erzielt.

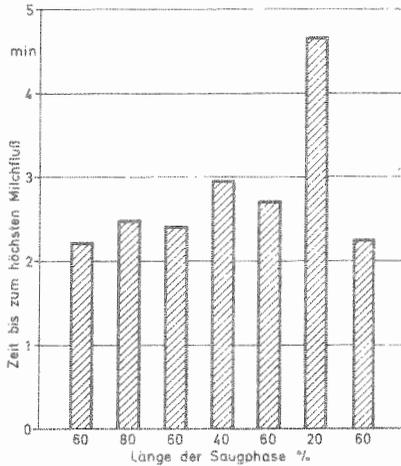


Abbildung 60 : Zeit bis zum höchsten Milchfluß bei verschiedenen Saugphasenlängen (50 kPa, 60 DT/min)

Die Mittelwerte weisen für die Zielgröße relativ hohe Schwankungen auf, wie Standardabweichungen und Variationskoeffizienten anzeigen. Infolge der nicht eindeutigen Auswirkungen der unterschiedlichen Saugphasenlängen auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß und der hohen Streuung der Werte ist auch zwischen der Länge der Saugphase und der Zeit bis zum höchsten Milchfluß keine funktionale Beziehung zu finden. Die Zielgröße wird beim Gesamtmaterial zu 48 % lediglich von Alter, ( $r = -0,167$ ), Maschinenhauptgemelk ( $r = +0,340$ ) und Maschinenhauptmelkzeit ( $r = +0,674$ ) bestimmt. Auch die Aufteilung der Herde in Kühe mit hohem, mittlerem und niedrigem Milchfluß führte zu keinem anderen Ergebnis.

Trotz der großen Streuung der Werte für die Zeit bis zum höchsten Milchfluß wird ersichtlich, daß kurze Saugphasen von 40 oder gar 20 % zu einem sehr späten Erreichen des höchsten Milchflusses führen.

### 7.7 Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit

Während sich zwischen Maschinenhauptmelkzeit, durchschnittlichen Minutengemelken, höchstem Minutengemelk und den unterschiedlichen Saugphasenlängen noch ein deutlicher Zusammenhang nachweisen läßt, sind bei der phasenweisen Betrachtung der Milchflußkurve während der Maschinenhauptmelkzeit nur noch sehr geringe Unterschiede festzustellen (Abbildung 61). Diese Tendenz war schon beim Einfluß der Länge der Saugphase auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß zu erkennen. Nur die 20 %ige Saugphase bewirkte, daß in der ersten und zweiten Phase weniger, in der dritten und vierten dafür mehr Milch ermolken wurde. Ansonsten wurde die Verteilung der Milchmenge beim Gesamtmaterial von der Länge der Saugphase nur geringfügig beeinflusst.

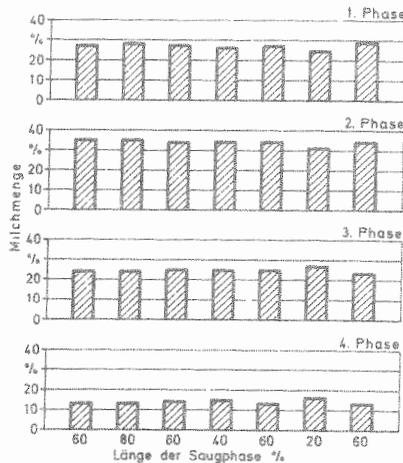


Abbildung 61 : Prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Saugphasenlängen ( 50 kPa, 60 DT/min)

Die Mittelwerte für die drei Tiergruppen und für jede Versuchsvariante ergeben ein ähnliches Bild (Tabelle 7 und Anhang- Tabellen 33 - 36).

Tabelle 7 : Mittelwerte der prozentualen Milchmenge in den vier Phasen der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in %)

Saugphase (%)	1. Phase	2. Phase	3. Phase	4. Phase
Kühe mit hohem Milchfluß :				
60	28,97	38,10	23,05	9,86
80	29,11	38,02	23,02	9,83
60	27,08	36,13	24,22	12,56
40	26,69	35,93	25,03	12,31
60	26,09	36,79	25,47	11,64
20	26,83	33,71	25,61	13,82
60	28,11	36,87	23,75	11,46
Kühe mit mittlerem Milchfluß :				
60	29,27	33,84	23,32	13,56
80	27,41	34,16	24,47	13,94
60	26,96	33,02	25,06	14,94
40	26,75	33,04	25,35	14,83
60	25,67	33,59	25,63	15,09
20	24,39	30,28	27,83	17,48
60	26,37	33,46	26,16	13,99
Kühe mit niedrigem Milchfluß :				
60	24,72	32,23	26,83	16,20
80	26,91	33,08	25,21	14,78
60	26,76	33,27	25,21	14,74
40	25,11	32,16	25,92	16,79
60	29,20	33,41	23,79	13,59
20	25,38	29,65	27,20	17,74
60	30,39	32,97	22,99	13,63

In der ersten Phase machte sich bei leichtmelkenden Tieren durch verschiedene Saugphasenlängen kein signifikanter Unterschied in der prozentualen Milchmenge bemerkbar. Bei Kühen mit mittlerem Milchfluß sank die prozentuale Milchmenge beim Wechsel von 60 auf 20 % signifikant ab und sie nahm beim Übergang von 20 auf

60 % signifikant zu. Schwermelkende Tiere reagierten auf eine Reduzierung der Saugphase auf 40 bzw. 20 % mit einer eindeutigen Verringerung der prozentualen Milchmenge. Die prozentuale Milchmenge nahm auch in der zweiten Phase bei den Kühen mit hohem Milchfluß bei einer Saugphasenänderung von 80 auf 60 % signifikant ab. Beim Wechsel von 60 auf 20 % sank sie weiter deutlich ab und stieg beim Übergang von 20 auf 60 % wieder ebenso stark an. Dieser Effekt der extrem kurzen Saugphase war auch bei normal- und schwermelkenden Tieren festzustellen. Davon war auch die dritte Phase gekennzeichnet, allerdings bewirkte die Saugphase eine abnehmende prozentuale Milchmenge. Im vierten Abschnitt stieg beim Übergang von 80 auf 60 % die prozentuale Milchmenge der leichtmelkenden Kühe signifikant an. Mit einem 20 %igen Saugtaktanteil wurde allen Tieren - schwermelkenden bereits mit 40 % - eine deutlich höhere Milchmenge entzogen, da diese Milch, bedingt durch die kurze Saugphase, während der ersten drei Phasen nicht ermolken werden konnte.

Die Regressionsanalyse zeigt unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptgemelk und Maschinennachgemelk den in Abbildung 62 dargestellten Zusammenhang zwischen Saugphasenlänge und der prozentualen Milchmenge in den vier Abschnitten der Maschinenhauptmelkzeit.

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Länge der Saugphase und der prozentualen Milchmenge pro Phase für alle Tiere:

1. Phase:

$$y = 7,274 + 0,586 \cdot x_1 - 0,163 \cdot x_2 + 0,431 \cdot x_3 + 9,195 \cdot \log x_4$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,353)	11,859	n = 1811
$x_2$	= Maschinenhauptgemelk (8,236)	-2,529	B = 0,09
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (7,041)	6,741	F = 46,77
$x_4$	= Saugphase log (20 - 80)	8,453	

2. Phase:

$$y = 33,714 + 0,422 \cdot x_1 - 0,018 \cdot x_2 - 0,197 \cdot x_3 - 0,246 \cdot x_4 + 0,030 \cdot x_5$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,353)	12,121	
$x_2$	= Laktationsstadium (19,246)	-2,249	n = 1811
$x_3$	= Maschinenhauptgemelk (8,236)	-3,781	B = 0,16
$x_4$	= Maschinenhauptmelkzeit (7,041)	-5,817	F = 67,66
$x_5$	= Saugphase (20 - 80)	4,027	

3. Phase :

$$y = 40,287 - 0,542 \cdot x_1 - 0,397 \cdot x_2 - 0,302 \cdot x_3 - 7,865 \cdot \log x_4$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,353)	-12,837	
$x_2$	= Maschinenhauptgemelk (8,236)	7,208	n = 1811
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (7,041)	-5,542	B = 0,11
$x_4$	= Saugphase log (20 - 80)	-8,460	F = 55,44

4. Phase:

$$y = 23,392 - 0,474 \cdot x_1 + 0,021 \cdot x_2 + 0,089 \cdot x_3 - 4,569 \cdot \log x_4$$

		t-Werte	
$x_1$	= Alter (5,353)	-12,812	
$x_2$	= Laktationsstadium (19,246)	2,777	n = 1811
$x_3$	= Maschinenhauptmelkzeit (7,041)	2,083	B = 0,12
$x_4$	= Saugphase log (20 - 80)	-5,686	F = 60,14

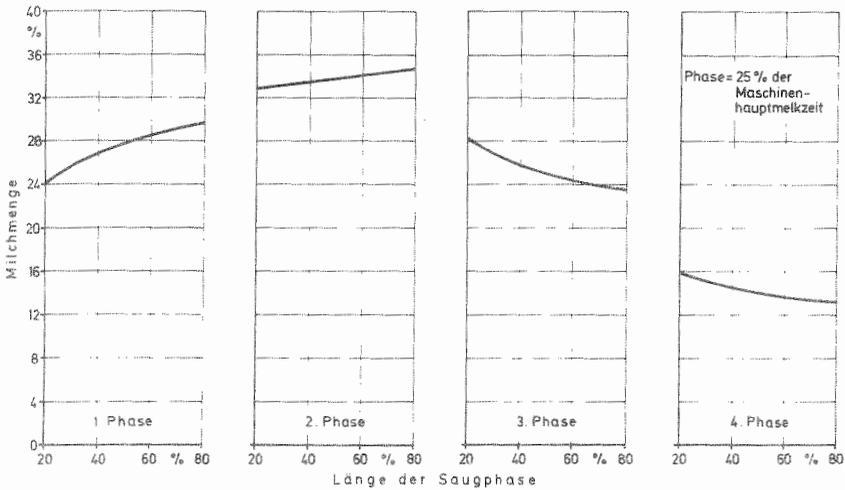


Abbildung 62 : Einfluß der Saugphasenlänge auf die zeitliche Verteilung des Maschinenhauptgemelks in den einzelnen Phasen der Maschinenhauptmelkzeit (50 kPa, 60 DT/min)

In der ersten Hälfte der Maschinenhauptmelkzeit wirkte eine Erweiterung der Saugphase positiv auf die prozentualen Milchmengen, in der zweiten dementsprechend negativ. Mit zunehmender Saugphasenlänge ließ sich also zu Beginn der Hauptmelkzeit mehr Milch entziehen. Im Gegensatz zu den ersten beiden Phasen fiel die relative Milchmenge in den beiden letzten mit zunehmendem Alter der Tiere deutlich ab. Das fortschreitende Laktationsstadium machte sich in der zweiten und vierten Phase signifikant bemerkbar, indem es zunächst eine geringe und dann eine höhere prozentuale Milchmenge hervorrief. Zunehmende Maschinenhauptgemelke führten in der ersten und zweiten Phase zu niedrigeren, in der dritten zu höheren prozentualen Milchmengen. Lange Maschinenhauptmelkzeiten verursachten im ersten Abschnitt höhere, im zweiten und dritten niedrigere und im vierten wiederum umfangreichere prozentuale Milchmengen. Die Bestimmtheitsmaße liegen hier mit 9, 16, 11 und 12 % sehr niedrig, die Zielgröße

ist durch die Variablen nur in geringem Umfang erklärt.

Der Zusammenhang zwischen der prozentualen Milchmenge pro Phase und den einzelnen Einflußfaktoren wird bei der Einteilung der Herde in leicht-, normal- und schwermelkende Tiere deutlich besser erklärt (Abbildung 63 und Anhang S. 199).

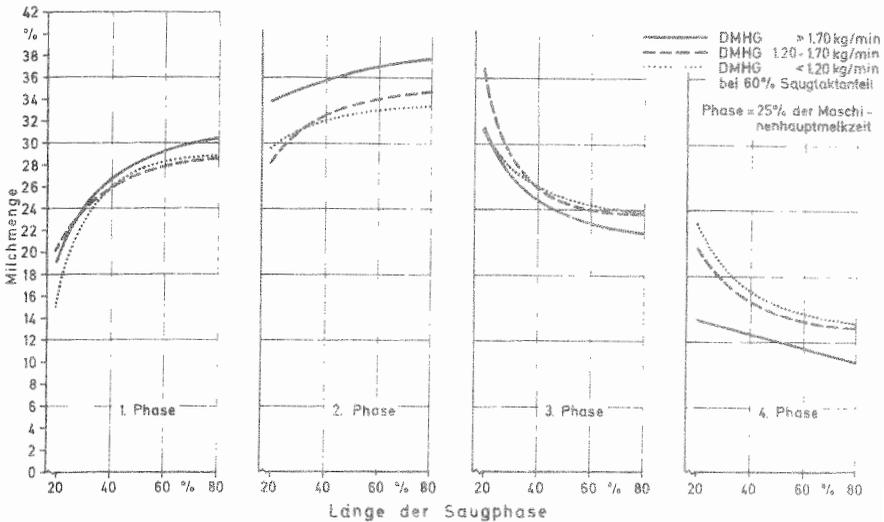


Abbildung 63 : Einfluß der Saugphasenlänge auf die zeitliche Verteilung des Maschinenhauptgemelks in den einzelnen Phasen der Maschinenhauptmelkzeit bei Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 DT/min)

Leichtmelkende Kühe reagierten über den gesamten Bereich von 20 bis 80 % Saugphase deutlich in ihrem Milchflußverhalten. Bei Kühen mit mittlerem und niedrigem Milchfluß dagegen veränderte sich die prozentuale Milchmenge nur im Bereich zwischen 20 und 60 % wesentlich. Eine höhere Saugphase brachte nur noch geringen Erfolg. Die übrigen Einflußfaktoren Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptmelkzeit wirkten ähnlich wie beim Gesamtmaterial. Die Variablen erklären die Zielgröße prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhaupt-

melkzeit besser als beim Gesamtmaterial; über die höchsten Werte verfügen dabei die Regressionsansätze für die schwermelkenden Tiere mit 63, 12, 55 und 38 %.

Eine Erweiterung der Saugphase führte also nicht nur zu einer Verkürzung der Maschinenhauptmelkzeit, sondern auch, speziell im Bereich zwischen 20 und 60 %, zu einer Verlagerung des Maschinenhauptgemelks an den Anfang der Milchflußkurve.

### 7.8 Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit

Die prozentualen Milchmengen pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit veränderten sich durch den Einfluß der Saugphasenlänge recht deutlich. Da auch ein starker Zusammenhang zwischen Maschinenhauptgemelk und der Länge der Saugphase besteht, muß sich auch die Milchflußgeschwindigkeit pro Phase in Abhängigkeit von der Saugphasenlänge verändern. Diese Beziehung ist in Abbildung 64 dargestellt.

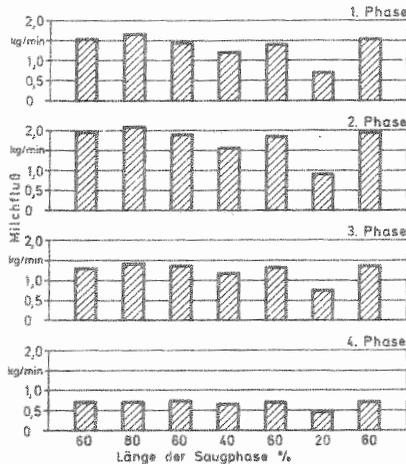


Abbildung 64 : Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Saugphasenlängen (50 kPa, 60 DT/min)

Eine Saugphase von 80 % rief gegenüber 60 % in den ersten drei Phasen eine leichte Erhöhung der Milchflußgeschwindigkeit hervor. Bei 40 % Saugphasenlänge war dagegen eine sinkende durchschnittliche Milchflußgeschwindigkeit die Folge. Ebenso wirkte sich eine Saugphase von 20 % auf alle vier Phasen durch eine Reduzierung der Milchflußgeschwindigkeit aus. Während im vierten Abschnitt bei 40, 60 und 80 % Saugphase der Milchfluß nahezu gleich schnell war, verhinderte die extrem kurze Saugphase, daß sogar noch am Ende der Milchflußkurve die Milch in dem Maße entzogen wurde, wie sie der Zitzenzisterne zufließt.

Diese beim Gesamtmaterial beobachtete Auswirkung unterschiedlicher Saugphasenlängen auf die Milchflußgeschwindigkeit bestätigt sich bei der gruppenweisen Betrachtung, wobei die Unterschiede im Milchflußverhalten der Tiere deutlich zum Ausdruck kommen (Abbildung 65).

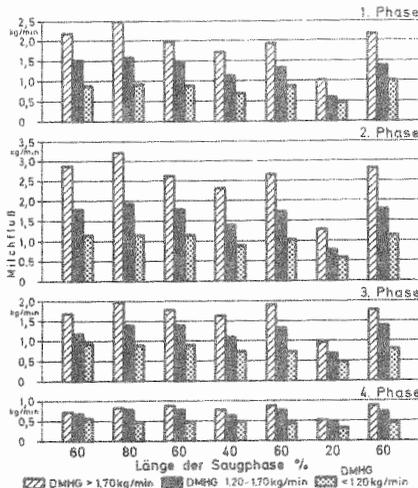


Abbildung 65 : Milchflußgeschwindigkeit pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit bei verschiedenen Saugphasenlängen und Tieren mit unterschiedlichem Milchflußverhalten (50 kPa, 60 DT/min)

Kühe mit einem guten Milchflußverhalten reagierten auf eine

Verlängerung der Saugphase auf 80 % sehr deutlich, sie erhöhten ihre Milchflußgeschwindigkeit in der ersten bis dritten Phase. Wurde die Saugphase auf 40 und 20 % gesenkt, verringerte sich ihre Milchflußgeschwindigkeit auch sehr stark. Bei schwermelkenden Tieren verursachte die 80 %ige Saugphase keine Erhöhung. Bei einer Verringerung des Saugtaktanteils kam nur eine geringe Geschwindigkeitsabnahme zustande. Die Tiere unterschieden sich am Anfang der Milchflußkurve sehr deutlich voneinander, hier reagierten sie auch am heftigsten auf Veränderungen der Saugphasenlänge; in der vierten Phase differierten ihre Milchflußgeschwindigkeiten nur noch wenig, der Einfluß der unterschiedlichen Saugphasenlängen war gering.

Die Milchflußgeschwindigkeit ließ sich also bei der Verlängerung der Saugphase von 20 auf 80 % zu Beginn der Maschinenhauptmelkzeit - besonders bei leichtmelkenden Tieren - deutlich erhöhen. Dieser milchflußbeschleunigende Effekt längerer Saugphasen verringerte sich dann gegen Ende der Maschinenhauptmelkzeit, wo die Kühe nur noch wenig Milch gaben und sich in ihrem Milchflußverhalten nur geringfügig unterschieden. Aber selbst hier machte sich die 20 %ige Saugphase noch stark bemerkbar, die Milchflußgeschwindigkeit lag deutlich niedriger als bei den längeren Saugphasen von 40, 60 und 80 %.

Insgesamt gesehen zeigte die unterschiedliche Länge der Saugphase deutliche Auswirkungen auf die Merkmale der Melkbarkeit. Dabei war zu beachten, daß bei den verschiedenen Saugphasen das durchschnittliche Betriebsvakuum an der Zitzenspitze hauptsächlich vom Milchfluß bestimmt wurde. Mit steigender Saugphasenlänge nahm auch die Länge der Milchflußphase zu. Generell wurde mit zunehmender Saugphasenlänge die Milchflußkurve verkürzt, was sich in geringeren Maschinenhauptmelkzeiten, höheren durchschnittlichen und höchsten Minutengemelken niederschlug. Die Zeit bis zum Erreichen des höchsten Milchflußwertes wurde dagegen von der Länge der Saugphase nicht beeinflusst; dieser Kennwert wies zudem eine außerordentlich hohe Streuung auf. Die Milchflußgeschwindigkeit aber wurde bei einer Ausweitung der Saugphase in den ersten drei Phasen der Maschinenhauptmelkzeit

erhöht, während sie in der letzten Phase nur noch geringfügig reagierte. Zunehmende Saugphasen, hauptsächlich im Bereich von 60 bis 80 %, führten besonders bei leichtmelkenden Tieren zu höheren Maschinennachgemelken. Überhaupt reagierten Kühe mit hohem Milchfluß deutlicher auf Veränderungen der Saugphase als schwermelkende Tiere. Denn hier ist das Euter so gut konditioniert, daß die längere Saugphase voll zur Wirkung kommt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß ein zügiger Milch-entzug nur im Bereich zwischen 50 und 80 % Saugphase gewährleistet ist und eine Reduzierung der Saugphase auf 40 oder gar 20 % zu einer starken Verlängerung der Gesamtmelkzeit führt.

## 8. GESAMTFOLGERUNGEN AUS DEN VERSUCHSERGEBNISSEN UND IHRE WERTUNG

Die dargelegten Ergebnisse zeigen einen unterschiedlichen Einfluß der Melkparameter auf die einzelnen Kennwerte der Milchabgabe, wobei jedoch immer die tatsächlichen Vakuum- und Milchflußphasenverhältnisse an der Zitzenspitze berücksichtigt werden müssen. Denn diese weichen in Abhängigkeit vom Milchfluß außerordentlich von den melkmaschinentechnischen Nennwerten ab, wie sich aus den angestellten Vorversuchen im Melklabor mit exakter Messung von Betriebsvakuum an der Zitzenspitze und Milchflußphase ergab.

Eine Erhöhung der Milchflußgeschwindigkeit von 0 auf 5 l/min führte in allen Fällen zu einer Verringerung des durchschnittlichen Betriebsvakuum an der Zitzenspitze um 5 bis 13 kPa. Aufgrund dieser veränderten Vakuumverhältnisse weicht die Bewegung des Zitzengummis von der am Pulsator eingestellten Pulsierung ab (WORSTORFF 1976 (86)) und es kommt zu einer Verlängerung der Milchflußphase. Eine Erhöhung des Nennvakuum zieht dagegen eine Verkürzung der Milchflußphase nach sich, da die Evakuierungs- und Belüftungsphase der Pulskurve beim Wechsel von Vakuum und atmosphärischer Luft im Pulsraum zunehmen. Wurde das Vakuum von 40 auf 60 kPa erhöht, so sank die Milchflußphase von 43,6 auf 31,4 %, wenn keine Milch floß und bei einem Milchfluß von 5 l/min von 55 auf 47 %. Veränderungen der Pulszahl bei gleichem Nennvakuum und gleicher Saugphase wirken sich nur geringfügig auf das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze, aber umso deutlicher auf die Länge der Milchflußphase aus. Denn bei einer Steigerung der Pulszahl bleiben die Evakuierungs- und die Belüftungsphase absolut gesehen konstant, während die Saug- und Entlastungsphase reduziert und damit eine kürzere Milchflußphase hervorgerufen wird. Wurde die Pulszahl von 30 auf 120 DT/min erhöht, verringerte sich die Milchflußphase bei einem Milchfluß von 0 l/min von 50,7 auf 12,0 % und bei einem Milchfluß von 5 l/min von 53,8 auf 32,0 %. Dehnt man die Saugphase auf Kosten der Entlastungsphase aus, nimmt dementsprechend auch die Länge der Milchflußphase zu. Wenn die Saugphase von 40 auf 80 %

erhöht wurde, stieg die Milchflußphase bei einem Milchfluß von 0 l/min von 15 auf 62 % an und bei einem Milchfluß von 5 l/min von 26 auf 67 %; bei 20 % Saugphase öffnete sich der Zitzengummi nicht mehr bis zur Hälfte. Das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze unterlag dabei in erster Linie dem Einfluß des steigenden Milchflusses und war damit für die Verlängerung der Milchflußphase bei jeder Versuchsvariante verantwortlich.

Unter diesen Aspekten müssen auch die Auswirkungen der einzelnen Melkparameter auf die Milchabgabe der Kühe mit unterschiedlichem Milchflußverhalten beurteilt werden. Ein höheres Nennvakuum fällt bei den schwermelkenden Tieren am deutlichsten ins Gewicht, da durch den niedrigen Milchfluß das Betriebsvakuum an der Zitzenspitze nicht so stark verringert wird wie bei leichtmelkenden Kühen mit einem hohen Milchfluß. Demgegenüber reagieren diese Tiere besser auf eine Erweiterung der Saugphase als die schwermelkenden, da sich der höhere Milchfluß verlängernd auf die Milchflußphase auswirkt. Die Pulszahl beeinflusst die Milchabgabe bei niedrigen Frequenzen negativ, d.h., die Milch wird langsamer entzogen; bei höheren Pulszahlen dagegen kann der Strichkanal den Zitzengummibewegungen nicht mehr aktiv folgen und es kommt zu einem nahezu permanenten Milchentzug. Deshalb zeigt die abnehmende Länge der Milchflußphase bei einer Erhöhung der Pulszahl nicht die Wirkung wie bei einer Steigerung der Vakuumhöhe oder einer Verringerung der Saugphase.

Die Abweichungen des Betriebsvakuums an der Zitzenspitze vom Nennvakuum lassen Bestrebungen zur Vakuumstabilisierung als unbedingt erforderlich erscheinen. Der Notwendigkeit eines stabilen Vakuums kommt umso mehr Bedeutung zu, je höher die Milchleistung der Tiere steigt, da dann auch höhere Milchflußwerte erreicht werden. Nach MEIN 1968 (44) weisen Hochleistungstiere kurzzeitig Milchflußspitzen von bis zu 11 kg/min auf. Bei den durchgeführten Untersuchungen legen jedoch die höchsten Milchflußwerte einer Anzahl von Kühen bei maximal 5 kg/min, so daß hier noch Untersuchungen bei Tieren mit einem höheren Milchfluß notwendig sind.

Trotz dieser Abweichungen von den eingestellten Soll-Werten wirken sich die verschiedenen Melkparameter signifikant auf die einzelnen Merkmale der Melkbarkeit aus, wie aus den Reihenuntersuchungen auf der Versuchsstation Veitshof eindeutig hervorging.

So war bei einer Erhöhung des N e n n v a k u u m s von 40 auf 50 kPa eine Verkürzung der Maschinenhauptmelkzeit um etwa 15 bis 30 % möglich, wobei bei den schwermelkenden Kühen der größte Erfolg zu verzeichnen war. Diese Tiere benötigen offensichtlich zur Öffnung des Strichkanals einen höheren Differenzdruck als leichtmelkende Kühe. Direkte Auswirkungen eines höheren Vakuums auf Maschinennachgemelk und Maschinennachmelkzeit waren infolge der außerordentlich großen Streuung der Werte nicht festzustellen; bei der Betrachtung des durchschnittlichen Minutengemelks und des durchschnittlichen Minutengesamtgemelks dagegen ließ sich ein Einfluß nachweisen, da die erste Kenngröße nur das reine Maschinenmelken beinhaltet, die zweite dagegen auch das Nachmelken mit der Maschine einschließt. Die mit steigendem Vakuum zunehmende Differenz zwischen beiden Werten wies auf ein höheres Maschinennachgemelk und längere Nachmelkzeiten hin. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, zu Beginn des Melkvorganges ein hohes Nennvakuum von 55 bis 60 kPa, gegen Milchflußende dagegen ein niedriges Nennvakuum von 40 kPa zu verwenden, um zum einen für eine zügige Milchabgabe zu sorgen und zum anderen das Nachmelken möglichst einzuschränken.

Ein schnelleres Erreichen des höchsten Milchflusses hat auch ein Ansteigen des höchsten Minutengemelks zur Folge, was zum großen Teil auf die Verringerung der Maschinenhauptmelkzeit zurückzuführen ist, zum anderen aber auch anzeigt, daß eine Verschiebung innerhalb der Milchflußkurve in Richtung Milchflußbeginn eintritt. Diese Tendenz bestätigt auch die phasenweise Betrachtung der Milchflußkurve, wenn man die Abhängigkeit der prozentualen Milchmenge pro Phase von der Vakuumhöhe untersucht. Hier zeigte sich in der ersten Hälfte der Maschinenhauptmelkzeit beim höheren Vakuum ein höherer Milchentzug und dementsprechend ein niedrigerer in der zweiten. Während bei zunehmen-

dem Vakuum die Milchflußgeschwindigkeit in den ersten drei Phasen anstieg, lag sie in der vierten bei relativ niedrigen Werten und wurde nur noch äußerst geringfügig von den unterschiedlichen Nennvakuumhöhen beeinflusst. Dies bekräftigt die Notwendigkeit, gegen Ende des Milchentzuges ein niedrigeres Vakuum zu wählen.

Bei einer Pulszahl von 60 DT/min ist eine deutlich schnellere Milchabgabe zu erzielen als bei 30 DT/min, da dann der Milchfluß aus der Zitze während einer Saugphase nicht absinkt. Deshalb kann die Anwendung einer niedrigen Pulszahl von vornherein ausgeklammert werden. Eine Steigerung der Pulsfrequenz auf 90 oder 120 DT/min zeigt nur noch einen geringen Einfluß auf die einzelnen Merkmale der Melkbarkeit. Das Euter wird zwar durch den schnellen Wechsel von Saug- und Entlastungsphase besser konditioniert, die stark abnehmende Milchflußphase hebt diesen Vorteil jedoch wieder auf. Aus diesem Grund waren die positiven Erfolge auch bei den Kennwerten durchschnittliches Minutengemelk, höchstes Minutengemelk und Zeit bis zum höchsten Milchfluß beim Übergang von 30 auf 60 DT/min zu finden. Die durchschnittlichen Minutenhauptgemelke und durchschnittlichen Minutengesamtgemelke deuteten mit ihrem zunehmenden Abstand auf höhere Nachgemelke und längere Nachmelkzeiten hin, wenn die Pulszahl erhöht wurde. Deshalb scheidet die Verwendung hoher Pulszahlen von 90 und 120 DT/min aus. Aus diesem Sachverhalt läßt sich der Bereich um 60 DT/min als Optimum für einen schnellen Milchentzug ableiten. Von einer kontinuierlichen oder stufenweisen Steuerung der Pulszahl nach dem Milchfluß der Kuh ist nach den dargelegten Ergebnissen kein durchschlagender Erfolg für einen zügigeren und vollständigeren Milchentzug zu erwarten.

Aus den Untersuchungen über den Einfluß der Saugphasenlänge geht hervor, daß sich ein schneller Milchentzug nur im Bereich von 50 bis 80 % Saugphase durchführen läßt. Niedrigere Saugphasenwerte wirken sich dagegen stark negativ auf die Melkgeschwindigkeit aus. Lange Saugphasen rufen aber höhere Nachgemelke und längere Nachmelkzeiten, besonders bei leichtmelkenden Kühen, hervor. Die prozentualen Milchmengen pro Pha-

se werden von den unterschiedlichen Saugphasen nur geringfügig beeinflusst, der Effekt längerer Saugtaktanteile besteht hauptsächlich in einer Verkürzung der Maschinenhauptmelkzeit. Dementsprechend stieg in den ersten drei Phasen die Milchflußgeschwindigkeit an, wenn die Saugphase von 20 auf 80 % verlängert wurde, während der vierte Abschnitt wieder relativ niedrigere und konstante Werte aufwies; hier wäre eine niedrigere Saugphase von ca. 40 % angebracht, da für den Entzug der noch verfügbaren Milch eine kurze Saugphase ausreicht und diese Bedingung ein schonenderes Melken gewährleistet. Aus diesen Gründen sollte am Anfang des Milchentzuges eine lange Saugphase von ca. 80 % verwendet werden, damit die im prallen Euter vorhandene Milch möglichst schnell entzogen wird; bei nachlassendem Milchfluß sollte jedoch eine niedrigere Saugphase von ca. 40 % eingesetzt werden, die ausreicht, um einen weitgehend vollständigen Milchentzug zu gewährleisten.

In der vierten Phase des Milchentzuges fließt nur noch wenig Milch aus den Alveolen und der Euterzisterne nach, so daß schon allein aus physiologischen Gründen kein höherer Milchfluß zu erzielen ist. Dieser niedrige Milchfluß gegen Melkende wird aber auch dadurch hervorgerufen, daß der Milchfluß der einzelnen Zitzen zu verschiedenen Zeitpunkten versiegt und so über einen gewissen Zeitraum ein Blindmelken erfolgt. RABOLD 1967 (52) mißt diesem Vorgang aber keine allzu große Bedeutung bei, da "die Variation dieser Zeitspanne noch nicht einmal ein Viertel der Variation derjenigen Blindmelkzeit beträgt, die infolge gestörter oder schlechter Melkroutine auftritt". Diese Aussage würde aber bedeuten, daß bei Blindmelkzeiten infolge gestörter oder schlechter Melkroutine von z.B. zwei bis vier Minuten, wie sie durchaus in der Praxis vorkommen, einzelne Zitzen eine halbe bis eine Minute blind gemolken werden. Deshalb ist auch weiterhin das Problem "Blindmelken" zu berücksichtigen.

Ein weiterer Grund für den abnehmenden Milchfluß besteht darin, daß die Zitze so weit in den Melkbecher gesaugt wird, daß die Verbindung zwischen der Zitzen- und der Euterzisterne unterbrochen wird; die Restmilch kann nicht mehr nachfließen (WEHOWSKY

et al 1973 (81)). Erst wenn durch das Straffen des Euters diese Verbindung wieder hergestellt ist, läßt sich das Nachmelk unter Anwendung von Nachmelkgriffen weitgehend gewinnen. Die Vollständigkeit der Milchabgabe wird dabei immer von der Arbeitskraft beurteilt, die auch entscheidet, wann das Melkzeug abgenommen und der Melkvorgang beendet wird. Wenn also das Abschnüren der Zitze vermieden wird, kann das Nachmelken weitgehend entfallen, da dieser Teil des "Nachmelks" während der Maschinenhauptmelkzeit gewonnen wird.

Je älter die Kühe werden, desto schneller läßt sich die Milch entziehen, was auf eine zunehmende Konditionierung des Euters zurückzuführen ist. Die Tiere erreichen erst in der vierten und fünften Laktation den Gipfel ihrer Milchleistung, was wiederum einen höheren Milchfluß zur Folge hat. Neben der schnelleren Milchabgabe machen sich jedoch auch bei zunehmendem Alter höhere Nachmelke und damit längere Nachmelkzeiten bemerkbar, da dann die Melkbecher leichter klettern und die Verbindung zwischen Zitzen- und Euterzisterne unterbrechen.

Mit fortschreitender Laktation sinkt die Milchmenge, dementsprechend nehmen auch die Werte für die Maschinenhauptmelkzeit, durchschnittliches Minutengemelk und höchstes Minutengemelk ab. Der höchste Milchfluß dagegen wird schneller erreicht, da die Milchflußkurve nicht mehr so hoch ansteigt wie zu Beginn der Laktation. Gleichzeitig nehmen aber auch Maschinennachmelk und Maschinennachmelkzeiten zu, denn bei dem nun schlafferen Euter gegen Ende der Laktation werden die Zitzen schneller und weiter in die Zitzenbecher gesaugt und somit abgeschnürt.

Aus den vielfältigen Ergebnissen aller dieser Untersuchungen lassen sich Folgerungen sowohl für konventionelle als auch für milchflußgesteuerte Melkmaschinen ziehen: Zunächst ist für beide Melkmaschinentypen eine technische Optimierung des milchableitenden und vakuumapplizierenden Systems notwendig, um eine weitestgehende Übereinstimmung von Ist- und Soll-Werten der Melkparameter, besonders des Vakuums, zu erreichen, bzw. um die Parameter gegebenenfalls variieren und an die Bedürfnisse der

Tiere anpassen zu können.

Bei k o n v e n t i o n e l l e n M e l k a n l a g e n , bei denen die Parameter über die gesamte Melkzeit eine konstante Höhe aufweisen, sind solche Werte zu wählen, die eine möglichst schnelle, aber auch möglichst vollständige Milchabgabe gewährleisten. Als Kompromiß dieses Zielkonflikts bieten sich eine Vakuumhöhe von 50 kPa, eine Pulszahl von 60 DT/min und eine Saugphase von maximal 80 % an. Eine differenzierte Abstimmung der Parameter auf die einzelnen Tiere ist nicht möglich, da eine Herde in der Regel nicht aus einem einheitlichen Material besteht. Die Tiere weisen z.B. unterschiedliche Milchleistungen und unterschiedliches Milchflußverhalten auf; weiterhin können sie sich in Rasse, Alter, Laktationsstadium usw. unterscheiden. Diesen individuellen Eigenschaften kann die konventionelle Melkanlage nicht Rechnung tragen.

Bei m i l c h f l u ß g e s t e u e r t e n M e l k a n l a g e n sollte dagegen eine individuelle Anpassung der Parameter an das Milchflußverhalten der einzelnen Tiere erfolgen; ausgehend von den Versuchsergebnissen wären folgende Richtwerte als zweckmäßig anzusehen:

- Zu Beginn des Milchentzuges müßten ein Vakuum von 50 kPa, eine Saugphase von 50 % und eine Pulszahl von 60 DT/min appliziert werden, um den Milchfluß in Gang zu setzen.
- Bei steigendem Milchfluß wäre eine Erhöhung des Vakuums auf 60 kPa und eine Erweiterung der Saugphase auf 80 % angebracht, um die volle Melkbereitschaft der Kuh auszunutzen. Die Pulszahl könnte konstant bleiben, da eine Veränderung bei den Untersuchungen keine positiven Auswirkungen auf die Merkmale der Melkbarkeit zeigte.
- Bei abnehmendem Milchfluß wären die Parameter Vakuumhöhe und Saugphase auf 40 kPa und 50 % zu senken, um ein schonendes Melken und eine möglichst vollständige Milchabgabe zu erzielen.

Zusätzlich ließe sich der Phase des Milchentzuges eine Stimu-

lierungsphase vorschalten, um die volle Melkbereitschaft der Kuh zu erreichen. Weiterhin könnte der Maschine das Abschalten der Parameter nach Milchflußende und die Abnahme des Melkzeugs übertragen werden.

Neben diesen technischen Gesichtspunkten darf der Zusammenhang zwischen der hormonellen Steuerung der Milchsekretion und Milchabgabe sowie der Eutergesundheit einerseits und den melkmaschinentechnischen Parametern andererseits - besonders aus langfristiger Sicht - nicht außer Acht gelassen werden. So ließe sich der Milchfluß der Kuh durch eine gezielte Stimulation, vor allem am Anfang und gegen Ende der Milchabgabe, verbessern. Dazu sind Untersuchungen über Art und Grad unterschiedlicher Stimulationen auf die Milchabgabe erforderlich, denn sie beeinflussen in hohem Maße den Übertritt der in den Alveolen gespeicherten Milch in die Milchgänge. Dieser Vorgang wird durch die Wirkung des Ocytocins hervorgerufen. Auch das Hormon Prolaktin wird während des Melkvorganges ins Blut freigesetzt; es ist für die Induktion der Milchbildung bzw. auch für die Aufrechterhaltung einer bereits bestehenden Laktation verantwortlich. Aus diesen Gründen kommt der Hormonfreisetzung beim Milchentzug wesentliche Bedeutung zu (SCHMIDT-POLEX et al 1976 (61)). Dieser Zusammenhang zwischen Milchentzug und neuroendokriner Regulation erfordert Langzeitversuche, da hier Faktoren wie Alter, Laktation, Saisoneinflüsse udgl. eine wichtige Rolle spielen. Parallel dazu sind Untersuchungen des Zellgehaltes der Milch notwendig, um den Einfluß der einzelnen Melkparameter auf die Eutergesundheit zu kontrollieren.

## 9. ZUSAMMENFASSUNG

Künftige Anforderungen an Melkarbeit und Melkmaschine sind in einer Steigerung der Arbeitsleistung bei gleichzeitig verbesserter Qualität der Arbeitserledigung zu sehen, wobei die Ansprüche an die Milchqualität zunehmen. Arbeitswirtschaftliche Verbesserungen lassen sich aber nur dann erzielen, wenn es gelingt, die Zeit für die Milchabgabe zu verkürzen. Vor allem aber sollte das maschinelle Nachgemelk so weit verringert werden, daß die sehr arbeitsaufwendigen und einer weiteren Mechanisierung der Melkarbeit im Wege stehenden Nachmelkarbeiten entfallen können.

Es müssen also melkmaschinentechnische Parameter gefunden werden, die zu einem schnellen und vor allem vollständigen Milchentzug führen. Dazu war es notwendig, den Einfluß der drei wichtigsten Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase auf die Milchabgabe der Kuh zu untersuchen und damit Grundlagen über Möglichkeiten zur Gestaltung des Milchentzuges zu schaffen. Dabei mußten die auftretenden Einflußfaktoren wie Alter, Laktationsstadium und Milchleistung der Kühe erfaßt und in der Analyse des Zusammenwirkens zwischen Melkparametern und Milchentzug berücksichtigt werden. Der bisherige, mehr auf empirisch ermittelten Daten fußende Kenntnisstand reichte nicht aus, eindeutige und gesicherte Aussagen über diese Zusammenhänge zu treffen.

Auf der Versuchsstation Veitshof erfolgte deshalb während des Versuchszeitraumes vom Frühjahr 1974 bis Herbst 1975 die regelmäßige Erfassung der Milchflußkurven aller 30 Braunviehkühe mit der bekannten Dehnungsmeßstreifentechnik; dabei wurden die melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe (40, 50, 60 kPa), Pulszahl (30, 60, 90, 120 DT/min) und Saugphase (20, 40, 60, 80 %) variiert. Die Milchflußkurven wurden in die einzelnen Merkmale der Melkbarkeit zerlegt und deren Abhängigkeit von den drei genannten Faktoren mit Hilfe des t-Tests und der multiplen Regressionsanalyse untersucht.

Dabei war es zunächst notwendig, bei konstant einreguliertem Nennvakuum in der Melkmaschinenvakuumleitung die tatsächlich an der Zitze der Kuh vorhandenen Betriebsvakuum- und Milchflußphasenverhältnisse während des Melkvorganges zu erfassen. Die hierzu erforderlichen vorangestellten *L a b o r u n t e r - s u c h u n g e n* ergaben folgende Ergebnisse:

Das durchschnittliche Betriebsvakuum an der Zitze sank bei zunehmendem Milchfluß von 0 auf 5 l/min unter den Bedingungen einer tiefverlegten Rohrmelkanlage um 5 bis 13 kPa unter das Nennvakuum ab. Die Länge der Milchflußphase nahm mit steigenden Nennvakuumhöhen von 40 auf 60 kPa und steigenden Pulszahlen von 30 auf 120 DT/min ab, mit längeren Saugphasen von 20 auf 80 % jedoch zu. In allen Fällen bewirkte der ansteigende Milchfluß eine Verlängerung der Milchflußphase. Dieser zunächst in Laborversuchen festgestellte Sachverhalt des unterschiedlichen Betriebsvakuums am Euter und der verschiedenen Längen der Milchflußphase mußte bei der Analyse der Auswirkungen der melkmaschinentechnischen Parameter auf die Merkmale der Melkbarkeit berücksichtigt und in die Beurteilung einbezogen werden.

Um bei den *R e i h e n u n t e r s u c h u n g e n* mit der Herde des Veitshofes den Auswirkungen des unterschiedlichen Milchflusses der einzelnen Tiere Rechnung zu tragen, wurde die Herde nach ihrem Milchflußverhalten zwischen Kühen mit hohem Milchfluß (durchschnittliches Minutenhauptgemelk  $> 1,7$  kg/min), mittlerem Milchfluß (DMHG 1,2 - 1,7 kg/min) und niedrigem Milchfluß (DMHG  $< 1,2$  kg/min) unterschieden.

Die einzelnen Melkparameter zeigten folgende Auswirkungen auf die Merkmale der Melkbarkeit:

1. Von den drei Melkparametern wirkte sich das **N e n n v a - k u m** am deutlichsten auf die Milchabgabe der Kuh aus. Bei einer Vakuumerhöhung von 40 über 50 auf 60 kPa war generell ein höherer Milchfluß zu erzielen, was sich in 15 bis 30 % niedrigeren Maschinenhauptmelkzeiten niederschlug. Das höchste Minutengemelk nahm mit steigendem Vakuum bei leichtmelkenden Tieren (Kühe mit hohem Milchfluß) um ca. 10 %, bei schwermelkenden (Kühe mit niedrigem Milchfluß) dagegen um 20 % zu; der Zusammenhang zwischen der Zielgröße höchstes Minutengemelk und den sie erklärenden Variablen Alter, Laktationsstadium, Maschinenhauptgemelk, Maschinenhauptmelkzeit und Nennvakuum war mit multiplen Bestimmtheitsmaßen von 67 und 80 % sehr hoch. Die Zeit bis zum höchsten Milchflußwert sank bei der Vakuumerhöhung von 40 auf 60 kPa bei leichtmelkenden Kühen durchschnittlich von 1,91 auf 1,42 min und bei schwermelkenden Kühen durchschnittlich von 3,27 auf 2,30 min ab. Gleichzeitig verlagerte sich der Hauptmilchfluß an den Anfang der Milchflußkurve. Mit einem höheren Vakuum ließ sich also zu Beginn des Melkvorganges wesentlich mehr Milch entziehen als mit einem niedrigen. Gegen Ende des Milchflusses schien dann ein niedriges Vakuum zu genügen, da nur noch wenig Milch aus den Alveolen nachfloß und die Zitze ausreichend konditioniert war. Direkte Auswirkungen eines höheren Vakuums auf Maschinennachgemelk und -nachmelkzeit waren infolge der außerordentlich großen Streuung dieser Werte nicht nachzuweisen; bei der Betrachtung des durchschnittlichen Minutenhauptgemelks und des durchschnittlichen Minutengesamtgemelks ließ sich dagegen ein Einfluß feststellen, wobei der erste Wert nur das reine Maschinenmelken beinhaltet, der zweite aber auch das maschinelle Nachmelken einschließt. Die mit steigendem Vakuum zunehmende Differenz zwischen beiden Werten wies auf ein höheres Maschinennachgemelk und längere Nachmelkzeiten hin. Während beim Gesamtmaterial der Daten bei 40 kPa die Differenz 0,06 kg/min betrug, stieg sie bei der Vakuumerhöhung auf 60 kPa auf 0,14 kg/min an. Dieser Effekt war bei den

schwermelkenden Tieren besonders bei einem Vakuum über 50 kPa stark ausgeprägt; die leichtmelkenden Kühe wiesen dagegen bei allen Vakuumstufen sehr hohe Nachgemelke auf.

2. Eine Pulszahl von 60 DT/min ermöglichte im Vergleich zu 30 DT/min einen um ca. 15 % schnelleren Milchentzug; diese Wirkung war bei schwermelkenden Tieren am auffälligsten. Dieselbe Tendenz ließ sich bei den Untersuchungen über den Einfluß der Pulszahl auf das durchschnittliche Minutengemelk, das höchste Minutengemelk und auf die Zeit bis zum höchsten Milchfluß feststellen. Hohe Pulszahlen von 90 und 120 DT/min zeigten jedoch nur noch eine geringe Wirkung auf die Melkbarkeitsmerkmale. Die zunehmende Differenz zwischen durchschnittlichem Minutenhauptgemelk und durchschnittlichem Minutengesamtgemelk signalisierte aber, daß mit höheren Pulszahlen mehr nachgemolken werden mußte. Während das durchschnittliche Minutenhauptgemelk anstieg und damit einen schnelleren Milchentzug anzeigte, blieb das durchschnittliche Minutengesamtgemelk auf einem konstanten Wert von 1,19 kg/min; es verdeutlichte, daß durch das längere Nachmelken der milchflußbeschleunigende Effekt beim Maschinenhauptgemelk wieder aufgehoben wurde. Die Veränderungen bei den prozentualen Milchmengen pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit und den dazugehörigen Milchflußgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von den verschiedenen Pulszahlen waren jedoch relativ gering; mit höheren Pulszahlen verschob sich der Milchfluß in seiner Intensität leicht in Richtung Milchflußkurvenanfang. Insgesamt gesehen konnten die Zielgrößen Maschinenhauptmelkzeit und höchstes Minutengemelk durch die Variablen Alter, Laktationsstadium, Milchmenge und Pulszahl weitgehend erklärt werden; die multiplen Bestimmtheitsmaße lagen je nach Milchflußverhalten der Tiergruppen zwischen 43 und 76 %. Für die übrigen Merkmale der Melkbarkeit waren nur weitaus geringere Bestimmtheitsmaße zu finden.

3. Mit zunehmender Länge der Saugphase ließ sich die Maschinenhauptmelkzeit von durchschnittlich 12,16 min bei 20 % Saugphase kurvilinear auf 5,82 min bei 80 % verkürzen, wobei generell ein zügiger Milchentzug nur im Bereich von 50 bis 80 % Saugphase möglich war. Aus dem Vergleich von durchschnittlichem Minutenhauptgemelk und durchschnittlichem Minutengesamtgemelk war zwar bei den niedrigsten Saugphasenlängen auch das geringste Nachgemelk abzulesen, aber aufgrund der extrem langen Melkzeit mußte die Saugphasenlänge von 20 % Saugphase ausscheiden. Zunehmende Saugphasen, hauptsächlich im Bereich von 60 bis 80 % führten besonders bei leichtmelkenden Tieren zu höheren Maschinen-nachgemelken. Das höchste Minutengemelk nahm bei Verlängerung der Saugphase von 20 auf 80 % generell zu, am stärksten bei den leichtmelkenden Tieren im Durchschnitt von 2,21 auf 2,94 kg. Überhaupt reagierten Kühe mit hohem Milchfluß deutlicher auf Veränderungen der Saugphase als schwermelkende. Die prozentuale Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit sowie die dazugehörigen Milchflußgeschwindigkeiten wurden bei einer Ausweitung der Saugphase in den ersten drei Phasen erhöht, während sie im vierten Abschnitt nur noch geringfügig reagierten.
4. Die melkmaschinentechnischen Parameter bestimmten die Merkmale der Melkbarkeit der Gesamtherde in unterschiedlichem Umfang, wobei allerdings auch Alter und Laktationsstadium der einzelnen Kuh von großer Bedeutung waren. Der Einfluß dieser beiden Faktoren wurde folglich in die Auswertung des Datenmaterials miteinbezogen. Mit zunehmendem Alter der Tiere waren generell eine schnellere Milchabgabe, aber auch gleichzeitig höhere Nachgemelke festzustellen. Das Nachgemelk stieg ebenfalls mit fortschreitendem Laktationsstadium, also mit abnehmender Milchmenge.

Aus den gewonnenen Versuchsergebnissen lassen sich im Hinblick auf einen schnellen und vollständigen Milchentzug für die drei melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumböhe, Pulszahl und Länge der Saugphase folgende Aussagen treffen:

Durch die verschieden hohen Werte der Melkparameter, insbesondere des Vakuums und der Saugphasenlänge, sind deutliche Veränderungen des Milchabgabeverhaltens der einzelnen Kuh zu erzielen. Um kurze Milchflußzeiten und geringere Nachgemelke zu erreichen, sollte bei konventionellen Melkanlagen eine Nennvakuumhöhe von 50 kPa, eine Pulszahl von 60 DT/min und eine Saugphase von 60 bis 80 % eingehalten werden. Besonders wichtig ist jedoch, daß die eingestellten Werte der Anlage auch an der Zitze der Kuh, unabhängig vom Milchfluß, zur Wirkung gelangen.

Ferner zeigten die gewonnenen Ergebnisse, daß, entsprechend den individuellen Milchflußkurven der Tiere, während des Milchentzuges unterschiedliche Kräfte notwendig sind, um die Milch zu gewinnen. Aus diesen Gründen würde sich eine stufenweise oder besser kontinuierliche Regelung der Melkparameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Saugphase in Abhängigkeit vom Milchfluß anbieten, um den großen Unterschieden zwischen den einzelnen Kühen hinsichtlich Laktationsstadium, Milchleistung und Melkbarkeit gerecht zu werden. Dazu könnte bei einem steigendem Milchfluß von 0 bis 5 kg/min zu Beginn des Milchentzuges das Nennvakuum von 40 auf 60 kPa steigen, die Pulsfrequenz konstant bei 60 DT/min bleiben und die Saugphase von 50 auf 80 % zunehmen; nach Überschreiten des höchsten Milchflusses und Abnahme der Milchflußintensität könnten die Werte wiederum auf die Ausgangsbasis gesenkt werden. Allerdings wäre es notwendig, diese vorgeschlagenen Werte nochmals in Reihenuntersuchungen mit Tieren anderer Rassen und mit hohen Milchflußraten zu überprüfen, da die auf der Versuchsstation zur Verfügung stehende Herde nur maximale Milchflußwerte von 5 kg/min aufwies.

Schließlich wäre es aber weiterhin auch erforderlich, den Einfluß der technischen Parameter auf den neuroendokrinen Regelkreis sowie auf den Gesundheitszustand der Milchdrüse zu erfassen und zu erforschen. Dies würde eine wertvolle Ergänzung darstellen, um endgültige Aussagen über die Zweckmäßigkeit der Höhe der einzelnen Melkparameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Saugphase treffen zu können.

10. LITERATURVERZEICHNIS:

1. A f i f i , Y. A.: The effect of some mechanical properties of the milking machine on leucocyte counts in milk. Netherland Milk and Dairy Journal 22 (1968), S. 98 - 103
2. A l l i s o n , C.: The effect of pulsation ratio on machine milking. A comparison of milking rates using a control and a wide ratio pulsator. J.Soc. Dairy Techn. 12 (1959), S.153 - 156
3. A n d r e a e , U.: Milchflußmessungen an Kuheutern zur Untersuchung der Melkbarkeit. Züchtungskunde 27 (1955), S. 238 - 244
4. A n d r e a e , U.: The influence of different levels of vacuum (40 cm Hg versus 70 cm Hg) on the flow curves of the udder halves (Alfa Laval versus Bajema). I. Symp. on machine milking, Hamra 1963
5. A n d r e a e , U.: The effect of the pulsation rate on the milk flow curve (48 ppm versus 120 ppm). I.Symp. on machine milking, Hamra 1963
6. A n d r e a e , U.: Wechselbeziehungen zwischen Melkarbei und Melkmaschine. Kongreß "Problematik des maschinellen Milchentzuges", Berlin 1966
7. B a x t e r , E. S., P. M. C l a r k e , F. H. D o d d , A. S. F o o t: Factors affecting the rate of machine milking. J. Dairy Res. 17 (1950), S. 117 - 127
8. B e c k , G. H., H. C. F r y e r , D. B. R o a r k: Use and interpretation of milk flow curves in measuring variations in the response of cows to machine milking. J. Dairy Sci. 34 (1951), S. 58 - 67
9. B e c k e r , F.: Vergleichende Untersuchungen über den Mechanismus des Milchentzuges beim Saugen des Kalbes, beim Handmelken und beim maschinellen Melken. TH München-Weihenstephan, Dissertation 1955

10. B l a u , G.: Beiträge zum Studium des Milchentzuges beim Rind. Züchtungskunde 28 (1956) S. 118 - 137, 286 - 297, 346 - 370
11. B r a n d s m a , S.: Results of some experiments with a high vacuum milking machine (Bajema). I. Symp. on machine milking, Hamra 1963
12. B r a n d s m a , S.: Preliminary results of some experiments with the teat cup assembles of different milking machines. I. Symp. on machine milking, Hamra 1963
13. B r a t l i e , O., P. S l a g s v o l d , S. T o l l i e r s r u d: Pulsation rate and machine milking. I. Symp. on machine milking, Hamra 1963
14. B r a t l i e , O., P. S l a g s v o l d , S. T o l l i e r s r u d: Wide pulsation ratio. I. Symp. on machine milking, Hamra 1963
15. C a r u o l o , E. V., C. M. D e m b i c z a k , R. D. M o c h r i e , R. E. J o h n s o n , H. D. E a t o n , A. A. S p i e l m a n , G. B e a l l: Effects of vacuum level and milking duration on guerneys and holsteins differing with respect to lactation number and status of udder health. II. Milk yield, milking time and rate of milk flow. J. Dairy Sci. 38 (1955), S. 1238 - 1292
16. C l o u g h , P. A., F. H. D o d d , E. W. H u g h e s: Pulsation and milking rate. J. Dairy Res. 20 (1953), S. 375 - 380
17. C l o u g h , P. A. und F. H. D o d d: The relationship between milk secretion and the rate of milking by machine. J. Dairy Res. 24 (1957) S. 152 - 156
18. C l o u g h , P. A.: The short term effects of changes in the vacuum level, pulsation and cluster design on the rate of milk flow. I. Symp. on machine milking, Hamra 1963
19. C o m b e r g , G. und H.-G. Z s c h o m m l e r: Das mittlere und höchste Minutengemelk als Ausdrucksformen der Melkbarkeit von Kuheutern. Züchtungskunde 33 (1961) S. 13 - 31

20. C o w h i g , M. J.: Factors affecting milking performance. Proceedings of the Symp. on machine milking, Reading 1968
21. C o w h i g , M. J. und T. O'F l a h e r t y: A comparison of the milking performance of eight milking machines and their effect on udder irritation. Ir. J. agric. Res. 7 (1968), S. 161 - 171
22. D o d d , F. H.: Normal variations in the rate of machine milking. J. Dairy Res. 20 (1953), S. 301 - 318
23. D o d d , F. H. und A. S. F o o t: The importance of machine milking rate in dairy cow management and breeding. J. Dairy Res. 20 (1953), S. 138 - 145
24. D o d d , F. H.: Research on machine milking. I. Symp. on machine milking, Hamra 1963
25. E i s e n r e i c h , L.: Melkdauer und Höhe des Nachmelkens beim Maschinenmelken im Verlauf der Laktationsperiode. Milchwissenschaft 9 (1954), S. 398 - 402
26. F r i t z , W.: Beitrag zur Klärung von Grundfragen für die Beurteilung und Weiterentwicklung von Melkmaschinen mit Zweiraum-Melkbechern. RKTL - Schriften, Heft 33, 1932
27. G r e g o i r e , A. T., R.D. M o c h r i e , F. J. , E l l i o t , H. D. E a t o n , A. A. S p i e l m a n , G. B e a l l: Effects of vacuum level and milking duration on milk production milking time and rate of milk flow in mastitisfree first calf heifers. J. Dairy Sci. 37 (1954), S. 276 - 283
28. G r i f f i n , T. K. und F. H. D o d d: A note on an indirect measure of machine milking rate. J. Dairy Res. 29 (1962), S. 207 - 210
29. G u t h y , K.: Über den Einfluß von Umweltfaktoren auf die Eutergesundheit unter besonderer Berücksichtigung der Melkmaschine. TH München - Weihenstephan, Dissertation 1968

30. H a c k e r, R. R., J. D. S i k e s, K. W. B o w e r: Effects of premilking stimulation and pulsation ratios of fifty : fifty and seventy : thirty on milking rate and milking time. J. Dairy Sci. 50 (1967), S. 977, Abstract
31. H e l m s t a t t - S t r a c h w i t z, J. Graf von: Untersuchungen über Milchmenge, Melkdauer und Melkgeschwindigkeit an Eutervierteln deformierter und gleichmäßiger Kuheuter. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 7 (1955), S. 13 - 49
32. H e s s e l b a c h, J.: Einfluß der Melkmethode auf den Milchfluß, Landtechnische Forschung 12 (1962), S. 113 - 117
33. H u p f a u e r, M.: Der Einfluß der Druckwechselzeiten von Pulsatoren auf die Melkleistung. Landtechnische Forschung 6 (1956), S. 26 - 31
34. H u p f a u e r, M.: Vergleichende Untersuchungen von Vakuumventilen und Pulsatoren. Kongreßbericht "Problematik des maschinellen Milchentzuges", Berlin 1966
35. H u p f a u e r, M.: Die Pulsregelung beim maschinellen Melken. Landtechnik 11 (1967), S. 357 - 360
36. J o r g e n s o n, K. E. und E. V. C a r u o l o: Milking rate and time, amount of complementary milk, and amount of milk obtained by milking machine as affected by pulsation rates of 30, 50, 70 and 90 simultaneously applied to separate mammary gland quarters. J. Dairy Sci. 46 (1963), S. 624, Abstract
37. L a n g e l ü d d e c k e, H. und H. K l o t h: Einfluß höherer Pulszahlen auf die Melkgeschwindigkeit. Tierzucht 18 (1964), S. 190 - 191
38. M c D o n a l d, J. S. und D. A. W i t z e l: Teat sinus vacua at different milking machine vacua and pulsator ratios. J. Dairy Sci. 50 (1967), S. 1237 - 1240
39. M C D o n a l d, J. S.: Pathogenesis of udder infection. Proceedings of the Symp. on machine milking, Reading 1968

40. M C D o n a l d, J.S.: Relationship of hygiene, milking machine function, and intramammary therapy to udder disease. J. Amer. Vet. Med. Ass. 155 (1968), S. 903 - 914
41. M c D o n a l d, J. S.: Relationship of milking design and function to udder disease. J. Amer. Vet. Med. Ass. 158 (1971), S. 184 - 190
42. M e h n e r t, W. und H. S c h w i d e r s k i: Gerät zum Aufzeichnen der Milchflußkurve beim Melken in Milchleitungen. Deutsche Agrartechnik 19 (1969), S. 309 - 311
43. M e i g s, E. B., L. A. B u r k e y, G.P. S a n d e r s, M. R o g o s a, T. H. C o n v e r s: The relationship of machine milking to the incidence and severity of mastitis. U.S. Dep. of agr. techn. Bull. 922, 1949
44. M e i n, G. A.: Components and standardization. Proceedings of the Symp. on machine milking, Reading 1968
45. M o c h r i e, R. D., H. H. H a l e, C.M. D e m b i c z a k, H. D. F a t o n, W. N. P l a s t r i d g e, R. E. J o h n s o n: Effects of vacuum level and milking duration on guerneys and holsteins differing with respect to lactation number and status of udder health. I. Udder health. J.Dairy Sci. 38 (1955), S. 1272 - 1282
46. M o o r e, C. L.: Effects of pulsation rates of 44, 55 and pulsation ratios of 50 : 50 and 60 : 40 on milking rate and milking time. J. Dairy Sci. 48 (1965), S. 1612 - 1614
47. M o o r e, C. L.: Changing machine pulsation rates and ratios during milking. J. Dairy Sci. 54 (1971), S. 439 - 441
48. N i c h o l s, G. de la M. und D. S. M. P h i l l i p s: A capacitor milk meter for data logging. N.Z.J. agric. Res. 13 (1970), S. 198 - 203
49. N y h a n, J. F.: The effect of vacuum fluctuation on udder disease. Proceedings of the Symp. on machine milking, Reading 1968.

50. O'Shea, J. und O. H. Langley: Effect of pulsation ratio on mastitis incidence. Ir. J. agric. Res. 10 (1971), S. 95 - 101
51. Rabold, K.: Auswirkungen inkonstanter Vakuum-Applikationen beim maschinellen Milchentzug. Kongreß "Problematik des maschinellen Milchentzuges", Berlin 1966
52. Rabold, K.: Untersuchungen an Milchkühen über die Wirkung der Faktoren Pulsfrequenz, Pulsverhältnis und Melkvakuum beim maschinellen Melken auf Melkarbeit und Merkmale der Melkbarkeit. Hohenheim, Habilitation 1967
53. Rabold, K., M. Mayntz, P. Brössamle: Über den Einfluß der Variation von Melkbarkeitsmerkmalen auf das Melkgeschehen. Der Tierzüchter 23 (1971), S. 10 - 12
54. Renner, E.: Mathematisch-statistische Methoden in der praktischen Anwendung. Berlin, Verlag Paul Parey, 1970
55. Sachs, L.: Angewandte Statistik. Berlin 4. Auflage, Springer-Verlag 1974
56. Schliout, W.: Die Melkmaschine. Elektro-Welt, Ausgabe A, 6 (1961), S. 15 - 19
57. Schmidt, G.H., R. S. Guthrie, R. W. Guest, E. B. Hundt oft, A. Kumar, C. R. Hender-son: Effect of changes in milking machine design on milking rate, machine stripping, and mastitis. Cornell University Agricultural Experiment Station, New York State College of Agriculture, Ithaca, Bulletin 983, New York, 1963
58. Schmidt, G. H. und L. D. van Vleck: Measuring milk flow of dairy cows. J. Dairy Sci. 52 (1969) S. 639 - 645
59. Schmidt, G. H.: Biology of Lactation. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1971
60. Schmidt, G. H. und L. D. van Vleck: Principles of dairy science. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1974

61. S c h m i d t - P o l e x, B., D. S c h a m s, H. K a r g:  
Prolaktin - neben Ocytocin ein Indikatorhormon für neuro-  
endokrine Vorgänge bei der Stimulation der Milchdrüse.  
Deutsche Molkereizeitung 97 (1976), S. 707 - 708
62. S c h ö n, H., C. L. P e n, W. W e b e r, F. F r e i b e r -  
g e r: Arbeitsverfahren des Melkens. RKL-Kartei für Ratio-  
nalisierung, Kiel, April/Mai 1975, S. 127 - 226
63. S m i t h, V. R. und W. E. P e t e r s e n: The effect of  
increasing the negative pressure and widening of the vacuum-  
release ratio on the rate of removal of milk from the udder.  
J. Dairy Sci. 29 (1946), S. 45 - 53
64. S m i t h, J. W., R. H. M i l l e r, N. W. H o o v e n, E. D.  
M o o r e: Sources of variation in milk flow characteristics.  
J. Dairy Sci. 57 (1974), S. 1355 - 1363
65. S t a n z e l, H.: Milchfluß-Meßgerät zur Messung von Milch-  
menge  $m$  und Milchfluß  $m/t$  beim Melken. Unveröffentlichtes  
Manuskript, Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan  
1976
66. S t a l l c u p, O. T., J. M. R a k e s, G. L. F o r d: Re-  
lationship between milk flow and anatomical characteristics  
of the udder. J. Dairy Sci. 46 (1963), S.624 - 625, Abstract
67. S t e w a r t, W. E. und L. H. S c h u l t z: Effect of  
vacuum and pulsation rate on rate of milking. J. Dairy Sci.  
39 (1956), S. 926, Abstract
68. S t e w a r t, W. E. und L. H. S c h u l t z: Studies on  
the rate of machine milking of dairy cows. I. Normal varia-  
tions. J. Dairy Sci. 40 (1957), S. 258 - 263
69. S t e w a r t, W. E. und L. H. S c h u l t z: The rate of  
machine milking of dairy cows. II. Effect of vacuum and  
pulsation rate. J. Dairy Sci. 41 (1958), S. 849 - 856
70. S y c h, E.: Über den Einfluß von Pulstaktausbildung und  
Zitzen Gummi auf das Melkvermögen der Melkmaschine. Berlin,  
Habilitation 1961

71. S y c h, E.: Zum Einfluß der Melkmaschine auf die Melkbarkeitsnote. Züchtungskunde 35 (1963), S. 205- 211
72. Th i e l, C. C., P. A. C l o u g h, D. R. W e s t - g a r t h, D. N. A k a m: Mechanics of machine milking. II. The flowrate pattern within single pulsation cycles. J. Dairy Res. 33 (1966), S. 177 - 191
73. Th i e l, C. C.: Forces acting on the teat. Proceedings of the Symp. on machine milking, Reading 1968
74. Th i e l, C. C., P. A. C l o u g h, D. R. W e s t - g a r t h, D. N. A k a m: Factors affecting vacuum within the teatcup liner during milking. J. Dairy Res. 35 (1968), S. 303 - 316
75. Th o m p s o n, P. D. und R. H. M i l l e r: Retrograde flow of milk within machine-milked teats. J. Dairy Sci 57 (1974), S. 1489 - 1496
76. T o m a s z e w s k i, M. A., G. L. H a r g r o v e, J. E. L e g a t e s: An assessment of field measures of milking rate. J. Dairy Sci. 58 (1975), S.545 - 550
77. T o u c h b e r r y, R. W. und H. G. M a r k o s: Variations in the time required to milk cows. J. Dairy Sci. 53 (1970), S. 176 - 187
78. T u r e k, F. und A. H a i g e r: Untersuchungen über eine vereinfachte Melkbarkeitsprüfung. Züchtungskunde 41 (1969), S. 203 - 208
79. W a l s e r, K.: Melkmaschine und Mastitis. Berlin, Verlag Paul Parey 1966
80. W e b e r, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Jena, 7. Auflage, VEB Gustav Fischer Verlag 1972
81. W e h o w s k y, G., G. K o h l s c h m i d t, H. W. H o f f m a n n: Modellvorstellungen über die Entstehung und Gewinnungsmöglichkeiten von Nachmilch und Ergebnisse eines Versuches mit einer automatischen Nachmelkvorrichtung. Monatshefte für Veterinärmedizin 18 (1973), S.733 - 739

82. W e n n e r, H.-L.: Melken - noch ein arbeitswirtschaftliches Problem? Von der Milch auch morgen leben - DLG-Archiv 57, S. 71 - 87, Frankfurt 1976
83. W h i t t l e s t o n e, W. G. und D. S. M. P h i l l i p s: Automatic apparatus for drawing the milk ejection curves of dairy cows under controlled milking conditions. J. Dairy Res. 20 (1953), S. 319 - 326
84. W h i t t l e s t o n e, W. G.: The principles of mechanical milking. Auckland, New Zealand, Blackwood & Janet Paul Ltd. 1968
85. W o r s t o r f f, H.: Zum Einfluß strömungstechnischer Bedingungen in Melkanlagen auf die Anzahl somatischer Zellen in der Milch. Kiel, Dissertation 1970
86. W o r s t o r f f, H.: Einfluß von Vakuumschwankungen in Melkanlagen auf Pulsierung und Eutergesundheit. Landtechnik 31 (1976), S. 528 - 530
87. W o r s t o r f f, H.: Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung des Vakuums in der Melkeinheit. Habilitationsschrift Weihenstephan, in Vorbereitung, 1977
88. DIN 11845 Melkanlagen Begriffe, Mindestanforderungen Vorlage Mai 1976

EDV - Programme:

89. A u e r n h a m m e r, H.: PESK - Programm zur Erstellung statistischer Kenngrößen. Programmbibliothek des Instituts für Landtechnik, TU München - Weihenstephan 1973
90. A u e r n h a m m e r, H.: META - Programm zur Errechnung der Melkbarkeitsmerkmale pro Kuh und Melkzeit. Programmbibliothek des Instituts für Landtechnik, TU München - Weihenstephan 1975
91. A u e r n h a m m e r, H.: AUFMUR - Aufbauende multiple Regression. Programmbibliothek des Instituts für Landtechnik, TU München - Weihenstephan 1976

11. ANHANG:

Zu den

Untersuchungen zum Einfluß der melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase auf die Milchabgabe der Kuh

Dabei bedeuten :

- hoher Milchfluß : durchschnittliches Minutenhauptgemelk 1,70 kg/min.
- mittlerer Milchfluß: durchschnittliches Minutenhauptgemelk 1,20 - 1,70 kg/min
- niedriger Milchfluß: durchschnittliches Minutenhauptgemelk 1,20 kg/min

Anzahl der Tiere in den einzelnen Versuchsperioden :

	Untersuchungen zur		
	Vakuumhöhe	Pulszahl	Saugphase
Tiere mit :			
- hohem Milchfluß	6	8	8
- mittlerem Milchfluß	8	9	14
- niedrigem Milchfluß	6	8	6
insgesamt	20	25	28

Tab.: 1 Maschinenhauptmelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in kg)

Vakuumhöhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n
50	9.15	1.853	20.24	-	57	8.71	2.412	27.70	-	82	7.52	2.150	28.59	-	60
40	9.48	2.025	21.35	-	56	8.03	2.477	30.83	-	83	7.21	2.002	27.78	-	62
50	9.05	2.419	26.75	-	63	8.19	2.455	29.99	-	82	7.21	1.948	27.01	-	65
60	9.01	2.356	26.16	-	63	7.55	2.061	27.30	-	85	6.62	1.938	29.28	-	62
50	8.67	2.050	23.64	-	65	7.09	2.061	29.08	-	84	6.34	1.859	29.31	-	65

Tab.: 2 Maschinenhauptmelkzeiten von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in min)

Vakuumhöhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n
50	4.64	1.097	23.61		57	6.00	1.820	30.33		82	7.41	2.218	29.95		60
40	5.83	1.692	29.05	+++	56	7.79	3.166	40.63	+++	83	9.29	2.168	23.33	+++	62
50	4.93	1.053	21.37	+++	63	6.40	2.936	45.91	++	82	7.46	2.065	27.67	+++	65
60	4.38	0.819	18.72	++	63	4.98	1.693	34.02	+++	85	5.63	1.752	31.14	+++	62
50	4.59	0.902	19.65	-	65	5.57	2.366	42.47	-	84	6.33	1.795	28.37	+	65

Tab.3 : Maschinennachgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in kg)

Vakuumm- höhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	0,24	0,434	180,89		57	0,14	0,265	183,58		82	0,19	0,333	172,85		60
40	0,08	0,170	204,26		56	0,14	0,590	422,99		83	0,11	0,473	433,62		62
50	0,16	0,271	170,98		63	0,12	0,209	170,02		82	0,08	0,196	231,13		65
60	0,25	0,374	146,63		63	0,16	0,207	128,27		85	0,26	0,328	127,09		62
50	0,22	0,417	191,22		65	0,10	0,182	178,33		84	0,14	0,289	199,94		65

Tab.4 : Maschinennachmelkzeiten von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in min)

Vakuumm- höhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	0,86	1,431	167,37		57	0,62	1,279	207,70		82	0,85	1,599	188,15		60
40	0,26	0,534	202,70		56	0,39	1,112	288,45		83	0,38	1,039	277,05		62
50	0,57	0,884	155,70		63	0,45	0,771	173,17		82	0,40	0,798	201,39		65
60	0,71	1,130	160,00		63	0,54	0,791	146,97		85	0,75	0,845	113,28		62
50	0,60	1,016	168,31		65	0,40	0,820	203,98		84	0,57	1,138	201,31		65

Tab.:5 Durchschnittliche Minutenhauptgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen

Vakuüm- höhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	2,00	0,291	14,37	+++	57	1,48	0,231	15,67	+++	82	1,04	0,191	18,41	+++	60
40	1,68	0,336	20,02		56	1,09	0,289	26,46		83	0,78	0,145	18,66		62
50	1,84	0,384	20,91	++	63	1,38	0,339	24,57	+++	82	0,98	0,166	16,99	+++	65
60	2,06	0,445	21,60		63	1,56	0,286	18,29		85	1,21	0,270	22,36		62
50	1,90	0,380	19,94	+	65	1,35	0,300	22,14	+++	84	1,02	0,227	22,26	+++	65

- 164 -

Tab.:6 Durchschnittliche Minutenesamtgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen

Vakuüm- höhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	1,78	0,302	17,03	++	57	1,35	0,248	18,33	+++	82	0,95	0,197	20,73	+++	60
40	1,61	0,294	18,24		56	1,06	0,294	27,78		83	0,76	0,152	19,96		62
50	1,68	0,359	21,37	+	63	1,29	0,339	26,30	+++	82	0,94	0,154	16,38	+++	65
60	1,85	0,407	22,02		63	1,43	0,258	18,01		85	1,10	0,250	22,73		62
50	1,73	0,344	19,87	-	65	1,26	0,290	22,91	+++	84	0,96	0,228	23,81	++	65

Tab.: 7 Höchste Minutengemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in  
Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in kg)

Vakuum- höhe ( k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	2,95	0,438	14,83	+++	57	2,20	0,430	19,60	+++	82	1,57	0,300	19,11	+++	60
40	2,43	0,568	23,43	-	56	1,58	0,370	23,45	+++	83	1,14	0,237	20,82	+++	62
50	2,62	0,532	20,29	+++	63	2,06	0,528	25,58	++	82	1,47	0,287	19,53	+++	65
60	3,08	0,554	17,98	+++	63	2,32	0,478	20,64	+++	85	1,80	0,342	19,02	+++	62
50	2,71	0,593	21,86	+++	65	1,99	0,428	21,47	+++	84	1,51	0,327	21,69	+++	65

Tab.: 8 Zeiten bis zum höchsten Milchfluß von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in  
Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in min)

Vakuum- höhe ( k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	1,58	0,743	47,04	++	57	2,68	1,398	52,10	++	82	3,13	1,811	57,96	++	60
40	2,07	0,808	39,11	++	56	3,47	2,114	60,89	++	83	4,08	2,067	50,71	+++	62
50	1,58	0,609	38,47	+	63	2,55	1,477	58,01	+++	82	2,52	1,578	62,56	+++	65
60	1,35	0,687	51,11	++	63	1,84	1,145	62,09	+	85	1,66	1,002	60,32	++	62
50	1,69	0,611	36,18		65	2,22	1,230	55,31		84	2,24	1,187	53,03		65

Tab.: 9 Prozentuale Milchmengen in der 1.Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumbhöhen ( $\bar{x}$  in %)

Vakuumbhöhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	27,84	5,674	20,38		57	25,91	5,534	21,36		82	28,77	6,122	21,28		60
40	25,44	5,139	20,20	+	56	25,14	4,865	19,35	-	83	26,05	5,547	21,29	+	62
50	27,28	4,820	17,67	+	63	25,27	5,500	21,76	-	82	30,64	6,700	21,87	+++	65
60	29,75	5,843	19,64	+	63	28,95	7,132	24,63	+++	85	31,08	8,415	27,07	-	62
50	26,34	4,848	18,41	+++	65	26,03	5,489	21,08	++	84	29,05	7,834	26,97	-	65

Tab.: 10 Prozentuale Milchmengen in der 2.Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumbhöhen ( $\bar{x}$  in %)

Vakuumbhöhe (k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
50	36,63	5,010	13,68		57	35,42	6,045	17,07		82	34,49	4,640	13,46		60
40	35,47	4,439	12,52	-	56	33,92	5,047	14,88	-	83	33,02	4,217	12,77	-	62
50	35,63	5,368	15,07	-	63	36,91	5,644	15,29	+++	82	34,32	4,252	12,39	-	65
60	38,02	5,112	13,45	+	63	35,72	6,191	17,33	-	85	34,19	4,211	12,32	-	62
50	35,16	3,790	10,78	++	65	35,79	4,797	13,40	-	84	34,25	4,410	12,88	-	65

Tab.: 11 Prozentuale Milchmengen in der 3. Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in %)

Vaku- höhe ( k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n
50	24.17	5.258	21.76	-	57	24.77	5.727	23.12	+	82	23.73	6.539	27.55	+	60
40	25.99	5.237	20.14	-	56	26.42	4.867	18.42	-	83	26.24	5.327	20.30	+++	62
50	25.01	4.461	17.84		63	25.57	5.144	20.12		82	22.06	6.438	29.18		65
60	22.33	6.110	27.36	++	63	22.92	6.834	29.82	++	85	22.38	6.984	31.21	-	62
50	26.55	4.708	17.74	+++	65	25.24	5.356	21.22	+	84	23.80	7.467	31.38	-	65

-167-

Tab.: 12 Prozentuale Milchmengen in der 4. Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Nennvakuumhöhen ( $\bar{x}$  in %)

Vaku- höhe ( k Pa)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	s	VK	Sign. 95%	n
50	11.35	5.772	50.87	-	57	13.89	5.331	38.39	-	82	12.99	4.820	37.10	-	60
40	13.08	4.821	36.87	-	56	14.50	5.483	37.82	++	83	14.66	4.884	33.31	+	62
50	12.06	5.585	46.29	+	63	12.23	4.275	34.96	-	82	12.96	4.264	32.89	-	65
60	9.88	4.906	49.65	+	63	12.39	4.705	37.97	-	85	12.33	4.947	40.11	-	62
50	11.94	4.897	41.01		65	12.92	4.307	33.33		84	12.89	4.960	38.48		65

Tab.:13 Maschinenhauptgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in kg)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	6.98	1.777	25.45	-	69	6.58	1.551	23.57	-	92	6.08	1.433	23.56	-	75
30	7.07	1.630	23.06	-	82	6.19	1.456	23.52	-	87	6.10	1.328	21.76	-	87
60	6.63	1.722	25.96	+++	86	5.84	1.302	22.29	+++	82	5.85	1.121	19.17	+++	88
90	5.69	1.583	27.81	++	85	4.80	1.221	25.41	-	87	5.05	1.175	23.26	-	83
60	4.98	1.615	32.41	-	94	4.98	1.445	29.02	-	105	4.76	1.034	21.74	-	88
120	5.07	1.555	30.69	-	74	4.69	1.656	35.30	-	102	4.84	1.230	25.40	-	80
60	4.75	1.419	29.89	-	74	4.29	1.662	38.76	-	90	4.67	1.092	23.39	-	82

Tab.:14 Maschinenhauptmelkzeiten von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in min)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	3.83	0.791	20.64	+++	69	4.78	1.209	25.30	++	92	6.33	1.946	30.76	++	75
30	4.32	0.866	20.02	+++	82	5.30	1.362	25.72	+++	87	7.38	2.091	28.35	+++	87
60	3.81	0.923	24.23	-	86	4.31	1.203	27.92	++	82	6.27	2.077	33.11	+++	88
90	3.55	1.038	29.25	-	85	3.74	1.256	33.57	-	87	5.33	1.328	24.92	-	83
60	3.29	1.034	31.45	-	94	3.68	1.146	31.16	-	105	5.21	1.373	26.37	-	88
120	3.21	0.854	26.57	-	74	3.34	1.403	42.00	-	102	5.08	1.597	31.46	-	80
60	3.23	0.840	26.04	-	74	3.26	1.221	37.45	-	90	5.05	1.375	27.23	-	82

Tab.:15 Maschinennachgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in kg)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	0.12	0.208	169.80		69	0.10	0.182	182.42		92	0.12	0.218	176.16		75
30	0.14	0.239	175.62		82	0.12	0.200	167.96		87	0.08	0.164	195.74		87
60	0.22	0.318	147.52		86	0.14	0.247	179.36		82	0.10	0.219	211.74		88
90	0.33	0.290	86.93		85	0.26	0.303	114.69		87	0.14	0.195	143.28		83
60	0.33	0.290	87.98		94	0.21	0.234	109.61		105	0.14	0.207	144.38		88
120	0.34	0.342	99.78		74	0.28	0.191	67.29		102	0.17	0.227	131.60		80
60	0.32	0.323	100.13		74	0.24	0.201	84.85		90	0.10	0.176	168.78		82

Tab.: 16 Maschinennachmelkzeiten von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in min)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	0.39	0.856	216.19		69	0.31	0.548	176.80		92	0.49	0.852	173.82		75
30	0.38	0.738	192.19		82	0.43	0.755	174.06		87	0.38	0.764	201.49		87
60	0.48	0.683	143.36		86	0.44	0.750	169.61		82	0.37	0.761	204.46		88
90	0.98	1.007	102.46		85	0.85	0.867	101.96		87	0.50	0.765	153.02		83
60	0.83	0.776	93.54		94	0.72	0.801	111.08		105	0.52	0.770	147.30		88
120	0.89	1.088	121.97		74	0.74	0.539	79.32		102	0.54	0.719	132.94		80
60	0.85	0.932	109.97		74	0.64	0.644	100.77		90	0.34	0.516	149.82		82

Tab.: 17 Durchschnittliche Minutenhauptgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen (x in kg/min)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	1.83	0.319	17.38	+++	69	1.40	0.222	15.86	+++	92	1.00	0.205	20.55	+++	75
30	1.65	0.272	16.54	+	82	1.19	0.190	16.05	+++	87	0.85	0.183	21.40	+++	87
60	1.76	0.357	20.24	-	86	1.39	0.223	16.12	-	82	0.98	0.212	21.58	-	88
90	1.67	0.447	26.72	-	85	1.35	0.311	23.09	-	87	0.96	0.160	16.66	-	83
60	1.58	0.426	26.98	-	94	1.38	0.225	16.36	-	105	0.93	0.170	18.24	-	88
120	1.62	0.435	26.85	-	74	1.45	0.288	19.88	+	102	0.98	0.180	18.39	-	80
60	1.51	0.439	29.00	-	74	1.33	0.292	22.01	-	90	0.95	0.174	18.40	-	82

Tab.: 18 Durchschnittliche Minutengesamtgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  kg/min)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	1.72	0.367	21.29	++	69	1.33	0.212	15.99	+++	92	0.93	0.195	21.02	+++	75
30	1.55	0.287	18.47	-	82	1.12	0.201	17.97	+++	87	0.82	0.175	21.44	+++	87
60	1.63	0.354	21.73	+++	86	1.29	0.248	19.18	++	82	0.93	0.208	22.27	-	88
90	1.39	0.380	27.36	-	85	1.16	0.287	24.74	-	87	0.89	0.140	15.73	-	83
60	1.34	0.346	25.83	-	94	1.20	0.229	19.10	-	105	0.87	0.164	18.84	-	88
120	1.38	0.378	27.45	-	74	1.24	0.255	20.56	-	102	0.90	0.164	18.16	-	80
60	1.30	0.365	28.12	-	74	1.16	0.270	23.30	-	90	0.90	0.158	17.63	-	82



Tab.: 21 Prozentuale Milchmenge in der 1.Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in %)

Pulszahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	24.54	7.386	30.10	-	69	25.90	8.673	33.49	-	92	26.48	5.192	19.61	-	75
30	25.99	6.398	24.02	-	82	25.32	7.181	28.36	-	87	24.25	4.296	17.71	-	87
60	27.25	7.359	27.01	+++	86	26.60	7.240	27.22	++	82	26.01	4.839	18.59	++	88
90	32.00	9.599	29.99	+++	85	30.62	10.210	33.35	++	87	29.22	7.741	26.49	++	83
60	27.05	8.083	29.89	+++	94	26.84	7.390	27.53	-	105	26.25	5.806	22.12	-	88
120	31.74	9.477	29.85	-	74	27.45	9.601	34.98	-	102	27.50	6.377	23.19	-	80
60	30.31	8.615	28.42	-	74	27.74	11.072	39.92	-	90	26.20	6.755	25.78	-	82

Tab.: 22 Prozentuale Milchmenge in der 2.Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in %)

Pulszahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	37.35	6.109	16.35	++	69	34.71	4.833	13.92	+	92	33.66	4.309	12.80	-	75
30	34.56	4.351	12.59	+	82	32.93	4.795	14.56	-	87	32.38	4.414	13.63	-	87
60	36.52	5.423	14.85	-	86	33.34	4.069	12.20	+	82	32.88	4.023	12.24	-	88
90	37.63	6.154	16.36	-	85	35.33	6.867	19.44	-	87	34.07	4.731	13.89	-	83
60	36.61	5.280	14.42	++	94	35.01	5.639	16.11	-	105	33.40	3.525	10.56	-	88
120	38.38	6.170	16.08	-	74	36.51	6.956	19.05	-	102	33.97	4.966	14.62	-	80
60	38.19	7.000	18.33	-	74	36.83	7.126	19.35	-	90	34.11	4.427	12.98	-	82

Tab.:23 Prozentuale Milchmenge in der 3.Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in %)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	26.34	6.654	25.27	-	69	25.41	6.887	27.10	-	92	25.43	5.081	19.98	+	75
30	25.75	5.359	20.81	+	82	26.12	5.708	21.85	-	87	27.35	4.672	17.08	+	87
60	23.85	6.801	28.52	++	86	25.18	5.936	23.57	++	82	25.80	4.484	17.38	++	88
90	20.64	8.215	39.80	+++	85	22.48	7.053	31.37	+	87	23.59	6.397	27.11	+	83
60	24.72	7.336	29.68	+++	94	24.86	6.593	26.52	+	105	25.74	5.486	21.31	-	88
120	20.47	8.064	39.39	-	74	24.17	7.439	30.78	-	102	24.19	6.799	28.11	-	80
60	20.87	7.922	37.95	-	74	23.13	7.898	34.14	-	90	24.74	5.951	24.05	-	82

Tab.:24 Prozentuale Milchmenge in der 4.Phase der Maschinenhauptmelkzeit von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Pulszahlen ( $\bar{x}$  in %)

Puls- zahl (DT/min)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	11.75	4.862	41.37	+	69	13.96	4.572	32.76	+	92	14.42	4.648	32.25	+	75
30	13.68	4.630	33.85	-	82	15.60	4.817	30.87	-	87	16.01	4.303	26.88	-	87
60	12.37	4.707	38.06	+++	86	14.86	5.134	34.55	+++	82	15.26	4.715	30.89	++	88
90	9.71	4.396	50.84	+	85	11.55	5.508	47.68	+	87	13.09	4.597	35.11	+	83
60	11.61	4.957	42.71	++	94	13.27	5.596	42.18	-	105	14.59	4.495	30.80	-	88
120	9.39	5.339	56.88	-	74	11.86	5.935	50.05	-	102	14.33	4.902	34.21	-	80
60	10.61	5.056	47.67	-	74	12.28	5.371	43.74	-	90	14.92	5.420	36.31	-	82

Tab.:25 Maschinenhauptmelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in kg)

Saugphasen (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	6.88	2.081	30.23	+++	47	8.42	2.373	28.20	-	136	6.14	1.553	25.28	-	52
80	8.68	2.772	31.95	-	58	8.68	2.442	28.14	-	137	6.18	2.103	34.00	-	60
60	8.67	3.517	40.57	-	63	8.58	2.254	26.28	-	151	6.09	2.122	34.86	-	60
40	9.62	3.165	32.91	-	81	8.84	2.946	33.31	-	153	5.85	2.260	38.62	++	60
60	9.29	3.366	36.23	-	79	8.39	2.811	33.49	-	156	7.03	1.744	24.82	-	46
20	9.37	3.154	33.65	-	79	8.73	2.186	25.03	+	114	7.42	0.845	11.38	-	30
60	8.79	3.123	35.52	-	86	8.04	1.965	24.43	-	130	7.50	0.818	10.90	-	33

-174-

Tab.:26 Maschinenhauptmelkzeiten von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in min)

Saugphasen (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	B	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	m
60	3.64	1.139	31.27	-	47	6.36	1.787	28.10	-	136	6.85	2.646	38.65	-	52
80	4.09	1.263	30.91	+	58	6.05	1.661	27.46	-	137	7.02	2.271	32.36	-	60
60	4.71	1.872	39.72	+++	63	6.19	1.707	27.57	+++	151	7.01	3.010	42.93	-	60
40	5.89	2.155	36.57	++	81	8.14	2.870	35.28	+++	153	8.11	3.669	45.25	-	60
60	4.98	1.828	36.70	+++	79	6.42	1.983	30.88	+++	156	8.72	2.825	32.38	-	46
20	9.56	3.442	36.00	+++	79	13.64	4.058	29.75	+++	114	15.22	2.486	16.33	+++	30
60	4.52	1.532	33.87	+++	86	5.99	1.787	29.81	+++	130	8.48	2.005	23.63	+++	33

Tab.:27 Maschinennachmelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in kg)

Saug- phase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	0.39	0.290	74.87		47	0.13	0.286	219.20		136	0.10	0.139	135.22		52
80	0.26	0.269	104.87		58	0.13	0.261	196.66		137	0.12	0.174	140.19		60
60	0.26	0.245	93.75		63	0.15	0.618	402.68		151	0.09	0.136	150.83		60
40	0.19	0.250	128.76		81	0.09	0.254	268.63		153	0.08	0.134	171.13		60
60	0.22	0.291	129.87		79	0.14	0.311	224.49		156	0.25	0.421	166.28		46
20	0.04	0.082	187.22		79	0.14	0.288	200.88		114	0.14	0.212	155.95		30
60	0.18	0.226	126.58		86	0.12	0.207	176.55		130	0.19	0.317	164.25		33

Tab.:28 Maschinennachmelkzeiten von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen  $\bar{x}$  in min)

Saug- phase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	0.98	1.001	101.68		47	0.40	0.835	207.30		136	0.39	0.536	137.75		52
80	0.70	0.804	115.14		58	0.34	0.622	184.39		137	0.47	0.643	136.55		60
60	0.72	0.714	98.91		63	0.40	0.829	208.71		151	0.38	0.570	152.07		60
40	0.53	0.723	135.45		81	0.29	0.626	213.86		153	0.33	0.548	164.36		60
60	0.56	0.738	132.52		79	0.33	0.585	176.31		156	0.82	1.349	164.32		46
20	0.21	0.389	186.25		79	0.79	1.551	195.97		114	0.97	1.601	164.16		30
60	0.54	0.782	144.63		86	0.42	0.826	196.48		130	0.86	1.388	162.11		33

Tab.: 29 Durchschnittliche Minutenhauptgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in kg/min)

Saugphase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	1.94	0.352	18.16	++	47	1.33	0.208	15.61	+++	136	0.94	0.159	16.89	+	52
80	2.16	0.388	17.98	++	58	1.45	0.242	16.72	-	137	0.88	0.136	15.40	-	60
60	1.91	0.489	25.58	++	63	1.41	0.236	16.81	+++	151	0.90	0.140	15.61	+++	60
40	1.69	0.341	20.16	+++	81	1.11	0.193	17.41	+++	153	0.74	0.162	21.90	++	60
60	1.89	0.304	16.67	+++	79	1.31	0.255	19.53	+++	156	0.83	0.180	21.65	+++	46
20	1.00	0.199	19.83	+++	79	0.66	0.158	24.06	+++	114	0.50	0.105	21.08	+++	30
60	1.96	0.334	17.02		86	1.38	0.242	17.61		130	0.91	0.164	17.95		33

Tab.: 30 Durchschnittliche Minutenesamtgemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in kg/min)

Saugphase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	1.62	0.359	22.21	+++	47	1.27	0.203	16.07	+++	136	0.89	0.136	15.26	-	52
80	1.89	0.389	20.64	++	58	1.39	0.234	16.88	-	137	0.84	0.142	16.94	-	60
60	1.68	0.449	26.81	-	63	1.34	0.236	17.55	+++	151	0.85	0.132	15.55	+++	60
40	1.56	0.324	20.77	++	81	1.08	0.197	18.33	+++	153	0.72	0.164	22.91	+	60
60	1.72	0.331	19.18	+++	79	1.26	0.256	20.28	+++	156	0.79	0.192	24.16	+++	46
20	0.98	0.191	19.44	+++	79	0.64	0.163	25.69	+++	114	0.48	0.114	23.75	+++	30
60	1.79	0.373	20.87		86	1.31	0.240	18.39		130	0.86	0.178	20.78		33

Tab.: 31 Höchste Minutengemelke von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in kg)

Saugphase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	2.98	0.242	14.21	++	47	1.96	0.364	18.58	+++	136	1.31	0.317	24.26	-	52
80	3.26	0.541	16.60	+++	58	2.11	0.349	16.53	++	137	1.36	0.426	31.43	-	60
60	2.79	0.648	23.19	+++	63	1.98	0.361	18.28	+++	151	1.30	0.309	23.84	+++	60
40	2.46	0.470	19.15	+++	81	1.54	0.244	15.85	+++	153	1.03	0.335	32.64	++	60
60	2.77	0.419	15.15	+++	79	1.83	0.335	18.35	+++	156	1.25	0.371	29.73	+++	46
20	1.44	0.265	18.41	+++	79	0.85	0.187	22.12	+++	114	0.63	0.170	26.79	+++	30
60	2.89	0.403	13.94		86	1.87	0.274	14.67		130	1.37	0.353	25.83		33

Tab.: 32 Zeiten bis zum höchsten Milchfluß von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in min)

Saugphase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	1.19	0.425	35.83	++	47	2.53	1.587	62.79	-	136	2.90	1.890	65.10	-	52
80	1.51	0.651	43.05	+	58	2.76	1.390	50.42	-	137	3.18	1.540	48.43	++	60
60	1.85	1.126	60.88	-	63	2.87	1.620	56.53	++	151	2.49	1.369	54.95	++	60
40	2.13	1.131	53.01	-	81	3.55	2.166	61.06	+	153	3.16	1.560	49.38	-	60
60	1.99	1.166	58.58	+++	79	3.05	1.658	54.29	+++	156	3.08	1.659	53.93	+++	46
20	3.04	1.943	63.89	+++	79	5.54	3.388	61.20	+++	114	5.40	2.852	52.82	+++	30
60	1.71	0.977	57.26		86	2.53	1.369	54.06		130	2.50	1.450	57.99		33

Tab.: 33 Prozentuale Milchmenge in der 1. Phase von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in

Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in %)

Saug- phase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	28.97	8.300	28.65	-	47	29.27	7.659	26.17	+	126	24.72	6.300	25.49	-	52
80	29.11	5.966	20.49	-	58	27.41	6.847	24.98	-	137	26.91	8.364	31.08	-	60
60	27.08	7.707	28.46	-	63	26.96	6.820	25.29	-	151	26.76	7.545	28.20	-	60
40	26.69	5.950	22.29	-	81	26.75	6.199	23.17	-	153	25.11	5.915	23.55	++	60
60	26.09	5.552	21.28	-	79	25.67	5.564	21.68	+	156	29.20	7.052	24.15	++	46
20	26.83	6.016	22.42	-	79	24.39	3.098	12.70	+++	114	25.38	3.102	12.22	+++	30
60	28.11	6.693	23.81	-	86	26.37	4.633	17.57	-	130	30.39	7.223	23.77	-	33

Tab.: 34 Prozentuale Milchmenge in der 2. Phase von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in

Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in %)

Saug- phase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	38.10	5.626	14.76	-	47	33.84	4.752	14.05	+	136	32.23	3.215	9.98	-	52
80	38.02	5.389	14.17	+	58	34.16	5.394	15.79	-	137	33.08	3.836	11.60	-	60
60	36.13	4.426	12.25	-	63	33.02	4.586	13.89	-	151	33.27	3.435	10.32	-	60
40	35.93	3.869	10.77	-	81	33.04	4.015	12.15	-	153	32.16	3.224	10.03	-	60
60	36.79	5.209	14.16	+++	79	33.59	4.862	14.47	+++	156	33.41	3.321	9.94	+++	46
20	33.71	2.927	8.68	+++	79	30.28	2.508	8.28	+++	114	29.65	2.582	8.71	+++	30
60	36.87	5.073	13.76	-	86	33.46	3.576	10.69	-	130	32.97	3.206	9.72	-	33

... Prozentuale Milchmenge in der 3. Phase von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in  
Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in %)

Saug- phase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	23.05	6.554	28.44	-	47	23.32	6.377	27.35	-	136	26.83	4.855	18.09	-	52
80	23.02	6.010	26.11	-	58	24.47	6.744	27.56	-	137	25.21	6.146	24.38	-	60
60	24.22	5.872	24.25	-	63	25.06	6.010	23.99	-	151	25.21	5.393	21.39	-	60
40	25.05	5.240	20.92	-	81	25.35	5.339	21.06	-	153	25.92	4.907	18.94	+	60
60	25.47	5.145	20.20	-	79	25.63	5.404	21.09	+++	156	23.79	5.268	22.14	++	46
20	25.61	4.713	18.40	+	79	27.83	2.398	8.62	+++	114	27.20	2.349	8.64	+++	30
60	23.55	6.319	26.84		86	26.16	4.234	16.19		130	22.99	5.865	25.51		33

Tab.:36 Prozentuale Milchmenge in der 4. Phase von Kühen mit unterschiedlichem Milchfluß in  
Abhängigkeit von verschiedenen Saugphasenlängen ( $\bar{x}$  in %)

Saug- phase (%)	hoher Milchfluß					mittlerer Milchfluß					niedriger Milchfluß				
	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n	$\bar{x}$	S	VK	Sign. 95%	n
60	9.86	4.331	43.92	-	47	13.56	4.935	36.39	-	136	16.20	4.129	25.48	-	52
80	9.83	5.007	50.96	++	58	13.94	5.583	40.05	-	137	14.78	4.797	32.46	-	60
60	12.56	4.626	36.85	-	63	14.94	5.225	34.98	-	151	14.74	4.240	28.76	+	60
40	12.31	4.726	38.40	-	81	14.83	4.719	31.82	-	153	16.79	4.665	27.78	+++	60
60	11.64	4.915	42.24	++	79	15.09	5.391	35.72	+++	156	13.59	4.344	31.97	+++	46
20	13.82	3.181	23.01	++	79	17.48	4.027	23.04	+++	114	17.74	4.259	24.01	+++	30
60	11.46	4.495	39.23		86	13.99	4.173	29.83		130	13.63	4.015	29.45		33

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und der Maschinenhauptmelkzeit für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = -0,553 + 0,099 \cdot x_1 - 0,590 \cdot x_2 + 0,809 \cdot x_3 + 141,295 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (7,303)	6,053	n = 304
$x_2$ = Gesamtgemelk (9,319)	-4,542	B = 0,57
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (9,059)	6,042	F = 100,07
$x_4$ = Nennvakuum $1/x$ (40-60)	7,774	

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = 0,587 - 0,322 \cdot x_1 - 0,097 \cdot x_2 - 0,094 \cdot x_3 + 0,349 \cdot x_4 + 275,532 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,448)	-2,203	n = 426
$x_2$ = Alter (5,110)	-2,300	B = 0,70
$x_3$ = Laktationsstadium (19,603)	-6,716	F = 195,03
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (7,854)	5,475	
$x_5$ = Nennvakuum $1/x$ (40-60)	10,331	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = -2,929 - 0,205 \cdot x_1 - 0,023 \cdot x_2 - 0,583 \cdot x_3 + 1,206 \cdot 7,016 + 372,139 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (5,349)	-4,384	n = 304
$x_2$ = Laktationsstadium (22,243)	-4,278	B = 0,72
$x_3$ = Gesamtgemelk (7,234)	-2,664	F = 152,22
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (7,016)	5,790	
$x_5$ = Nennvakuum $1/x$ (40-60)	13,656	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und dem durchschnittlichen Minutenhauptgemelk bzw. dem durchschnittlichen Minutengesamtgemelk für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

DMHG :

$$y = 2,239 + 0,029 \cdot x_1 - 34,460 \cdot \frac{1}{x_2}$$

t-Werte

$$x_1 = \text{Laktationsstadium (12,234)}$$

$$x_2 = \text{Nennvakuum } 1/x \text{ (40-60)}$$

8,197	n = 304
- 4,559	B = 0,26
	F = 52,47

DMGG :

$$y = 0,970 + 0,019 \cdot x_1 + 0,012 \cdot x_2$$

t-Werte

$$x_1 = \text{Alter (7,303)}$$

$$x_2 = \text{Nennvakuum (40-60)}$$

3,940	n = 304
3,998	B = 0,09
	F = 14,97

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

DMHG :

$$y = 2,324 + 0,037 \cdot x_1 - 56,455 \cdot \frac{1}{x_2}$$

t-Werte

$$x_1 = \text{Alter (5,110)}$$

$$x_2 = \text{Nennvakuum } 1/x \text{ (40-60)}$$

5,469	n = 426
-10,752	B = 0,26
	F = 73,28

DMGG :

$$y = 2,117 + 0,015 \cdot x_1 - 45,325 \cdot \frac{1}{x_2}$$

t-Werte

$$x_1 = \text{Alter (5,110)}$$

$$x_2 = \text{Nennvakuum } 1/x \text{ (40-60)}$$

2,194	n = 426
- 8,535	B = 0,16
	F = 38,95

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

DMHG:

$$y = -3,128 + 2,436 \cdot \log x_1$$

t-Werte

$$x_1 = \text{Nennvakuum } \log \text{ (40-60)}$$

11,716	n = 304
	B = 0,31
	F = 137,26

DMGG :

$$y = 2,487 + 0,019 \cdot x_1 - 0,003 \cdot x_2 + 1,997 \cdot \log x_3$$

t-Werte

$$x_1 = \text{Alter (5,349)}$$

$$x_2 = \text{Laktationsstadium (22,243)}$$

$$x_3 = \text{Nennvakuum } \log \text{ (40-60)}$$

2,786	n = 304
- 3,702	B = 0,29
10,200	F = 40,49

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und dem höchsten Minutengemelk für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = 1,254 + 0,106 \cdot x_1 - 0,014 \cdot x_2 + 0,280 \cdot x_3 - 0,368 \cdot x_4 + 0,015 \cdot x_5$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,457)	2,613	n = 304
$x_2$ = Laktationsstadium (12,234)	- 3,067	B = 0,67
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (9,059)	19,857	F = 119,43
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,854)	-16,561	
$x_5$ = Nennvakuum (40-60)	4,345	

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = -0,047 + 0,091 \cdot x_1 + 0,012 \cdot x_2 + 0,188 \cdot x_3 - 0,157 \cdot x_4 + 0,017 \cdot x_5$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (5,110)	11,282	n = 426
$x_2$ = Laktationsstadium (19,603)	4,548	B = 0,72
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (7,854)	15,613	F = 220,82
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,125)	-17,241	
$x_5$ = Nennvakuum (40-60)	7,135	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = -2,683 + 0,044 \cdot x_1 + 0,019 \cdot x_2 + 0,009 \cdot x_3 + 0,188 \cdot x_4 - 0,105 \cdot x_5 + 1,925 \cdot x_6$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,447)	2,223	n = 304
$x_2$ = Alter (5,349)	3,034	B = 0,80
$x_3$ = Laktationsstadium (22,243)	11,870	F = 200,82
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (7,016)	25,345	
$x_5$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,272)	-13,928	
$x_6$ = Nennvakuum (40-60)	8,828	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen dem Nennvakuum und der Zeit bis zum höchsten Milchfluß für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = 5,737 - 0,174 \cdot x_1 + 0,165 \cdot x_2 - 2,732 \cdot \log x_3$$

t-Werte

$x_1$ = Melkzeit (1,457)	- 2,274	n = 304
$x_2$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,854)	4,951	B = 0,19
$x_3$ = Nennvakuum log (40-60)	- 3,706	F = 23,43

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = 0,194 - 0,048 \cdot x_1 + 0,301 \cdot x_2 + 70,500 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Laktationsstadium (19,603)	- 8,057	n = 426
$x_2$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,125)	10,577	B = 0,69
$x_3$ = Nennvakuum $1/x$ (40-60)	3,937	F = 320,48

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = 13,115 - 0,240 \cdot x_1 - 0,046 \cdot x_2 - 0,184 \cdot x_3 + 0,354 \cdot x_4 - 5,500 \cdot \log x_5$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,349)	-5,463	n = 304
$x_2$ = Laktationsstadium (22,243)	-9,040	B = 0,58
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (7,016)	-3,622	F = 82,45
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,272)	6,797	
$x_5$ = Nennvakuum log (40-60)	-3,641	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen dem Nenn-  
vakuum und der prozentualen Milchmenge pro Phase der Maschinen-  
hauptmelkzeit für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = 5,916 - 0,271 \cdot x_1 + 1,377 \cdot x_2 + 0,356 \cdot x_3$$

	t-Werte	
$x_1$ = Laktationsstadium (12,234)	- 4,959	n = 304
$x_2$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,854)	5,308	B = 0,17
$x_3$ = Nennvakuum (40-60)	7,063	F = 21,15

2. Phase:

$$y = 25,571 - 0,191 \cdot x_1 + 0,570 \cdot x_2 + 0,203 \cdot x_3$$

	t-Werte	
$x_1$ = Laktationsstadium (12,234)	- 3,685	n = 304
$x_2$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,854)	2,322	B = 0,08
$x_3$ = Nennvakuum (40-60)	4,205	F = 8,15

3. Phase:

$$y = 43,639 + 0,265 \cdot x_1 - 1,245 \cdot x_2 - 0,319 \cdot x_3$$

	t-Werte	
$x_1$ = Laktationsstadium (12,234)	4,832	n = 304
$x_2$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,854)	- 4,792	B = 0,15
$x_3$ = Nennvakuum (40-60)	- 6,258	F = 17,51

4. Phase:

$$y = 23,212 + 0,692 \cdot x_1 - 1,252 \cdot x_2 - 0,234 \cdot x_3$$

	t-Werte	
$x_1$ = Maschinenhauptgemelk (9,060)	3,952	n = 304
$x_2$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,854)	- 3,820	B = 0,09
$x_3$ = Nennvakuum (40-60)	- 4,605	F = 10,17

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = -0,273 + 0,533 \cdot x_1 + 0,208 \cdot x_2 - 0,458 \cdot x_3$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,110)	3,443	n = 426
$x_2$ = Laktationsstadium (19,603)	4,039	B = 0,22
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (7,854)	-1,970	F = 23,99
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,125)	7,157	
$x_5$ = Nennvakuum (40-60)	6,906	

2. Phase:

$$y = 30,152 + 0,891 \cdot x_1 + 0,209 \cdot x_2 + 0,728 \cdot x_3 - 382,905 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,110)	6,261	n = 426
$x_2$ = Laktationsstadium (19,603)	5,894	B = 0,25
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,125)	4,646	F = 35,97
$x_4$ = Nennvakuum $1/x$ (40-60)	-3,872	

3. Phase:

$$y = 51,579 - 0,755 \cdot x_1 - 0,200 \cdot x_2 + 0,665 \cdot x_3 - 1,377 \cdot x_4 - 0,312 \cdot x_5$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,110)	-5,347	n = 426
$x_2$ = Laktationsstadium (19,603)	-4,254	B = 0,31
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (7,854)	3,138	F = 37,52
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,125)	-8,600	
$x_5$ = Nennvakuum (40-60)	-7,527	

4. Phase:

$$y = 16,416 - 0,683 \cdot x_2 - 0,184 \cdot x_3 - 0,639 \cdot x_4 + 383,130 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (5,110)	-5,457	n = 426
$x_2$ = Laktationsstadium (19,603)	-5,912	B = 0,23
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (6,125)	-4,628	F = 32,26
$x_4$ = Nennvakuum $1/x$ (40-60)	4,402	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = 14,700 + 2,377 \cdot x_1 + 1,711 \cdot x_2 + 0,354 \cdot x_3 + 0,824 \cdot x_4 + 1,824 \cdot x_5 - 1235,305 \cdot \frac{1}{x_6}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,447)	4,171	n = 304
$x_2$ = Alter (5,349)	9,322	B = 0,57
$x_3$ = Laktationsstadium (22,243)	16,487	F = 65,77
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (7,016)	3,852	
$x_5$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,272)	8,360	
$x_6$ = Nennvakuum 1/x (40-60)	- 9,342	

2. Phase:

$$y = 34,11 \pm 4,375$$

3. Phase:

$$y = 37,824 - 2,347 \cdot x_1 - 1,586 \cdot x_2 - 0,340 \cdot x_3 - 0,518 \cdot x_4 - 1,714 \cdot x_5 + 1049,043 \cdot \frac{1}{x_6}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,447)	- 4,317	n = 304
$x_2$ = Alter (5,349)	- 9,052	B = 0,55
$x_3$ = Laktationsstadium (22,243)	-16,567	F = 60,62
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (7,016)	- 2,540	
$x_5$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,272)	- 8,233	
$x_6$ = Nennvakuum 1/x (40-60)	8,315	

4. Phase:

$$y = 17,435 - 1,026 \cdot x_1 - 0,168 \cdot x_2 - 0,732 \cdot x_3 - 0,707 \cdot x_4 + 551,112 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,447)	- 2,143	n = 304
$x_2$ = Laktationsstadium (22,243)	- 9,366	B = 0,32
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (7,016)	- 4,060	F = 27,43
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,272)	- 3,980	
$x_5$ = Nennvakuum 1/x (40-60)	4,994	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen Pulszahl  
und Maschinenhauptmelkzeit für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = 2,910 - 0,125 \cdot x_1 - 0,029 \cdot x_2 + 0,090 \cdot x_3 - 0,559 \cdot x_4 \\ + 0,709 \cdot x_5 + 17,663 \cdot \frac{1}{x_6}$$

t-Werte

$x_1$ = Melkzeit (1,495)	- 2,037	n = 564
$x_2$ = Laktationsstadium (28,785)	- 8,800	B = 0,55
$x_3$ = Alter (8,034)	9,635	F = 114,81
$x_4$ = Gesamtgemelk (6,210)	- 5,824	
$x_5$ = Maschinenhauptgemelk (0,709)	8,020	
$x_6$ = Pulszahl 1/x (30-120)	4,306	

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = 4,540 + 0,218 \cdot x_1 - 0,937 \cdot x_2 + 1,462 \cdot x_3 + 1,992 \cdot \log x_4 + 86,571 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,464)	12,720	n = 645
$x_2$ = Gesamtgemelk (5,590)	- 7,654	B = 0,76
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (5,315)	12,791	F = 451,81
$x_4$ = Pulszahl log (30-120)	3,125	
$x_4$ = Pulszahl 1/x (30-120)	5,732	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = -1,403 - 0,266 \cdot x_1 - 0,020 \cdot x_2 - 1,555 \cdot x_3 + 2,200 \cdot x_4 + 2,280 \cdot \log x_5 \\ + 103,541 \cdot \frac{1}{x_5}$$

$x_1$ = Alter (4,283)	- 8,436	n = 583
$x_2$ = Laktationsstadium (34,250)	- 6,145	B = 0,65
$x_3$ = Gesamtgemelk (5,515)	- 6,861	F = 178,20
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (5,534)	10,181	
$x_5$ = Pulszahl log (30-120)	2,076	
$x_6$ = Pulszahl 1/x (30-120)	4,039	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Pulszahl und dem durchschnittlichen Minutenhauptgemelk bzw. dem durchschnittlichen Minutengesamtgemelk für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

DMHG :

$$y = 1,659 \pm 0,401$$

DMGG :

$$y = 2,268 - 0,098 \cdot x_1 - 0,041 \cdot x_2 - 0,007 \cdot x_3 - 0,002 \cdot x_4$$

t-Werte

$x_1$ = Melkzeit (1,495)	- 3,529	n = 564
$x_2$ = Alter (8,034)	- 8,984	B = 0,26
$x_3$ = Laktationsstadium (28,785)	- 6,840	F = 50,0
$x_4$ = Pulszahl (30-120)	- 3,360	

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

DMHG :

$$y = 1,865 - 0,052 \cdot x_1 - 0,004 \cdot x_2 - 11,158 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,464)	- 7,182	n = 645
$x_2$ = Laktationsstadium (24,657)	- 3,331	B = 0,14
$x_3$ = Pulszahl $1/x$ (30-120)	- 8,167	F = 35,73

DMGG :

$$y = 2,761 - 0,062 \cdot x_1 - 0,006 \cdot x_2 - 0,457 \cdot x_3 - 16,822 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,464)	- 8,951	n = 645
$x_2$ = Laktationsstadium (24,657)	- 6,077	B = 0,13
$x_3$ = Pulszahl $\log$ (30-120)	- 2,134	F = 23,78
$x_3$ = Pulszahl $1/x$ (30-120)	- 3,302	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

DMHG :

$$y = 0,847 + 0,033 \cdot x_1 + 0,001 \cdot x_2 - 5,003 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,283)	6,826	n = 583
$x_2$ = Laktationsstadium (34,250)	3,445	B = 0,14
$x_3$ = Pulszahl $1/x$ (30-120)	-5,066	F = 30,28

DMGG :

$$y = 1,552 + 0,039 \cdot x_1 - 0,001 \cdot x_2 - 0,325 \cdot \log x_3 - 11,520 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,283)	8,683	n = 583
$x_2$ = Laktationsstadium (34,250)	-3,756	B = 0,15
$x_3$ = Pulszahl $\log$ (30-120)	-2,045	F = 26,12
$x_3$ = Pulszahl $1/x$ (30-120)	-3,114	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen Pulszahl und höchstem Minutengemelk für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = 0,166 + 0,100 \cdot x_1 - 0,012 \cdot x_2 + 0,011 \cdot x_3 + 0,298 \cdot x_4 - 0,319 \cdot x_5 + 0,755 \cdot \log x_6$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,495)	3,702	$n = 564$
$x_2$ = Alter (8,034)	- 2,610	$B = 0,64$
$x_3$ = Laktationsstadium (28,785)	7,534	$F = 163,06$
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (5,870)	23,871	
$x_5$ = Maschinenhauptmelkzeit (3,606)	-17,663	
$x_6$ = Pulszahl log (30-120)	9,622	

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = 2,665 - 0,010 \cdot x_1 + 0,096 \cdot x_2 - 0,194 \cdot x_3 - 10,859 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Laktationsstadium (24,657)	-10,156	$n = 645$
$x_2$ = Maschinenhauptgemelk (5,315)	9,600	$B = 0,43$
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,030)	-15,691	$F = 120,57$
$x_4$ = Pulszahl $1/x$ (30-120)	- 7,605	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = 0,114 + 0,037 \cdot x_1 + 0,028 \cdot x_2 + 0,007 \cdot x_3 + 0,228 \cdot x_4 - 0,144 \cdot x_5 + 0,237 \cdot \log x_6$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,501)	2,333	$n = 583$
$x_2$ = Alter (4,283)	5,502	$B = 0,69$
$x_3$ = Laktationsstadium (34,250)	13,406	$F = 217,58$
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (5,334)	24,900	
$x_5$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,183)	-23,200	
$x_6$ = Pulszahl log (30-120)	5,162	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Pulszahl und der Zeit bis zum höchsten Milchfluß für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = 1,244 \pm 0,625$$

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = 0,960 - 0,181 \cdot x_1 - 0,014 \cdot x_2 + 0,169 \cdot x_3 + 0,165 \cdot x_4 + 12,282 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,464)	- 8,393	n = 645
$x_2$ = Laktationsstadium (24,657)	- 4,124	B = 0,41
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (5,315)	5,652	F = 86,96
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,030)	4,380	
$x_5$ = Pulszahl 1/x (30-120)	2,837	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = 0,948 - 0,011 x_1 + 0,378 x_2 + 0,008 x_3 + 51,199 \frac{1}{x_3}$$

$x_1$ = Laktationsstadium (34,250)	- 3,746	n. = 583
$x_2$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,813)	12,112	B = 0,44
$x_3$ = Pulszahl (30-120)	2,259	F = 115,39
$x_3$ = Pulszahl 1/x (30-120)	- 4,009	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Pulszahl und der prozentualen Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = 11,285 + 0,380 \cdot x_1 - 1,879 \cdot x_2 + 5,175 \cdot x_3 + 0,095 \cdot x_4$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (8,034)}$	3,545	$n = 564$
$x_2 = \text{Maschinenhauptgemelk (5,870)}$	- 8,052	$B = 0,34$
$x_3 = \text{Maschinenhauptmelkzeit (3,606)}$	12,580	$F = 70,98$
$x_4 = \text{Pulszahl (30-120)}$	7,968	

2. Phase:

$$y = 35,377 + 1,692 \cdot x_1 - 0,178 \cdot x_2 + 0,091 \cdot x_3 - 122,601 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Melkzeit (1,495)}$	3,580	$n = 564$
$x_2 = \text{Alter (8,034)}$	- 2,262	$B = 0,10$
$x_3 = \text{Laktationsstadium (28,785)}$	5,233	$F = 15,39$
$x_4 = \text{Pulszahl } 1/x \text{ (30-120)}$	- 3,784	

3. Phase:

$$y = 46,924 - 1,892 \cdot x_1 - 0,223 \cdot x_2 - 0,132 \cdot x_3 + 1,310 \cdot x_4 - 4,830 \cdot x_5 - 0,081 x_6$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Melkzeit (1,495)}$	- 3,285	$n = 564$
$x_2 = \text{Alter (8,034)}$	- 2,360	$B = 0,35$
$x_3 = \text{Laktationsstadium (28,785)}$	- 4,330	$F = 50,14$
$x_4 = \text{Maschinenhauptgemelk (5,870)}$	5,047	
$x_5 = \text{Maschinenhauptmelkzeit (3,606)}$	- 12,854	
$x_6 = \text{Pulszahl (30-120)}$	- 7,653	

4. Phase:

$$y = 26,339 - 1,022 \cdot x_1 - 7,487 \cdot \log x_2$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Melkzeit (1,495)}$	- 2,470	$n = 564$
$x_2 = \text{Pulszahl } \log \text{ (30-120)}$	- 6,191	$B = 0,08$
		$F = 22,89$

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = 33,705 + 1,103 \cdot x_1 - 0,123 \cdot x_2 - 4,466 \cdot x_3 + 5,042 \cdot x_4 - 216,522 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,464)	5,205	n = 645
$x_2$ = Laktationsstadium (24,657)	- 3,302	B = 0,41
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (5,315)	-16,025	F = 90,61
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,030)	13,571	
$x_5$ = Pulszahl 1/x (30-120)	- 5,309	

2. Phase:

$$y = 35,009 \pm 6,023$$

3. Phase:

$$y = 15,251 - 0,853 \cdot x_1 + 0,062 \cdot x_2 + 3,827 \cdot x_3 - 3,875 \cdot x_4 + 0,033 \cdot x_5 + 267,299 \cdot \frac{1}{x_5}$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,464)	- 5,174	n = 645
$x_2$ = Laktationsstadium (24,657)	2,343	B = 0,40
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (5,315)	16,570	F = 71,79
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,030)	- 13,357	
$x_5$ = Pulszahl (30-120)	1,996	
$x_5$ = Pulszahl 1/x (30-120)	4,240	

4. Phase:

$$y = 3,202 + 0,064 \cdot x_1 + 2,148 \cdot x_2 - 1,307 \cdot x_3 + 139,518 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$ = Laktationsstadium (24,657)	3,338	n = 645
$x_2$ = Maschinenhauptgemelk (5,315)	10,513	B = 0,20
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (4,030)	- 5,156	F = 39,88
$x_4$ = Pulszahl 1/x (30-120)	4,776	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = -3,265 + 0,962 \cdot x_1 + 0,613 \cdot x_2 + 0,129 \cdot x_3 + 0,894 \cdot x_4 + 8,956 \cdot \log x_5$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,501)	2,022	n = 583
$x_2$ = Alter (4,283)	3,883	B = 0,16
$x_3$ = Laktationsstadium (34,250)	8,210	F = 21,59
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,813)	5,272	
$x_5$ = Pulszahl log (30-120)	6,168	

2. Phase:

$$y = 26,654 + 0,499 \cdot x_1 + 0,106 \cdot x_2 + 0,400 \cdot x_3 - 62,882 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,283)	4,591	n = 583
$x_2$ = Laktationsstadium (34,250)	9,366	B = 0,21
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (5,334)	2,459	F = 38,17
$x_4$ = Pulszahl $1/x$ (30-120)	- 2,768	

3. Phase:

$$y = 50,941 - 0,935 \cdot x_1 - 0,692 \cdot x_2 - 0,124 \cdot x_3 - 0,682 \cdot x_4 - 7,257 \cdot \log x_5$$

	t-Werte	
$x_1$ = Melkzeit (1,501)	- 2,123	n = 583
$x_2$ = Alter (4,283)	- 4,733	B = 0,17
$x_3$ = Laktationsstadium (34,250)	- 8,552	F = 24,17
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,813)	- 4,347	
$x_5$ = Pulszahl log (30-120)	- 5,400	

4. Phase:

$$y = 20,566 - 0,481 \cdot x_1 - 0,101 \cdot x_2 - 0,357 \cdot x_3 + 99,286 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,283)	- 3,869	n = 583
$x_2$ = Laktationsstadium (34,256)	- 8,226	B = 0,15
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,813)	- 2,710	F = 26,45
$x_4$ = Pulszahl $1/x$ (30-120)	3,693	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Länge  
der Saugphase und der Maschinenhauptmelkzeit für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = -11,379 + 0,069 \cdot x_1 - 0,015 \cdot x_2 + 0,502 \cdot x_3 + 4,426 \cdot \log x_4 + 202,726 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (7,633)	4,778	n = 493
$x_2$ = Laktationsstadium (13,637)	- 3,304	B = 0,82
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (8,890)	25,888	F = 430,31
$x_4$ = Saugphase log (20-80)	2,511	
$x_4$ = Saugphase 1/x (20-80)	7,585	

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = 5,635 + 0,137 \cdot x_1 - 0,013 \cdot x_2 - 0,369 \cdot x_3 + 1,060 \cdot x_4 + 0,028 \cdot x_5 + 247,303 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,459)	4,481	n = 977
$x_2$ = Laktationsstadium (18,400)	- 2,556	B = 0,80
$x_3$ = Gesamtgemelk (8,719)	- 2,745	F = 636,07
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (8,528)	7,990	
$x_5$ = Saugphase (20-80)	3,755	
$x_5$ = Saugphase 1/x (20-80)	21,831	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = 0,022 - 0,751 \cdot x_1 - 0,049 \cdot x_2 - 0,638 \cdot x_3 + 1,575 \cdot x_4 + 0,039 \cdot x_5 + 249,547 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,619)	-15,285	n = 341
$x_2$ = Laktationsstadium (29,780)	- 7,257	B = 0,87
$x_3$ = Gesamtgemelk (6,659)	- 1,985	F = 378,77
$x_4$ = Maschinenhauptgemelk (6,453)	5,408	
$x_5$ = Saugphase (20-80)	3,770	
$x_5$ = Saugphase 1/x (20-80)	14,586	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Länge der Saugphase und dem durchschnittlichen Minutenhauptgemelk bzw. dem durchschnittlichen Minutengesamtgemelk für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

DMHG :

$$y = 2,659 - 0,075 \cdot x_1 - 0,017 \cdot x_2 - 28,295 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Melkzeit (1,491)	- 2,484	n = 493
$x_2$ = Alter (7,633)	- 5,051	B = 0,54
$x_3$ = Saugphase $1/x$ (20-80)	-23,058	F = 202,08

DMGg

$$y = 2,292 - 0,083 \cdot x_1 - 0,005 \cdot x_2 - 22,475 \cdot \frac{1}{x_3}$$

t-Werte

$x_1$ = Melkzeit (1,491)	- 2,688	n = 493
$x_2$ = Laktationsstadium (13,637)	- 4,453	B = 0,42
$x_3$ = Saugphase $1/x$ (20-80)	-18,080	F = 118,61

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

DMHG :

$$y = 1,835 - 0,012 \cdot x_1 - 0,002 \cdot x_2 - 0,008 \cdot x_3 + 2,091 \cdot \log x_3$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (4,459)	- 2,919	n = 977
$x_2$ = Laktationsstadium (18,400)	- 2,626	B = 0,53
$x_3$ = Saugphase (20-80)	- 3,762	F = 279,38
$x_3$ = Saugphase $\log$ (20-80)	10,670	

DMGG :

$$y = 0,812 - 0,011 \cdot x_1 - 0,003 \cdot x_2 + 0,453 \cdot \log x_3 - 13,146 \cdot \frac{1}{x_3}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (4,459)}$	- 2,781	n = 977
$x_2 = \text{Laktationsstadium (18,400)}$	- 5,995	B = 0,52
$x_3 = \text{Saugphase log (20-80)}$	2,049	F = 267,16
$x_3 = \text{Saugphase } 1/x \text{ (20-80)}$	- 3,836	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

DMGG :

$$y = 0,774 + 0,056 \cdot x_1 + 0,002 \cdot x_2 - 12,206 \cdot \frac{1}{x_3}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (4,619)}$	11,126	n = 341
$x_2 = \text{Laktationsstadium (29,780)}$	3,835	B = 0,53
$x_3 = \text{Saugphase } 1/x \text{ (20-80)}$	-16,463	F = 127,07

DMGG :

$$y = 0,731 + 0,054 \cdot x_1 + 0,003 \cdot x_2 - 11,266 \cdot \frac{1}{x_3}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (4,619)}$	10,575	n = 341
$x_2 = \text{Laktationsstadium (29,780)}$	3,319	B = 0,49
$x_3 = \text{Saugphase } 1/x \text{ (20-80)}$	-15,044	F = 107,87

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Länge der Saugphase und dem höchsten Minutengemelk für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

$$y = 1,892 + 0,009 \cdot x_1 + 0,135 \cdot x_2 - 0,215 \cdot x_3 + 0,012 \cdot x_4$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (7,633)	2,367	n = 493
$x_2$ = Maschinenhauptgemelk (8,889)	16,663	B = 0,75
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,518)	-18,498	F = 357,34
$x_4$ = Saugphase (20-80)	8,810	

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

$$y = -2,735 + 0,038 \cdot x_1 + 0,004 \cdot x_2 + 0,096 \cdot x_3 - 0,105 \cdot x_4 + 2,177 \cdot \log x_5 + 21,782 \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,459)	7,758	n = 977
$x_2$ = Laktationsstadium (18,400)	5,239	B = 0,71
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (8,528)	16,418	F = 393,38
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,378)	-18,874	
$x_5$ = Saugphase log (20-80)	8,133	
$x_5$ = Saugphase 1/x (20-80)	4,925	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

$$y = -0,493 + 0,120 \cdot x_1 + 0,129 \cdot x_1 + 0,129 \cdot x_2 - 0,080 \cdot x_3 + 0,567 \cdot \log x_4$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,619)	15,158	n = 341
$x_2$ = Maschinenhauptgemelk (6,453)	13,047	B = 0,80
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (8,276)	-12,785	F = 333,75
$x_4$ = Saugphase log (20-80)	5,973	

Regressionsgleichungen für die Beziehung zwischen der Länge der Saugphase und der prozentualen Milchmenge pro Phase der Maschinenhauptmelkzeit für:

Tiere mit hohem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = 26,540 + 0,134 \cdot x_1 - 0,484 \cdot x_2 + 1,839 \cdot x_3 - 296,815 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$ = Laktationsstadium (13,637)	7,194	n = 493
$x_2$ = Maschinenhauptgemelk (8,890)	- 3,385	B = 0,22
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,518)	8,646	F = 34,29
$x_4$ = Saugphase 1/x (20-80)	- 8,231	

2. Phase:

$$y = 26,013 + 0,119 \cdot x_1 + 0,037 \cdot x_2 - 0,236 \cdot x_3 + 6,538 \cdot \log x_4$$

t-Werte

$x_1$ = Alter (7,633)	2,212	n = 493
$x_2$ = Laktationsstadium (13,637)	2,267	B = 0,13
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (8,890)	- 3,279	F = 18,76
$x_4$ = Saugphase log (20-80)	6,012	

3. Phase:

$$y = 21,918 - 0,107 \cdot x_1 + 0,695 \cdot x_2 - 1,467 \cdot x_3 + 255,767 \cdot \frac{1}{x_4}$$

t-Werte

$x_1$ = Laktationsstadium (13,637)	- 6,419	n = 493
$x_2$ = Maschinenhauptgemelk (8,890)	5,451	B = 0,18
$x_3$ = Maschinenhauptmelkzeit (5,518)	- 7,727	F = 26,11
$x_4$ = Saugphase 1/x (20-80)	7,948	

4. Phase:

$$y = 17,447 - 0,222 \cdot x_1 - 0,039 \cdot x_2 - 0,065 \cdot x_3$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (7,633)	- 4,603	n = 493
$x_2$ = Laktationsstadium (13,637)	- 2,760	B = 0,14
$x_3$ = Saugphase (20-80)	- 5,893	F = 25,66

Tiere mit mittlerem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = 27,179 + 0,444 \cdot x_1 + 0,093 \cdot x_2 - 0,550 \cdot x_3 + 0,731 \cdot x_4 - 227,072 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,459)	4,036	n = 977
$x_2$ = Laktationsstadium (18,400)	4,864	B = 0,12
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (8,528)	- 4,243	F = 25,45
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,378)	5,942	
$x_5$ = Saugphase 1/x (20-80)	- 7,419	

2. Phase:

$$y = 37,104 + 0,355 \cdot x_1 + 0,039 \cdot x_2 - 0,648 \cdot x_3 + 0,401 \cdot x_4 - 174,536 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1$ = Alter (4,459)	4,630	n = 977
$x_2$ = Laktationsstadium (18,400)	2,950	B = 0,18
$x_3$ = Maschinenhauptgemelk (8,528)	- 7,160	F = 43,85
$x_4$ = Maschinenhauptmelkzeit (7,378)	4,673	
$x_5$ = Saugphase 1/x (20-80)	- 8,167	

3. Phase:

$$y = 23,954 - 0,733 \cdot x_1 - 0,088 \cdot x_2 + 0,745 \cdot x_3 - 0,559 \cdot x_4 + 203,407 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (4,459)}$	- 7,928	n = 977
$x_2 = \text{Laktationsstadium (18,400)}$	- 5,456	B = 0,23
$x_3 = \text{Maschinenhauptgemelk (8,528)}$	6,835	F = 57,51
$x_4 = \text{Maschinenhauptmelkzeit (7,378)}$	- 5,796	
$x_5 = \text{Saugphase 1/x (20-80)}$	7,905	

4. Phase:

$$y = 11,441 - 0,046 \cdot x_1 + 0,460 \cdot x_2 - 0,543 \cdot x_3 + 200,611 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Laktationsstadium (18,400)}$	- 2,956	n = 977
$x_2 = \text{Maschinenhauptgemelk (8,528)}$	4,311	B = 0,08
$x_3 = \text{Maschinenhauptmelkzeit (7,378)}$	- 5,389	F = 21,84
$x_4 = \text{Saugphase 1/x (20-80)}$	7,983	

Tiere mit niedrigem Milchfluß:

1. Phase:

$$y = 39,846 + 3,582 \cdot x_1 - 1,126 \cdot x_2 - 15,336 \cdot \log x_3 - 613,561 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (4,619)}$	21,932	n = 341
$x_2 = \text{Laktationsstadium (8,276)}$	13,441	B = 0,63
$x_3 = \text{Saugphase log (20-80)}$	- 2,148	F = 141,38
$x_4 = \text{Saugphase 1/x (20-80)}$	- 5,146	

2. Phase:

$$y = 32,472 + 0,477 \cdot x_1 - 104,231 \cdot \frac{1}{x_2}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (4,619)}$	3,983	$n = 341$
$x_2 = \text{Saugphase } 1/x \text{ (20-80)}$	- 5,830	$B = 0,12$
		$F = 22,29$

3. Phase:

$$y = 5,250 - 0,936 \cdot x_1 - 2,736 \cdot x_2 - 0,077 \cdot x_3 - 1,283 \cdot x_4 + 19,401 \cdot \log x_5 + 666,939 \cdot \frac{1}{x_5}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Melkzeit (1,504)}$	- 2,332	$n = 341$
$x_2 = \text{Alter (4,619)}$	-17,013	$B = 0,55$
$x_3 = \text{Laktationsstadium (29,780)}$	- 4,592	$F = 68,43$
$x_4 = \text{Maschinenhauptmelkzeit (8,276)}$	-11,730	
$x_5 = \text{Saugphase } \log \text{ (20-80)}$	3,273	
$x_5 = \text{Saugphase } 1/x \text{ (20-80)}$	6,642	

4. Phase:

$$y = 21,607 - 1,969 \cdot x_1 + 0,416 \cdot x_2 - 0,608 \cdot x_3 + 253,793 \cdot \frac{1}{x_4}$$

	t-Werte	
$x_1 = \text{Alter (4,619)}$	-12,085	$n = 341$
$x_2 = \text{Maschinenhauptgemelk (6,453)}$	2,008	$B = 0,38$
$x_3 = \text{Maschinenhauptmelkzeit (8,276)}$	- 4,438	$F = 52,30$
$x_4 = \text{Saugphase } 1/x \text{ (20-80)}$	7,596	