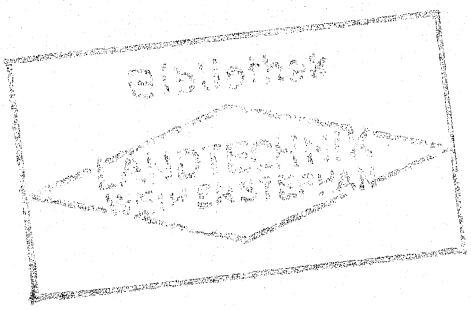
2651

T E C H N I S C H E U N I V E R S I T Ä T M Ü N C H E N
Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau

I n s t i t u t f ü r L a n d t e c h n i k
Freising-Weihenstephan
(o.Prof. Dr. H.-L. Wenner)



VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUR WIRKUNG MASCHINELL ÜBERTRAGENER STIMULATIONSREIZE AUF MILCHHERGABE UND OCYTOCINFREISETZUNG BEI KÜHEN

Diplomarbeit
von
cand. agr. Meinrad K l e i n
Sommersemester 1983

Betreuung: Dr. habil. H. Worstorff
Abt. Melktechnik

Ausgabetag: 12.04.1983
Abgabetag : 05.10.1983

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eidesstatt, daß die vorliegende Arbeit von mir selbst und ohne fremde Hilfe verfaßt wurde. Die benutzte Literatur und alle Quellen wurden im Literaturverzeichnis angegeben.

Meinrad Klein

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen	5
	Verzeichnis der Tabellen	6
	Verzeichnis der Abbildungen	7
1	Einleitung und Problemstellung	8
2	Literaturübersicht	11
2.1	Einfluß der Zitzenstimulation auf die Freisetzung von Hormonen	11
2.1.1	Ocytocinfreisetzung und Milchejektion	12
2.1.2	Freisetzung weiterer Hormone	14
2.2	Wirkungsweise verschiedener Stimulationsreize am Euter	16
2.2.1	Einfluß auf Ocytocinfreisetzung und Milchhergabe	17
2.2.2	Wärmebehandlung von Euter und Zitzen	22
2.2.3	Kombination von taktilen und thermischen Reizen	23
2.2.3.1	Euterreinigung von Hand	24
2.2.3.2	Druckdusche	26
2.2.4	Bedingte Reflexe	27
2.2.4.1	Sensorische Eindrücke	27
2.2.4.2	Kraftfuttergaben	31
2.3	Melkmaschinen mit spezieller Stimulationsphase	32
2.3.1	Druckluftstimulation	33
2.3.2	Intervall-Druckluftstimulation	37
2.3.3	Doppelvakuum-Melkautomat	38
2.3.4	Erhöhung der Pulsfrequenz	40
2.4	Auswirkungen der Stimulation auf das Nachgemelk und die Arbeitswirtschaft	41
2.5	Auswirkungen der Stimulation auf die Residualmilch	44
3	Material und Methodik	47
3.1	Tiermaterial	47
3.2	Erfassung der Versuchsdaten	47
3.2.1	Milchflußkurven	47
3.2.2	Entnahme der Blutproben	49
3.2.3	Residualmilch	51
3.2.4	Fett	51
3.3	Melkmaschinentechnische Ausrüstung	51
3.3.1	Konventionelle Melkmaschine mit Handstimulation	53
3.3.2	Vibrationspulsation	54
3.3.3	Druckluftpulsation	55
3.3.4	Intervall-Druckluftpulsation	56
3.4	Versuchsplan	56

		Seite
3.5	Auswertung der Versuchsdaten	58
3.5.1	Milchflußkurven	58
3.5.2	Ocytocin	60
3.5.3	Fett	61
3.5.4	Statistische Auswertung	61
4	Ergebnisse und Diskussion	62
4.1	Auswirkungen der geprüften Stimulationsmethoden auf die verschiedenen Melkbarkeitsmerkmale	62
4.1.1	Mengenmerkmale	67
4.1.1.1	Maschinengesamtgemelk und Maschinenhauptgemelk einschließlich Fettgehalt	67
4.1.1.2	Maschinennachgemelk	69
4.1.2	Zeitmerkmale	70
4.1.2.1	Dauer von Maschinengesamtgemelk und Maschinenhauptgemelk	70
4.1.2.2	Nachgemelkszeit	72
4.1.3	Flußmerkmale	73
4.1.3.1	Durchschnittliches Maschinenhauptgemelk	73
4.1.3.2	Durchschnittliches Minutengemelk	76
4.1.3.3	Höchster Milchfluß und Zeit bis zum Erreichen des höchsten Milchflusses	77
4.1.4	Prozentuale Milchmengenverteilung	79
4.2	Auswirkungen der Stimulation auf die Ocytocinfreisetzung	81
4.2.1	Einzeltierbetrachtung	83
4.2.1.1	Einfluß der Entnahme von Blutproben auf die Konzentration des gemessenen Ocytocins	90
4.2.1.2	Einfluß des Alters auf die Ocytocinfreisetzung	90
4.2.1.3	Auswirkungen einer modifizierten Vorstimulation auf die Ocytocinfreisetzung und Milchhergabe	91
4.2.2	Einfluß der Zitzenbeschaffenheit auf Ocytocinfreisetzung und Milchhergabe	92
4.3	Auswirkungen der Stimulation auf die Residualmilch und deren Fettgehalt	95
5	Zusammenfassung	98
6	Literaturverzeichnis	102

Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen

Dim.	:	Dimension
DIN	:	Deutsches Institut für Normung
DMS	:	Dehnungs-Meß-Streifen
IE	:	Internationale Einheiten
ISO	:	Internationale Standard Organisation
i.v.	:	intravenös
kg	:	Kilogramm
kPa	:	Kilopascal
LED	:	Light-Emitting-Diodes
min	:	Minuten
pg/ml	:	Pico-Gramm je Milliliter
RIA	:	Radio-Immuno-Assay
S	:	Saugphase
s	:	Sekunden
v. H.	:	von Hundert
Z/min	:	Zyklen je Minute

Verzeichnis der Tabellen

Nr.		Seite
1	Versuchsvarianten isolierter Thermostimulation (9)	22
2	Ergebnisse der Versuchsvarianten isolierter Thermostimulation (9)	23
3	Milchhergabe bei verschiedener Stimulationstechnik (68)	24
4	Ejizierte relative Alveolarmilchmengen (AM1 %) durch das Ansetzen von Melkbechern, die Einwirkung des Melkvakuums (MV) sowie des Melk- und Pulsationsvakuums (PV) (59)	30
5	Die Stimulationsvarianten und ihre Parameter	58
6	Mengen-, Zeit- und Flußmerkmale sowie prozentuale Milchmengenverteilung	59
7	Melkbarkeitsmerkmale der verschiedenen Stimulationsmethoden	65
8	Maschinengesamtgemelke in kg/Melkzeit	67
9	Maschinenhauptgemelke in kg/Melkzeit	68
10	Fettgehalt der Milch in v. H.	68
11	Maschinennachgemelke in kg/Melkzeit	69
12	Maschinengesamtgemelkzeit in min/Melkzeit	70
13	Maschinenhauptgemelkzeit in min/Melkzeit	71
14	Maschinennachgemelkzeit in min/Melkzeit	72
15	Durchschnittliches Maschinenhauptgemelk in kg/min	73
16	Durchschnittliches Minutenhauptgemelk absolut (kg/min) und relativ (v. H.) zur unterschiedlichen Behandlung und Pulsierung	74
17	Durchschnittliches Minutengemelk in kg/min	76
18	Höchster Milchfluß in kg/min - gemessen über 15 s - und relativ zwischen den Behandlungen	77
19	Zeit zum Erreichen des höchsten Milchflusses in min	78
20	Prozentualer Anteil der Milchmenge in der ersten Minute	79
21	Anteil der Residualmilch (v. H. RM) und deren Fettgehalt (v. H. F) nach Tier und Behandlung	96

Verzeichnis der Abbildungen

Nr.		Seite
1	Der neuro-endokrine Reflexbogen (23)	12
2	Aufbau einer Alveole (a) bzw. des Euters (b)	13
3	Durchschnittliche Ocytocinprofile und Milchflußkurven: Vergleich von Melken mit (a) und ohne Stimulation (b) (23)	18
4	Einfluß der Stimulation auf den Milchfluß (33)	20
5	Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (68)	39
6	Der Melkwagen	48
7	Zeitpunkte zur Entnahme der Blutproben bei den Behandlungen mit Vorstimulation (a) bzw. Intervall-Druckluftpulsation (b)	50
8	Zweiraumbecherprinzip (15)	52
9	Pulszyklus mit Phasen nach DIN ISO 3918	53
10	Kennwerte für die Merkmale der Melkbarkeit (15)	58
11	Stimulation und Milchhergabe (Kuh 2 "Nanni", morgens)	62
12	Prozentuale Verteilung der Milchmenge in Abhängigkeit von der Stimulation (5 Kühe, 7 Melkzeiten)	80
13	Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit der Stimulation (je Behandlung 5 Kühe, 7 Melkzeiten, RIA)	81
14	Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 1, 1. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)	84
15	Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 2, 1. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)	85
16	Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 3, 3. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)	85
17	Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 4, 2. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)	86
18	Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 5, 7. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)	87
19	Ocytocinprofil und Milchflußkurven aus 2 aufeinanderfolgenden Melkzeiten (a = morgens, b = abends) bei Kuh 5 mit 1 min Vibrationspulsation	88
20	Ocytocinprofil und Milchflußkurve der Kuh 5 bei der Druckluftpulsation	89
21	Ocytocinprofil und Milchflußkurve bei 40 s Euterreinigung und 20 s Druckluftpulsation während der Behandlungsperiode 60 s Druckluftpulsation von Kuh 5	91
22	Ocytocinprofil und Milchflußkurve mit Abmelken der Zisternenmilch in der Druckluftpulsationsphase bei Kuh 1	93

1 Einleitung und Problemstellung

Für die kontinuierliche Milchsynthese und zur Ausschöpfung des gegebenen Ertragpotentials ist die regelmäßige und möglichst vollständige Euterentleerung durch Melken oder Saugen eine grundlegende Voraussetzung. Entsprechend den Ergebnissen umfangreicher Untersuchungen ist dafür bei zweimaligem täglichem Melken eine vollwertige Vorstimulation, unabhängig vom Laktationsstadium, eine essentielle Bedingung. So führten Versuche an zahlreichen Tieren über die gesamte Laktationsdauer z. B. zu einer Steigerung der Milch- und Fettleistung von 8 bis 10 v. H., verglichen mit der in der Praxis üblichen Vorbehandlung (im wesentlichen Euterreinigung) von ca. 20 s. Die gleiche Größenordnung der Leistungssteigerung ergibt sich aus vielfältigen Versuchen und Praxiserfahrungen mit dreimal täglichem Melken, wobei auch dieser Effekt auf eine gute Euterentleerung zurückzuführen ist.

Zur Erzielung der Melkbereitschaft erweisen sich taktile Reize von einer Minute Dauer im besonders sensiblen Zitzenbereich als äußerst wirksam. Diese Reize führen vor allem zur Freisetzung des Schlüsselhormons für die Milchejektion - Ocytocin - aus der Hypophyse in den Blutkreislauf. Von dort gelangt das Hormon zu spezifischen Rezeptoren im Eutergewebe und führt schließlich zur Erzielung der angestrebten Melkbereitschaft. Diese ist charakterisiert durch:

- schnellere Ocytocinfreisetzung
- bessere Melkzeughaftung
- höheren Milchfluß
- geringeres Maschinennachgemelk
- kürzere Maschinenmelkzeiten
- höheren Fettgehalt
- weniger Residualmilch
- besseres Durchhaltevermögen in der Laktation (höhere Milchleistung)
- bessere Eutergesundheit

Obwohl diese Effekte wissenschaftlich unbestritten sind, wird in der Praxis wegen der dazu nötigen gebückten Arbeitsstellung des Melkers im Anbindestall und des erforderlichen Zeitaufwandes besonders zu Laktationsbeginn kaum vorstimuliert. Vor allem bei hohem Euterinnendruck besteht die Gefahr, daß ein pralles Euter mit Melkbereitschaft verwechselt wird. Man beschränkt sich daher weitgehend auf die in der 1. AVOMG, § 17[1)] vorgeschriebene Euterreinigung, gegebenenfalls ergänzt durch Abmelken der ersten Milchstrahlen. Die daraus resultierende suboptimale Milchhergabe versucht man vor allem in größeren Beständen durch den Zukauf weiterer Melkzeuge auszugleichen. Die ertragsbiologischen Konsequenzen dieses Vorgehens sind den Landwirten allgemein unbekannt.

Wegen der grundlegenden Bedeutung einer vollwertigen Vorstimulation für die Milchhergabe und dem damit verbundenen hohen Zeit- und körperlichen Arbeitsaufwand bemüht sich die Forschung auf dem Melksektor diesen Prozeß zu mechanisieren und dadurch vom unterschiedlich gründlich stimulierenden Melkpersonal unabhängig zu machen.

Neben verschiedenen Bürsten und Vibrationsapparaten hat man auch mit Waschständen (Druckduschen) experimentiert. Alle diese Verfahren konnten sich jedoch nicht durchsetzen, weil sie arbeitswirtschaftlich entweder nicht die gewünschte Erleichterung brachten und/oder hinsichtlich der Stimulationswirkung unzureichend waren.

Aufgrund dieser Erkenntnisse haben Wissenschaftler in der DDR seit 1965 die mechanischen Reize des Zitzengummis über zeitlich begrenzte Einleitung von Druckluft in den Pulsraum verstärkt, um auf diese Weise mit dem ohnehin vorhandenen Melkzeug zu stimulieren und zu melken.

---

1) 1. Verordnung zur Ausführung des Milchgesetzes vom 15. Mai 1931; zitiert bei TOLLE 1983 (52)

Dabei werden in der Entlastungsphase ca. 50 kPa Druckluft in der ersten Minute oder neuerdings im Intervall während der gesamten Melkzeit abwechselnd 5 s Druckluft und 10 s atmosphärische Luft angewandt. Beide Verfahren der Druckluftpulsation werden in der Literatur als wirksam beschrieben; zugleich wird aber davor gewarnt, die Druckluft in jedem Pulszyklus während des gesamten Milchentzuges einzusetzen. Die Folgen wären: Zitzenschäden aufgrund des kräftigen Zusammendrückens und eine schlechtere Milchhergabe. Deshalb versuchte man in jüngster Zeit, die positiven Erfahrungen mit einem in der Entlastungsphase periodisch abgesenkten Vakuum und damit geringerem Klemmdruck auf die Stimulation zu übertragen. Eine derartige Maschine appliziert leichte Druckreize mit erhöhter Frequenz (Vibrationspulsation); dabei werden gleichzeitig die Pulsatorschläuche im Querschnitt geändert, um die Zitzengummis in annähernd geschlossener Stellung vibrieren zu lassen und das vorzeitige Abmelken der Zisternenmilch zu verhindern.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, die beiden bestehenden Varianten der Druckluftpulsation sowie das neu entwickelte Vibrationsverfahren hinsichtlich ihrer stimulatorischen Wirksamkeit zu überprüfen. Als Kontrolle diente dabei die als "vollwertig" anerkannte einminütige Vorstimulation von Hand. Das Milchhergabeverhalten wird anhand von Milchflußkurven und deren Parametern beurteilt. Neben ihren Auswirkungen auf die Milchflußkurven erfolgt eine spezielle Bewertung der Ocytocinfreisetzung nach den Ergebnissen eines Radio-Immuno-Assays (RIA).

2 Literaturübersicht

Wie wir z. B. aus Bildern auf frühgeschichtlichen Vasen, auf denen Handmelken in Gegenwart des Kalbes gezeigt wird, ersehen können, war sich der Mensch schon damals darüber im klaren, daß stimulierende Maßnahmen der Erleichterung des Melkens dienen. Dagegen haben aber erst moderne wissenschaftliche Methoden die nervösen und hormonellen Einflüsse einer Untersuchung zugänglich gemacht, wobei die Grundlagenforschung noch keineswegs abgeschlossen ist. Als entscheidende Durchbrüche seien die Darstellung des Peptid-Hormons Ocytocin sowie die Entwicklung radioimmunologischer Nachweisverfahren (RIA = Radio Immuno Assay) genannt. Zur "Entspannung" des Tieres beim Melken sind dringend weitere Erkenntnisse erforderlich, weil sich die Melkbereitschaft der Kuh im wesentlichen aus dem Zusammenwirken der beteiligten Hormone und einer für das Tier angenehmen Melkroutine ergibt.

Die nachfolgende Literaturübersicht, die sich hauptsächlich auf neuere Arbeiten stützt, leitet von den hormonellen Auswirkungen der Stimulation und den verschiedenen Stimulationsverfahren auf die Stimulation durch die Melkmaschine über, die den experimentellen Teil der vorliegenden Arbeit bildet.

2.1 Einfluß der Zitzenstimulation auf die Freisetzung von von Hormonen

Eine grundlegende Voraussetzung für die Aufrechterhaltung der Milchsynthese (Persistenz = Durchhaltevermögen) ist der regelmäßige Milchentzug durch Saugen oder Melken. Damit die Milchhergabe möglichst vollständig, schonend und zügig ablaufen kann, muß die Kuh melkbereit sein, bevor das Melkzeug angesetzt wird. Die Melkbereitschaft ist am "Einschießen der Milch" (Milchejektion) zu erkennen, welches wiederum das Resultat verschiedener Stimulationsreize, insbesondere im Zitzenbereich, in Verbindung mit den dabei freigesetzten Hormonen ist.

2.1.1 Ocytocinfreisetzung und Milchejektion

Nach SCHAMS et al. 1983 (40) steht die Milchejektion unter Kontrolle eines zweiphasigen Regelsystems, das entsprechend seiner neuralen und hormonellen Einzelkomponenten als neuro-endokriner Reflexbogen bezeichnet wird. In Abb. 1 ist dieser Ablauf an einer Kuh (a) und detailliert (b) dargestellt.

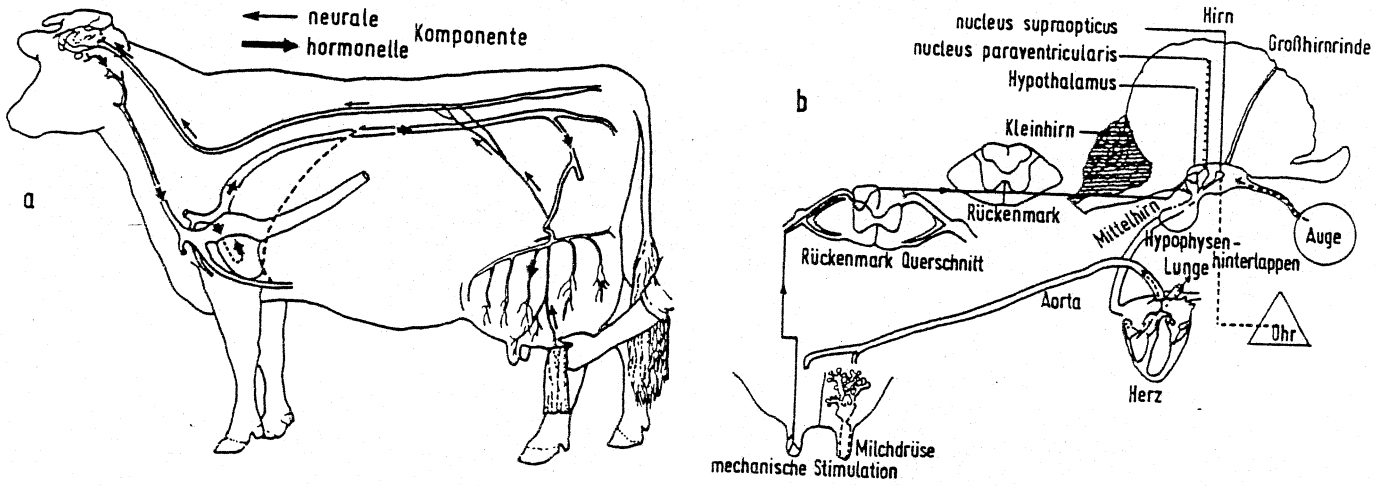


Abb. 1: Der neuro-endokrine Reflexbogen (23)

Die Milchejektion wird in der Literatur einheitlich als Ergebnis der mechanischen Reizung von sensiblen Rezeptoren, insbesondere an den Zitzen, beschrieben. Die dafür erforderliche Stimulation erreicht das Kalb durch Drücken und Saugen, der Mensch dagegen durch manuelle Melkvorbereitungen wie Reinigen von Euter und Zitzen, Vormelk- und Scheinmelkgriffen oder neuerdings durch spezielle maschinelle Stimulationsmethoden. Die sensiblen Nervenendigungen im Zitzenbereich leiten die Impulse auf afferenten Nervenbahnen zum Hypothalamus. An spezifischen neuroendokrinen Schaltstellen im Bereich des Hypothalamus-Hypophysen-Systems, dem nucleus paraventricularis und / oder nucleus supraopticus, gelangen Aktionspotentiale zur Wirkung, die das Schlüsselhormon Ocytocin mit dem Trägerprotein Neurophysin I synthetisieren und es im Hypophysenhinterlappen über mehrere pulsierende Freisetzungen in den Blutkreislauf abgeben.

Das die Milchejektion auslösende Hormon Ocytocin ist ein aus neun Aminosäuren bestehendes Peptid, welches in einer Konzentration im untersten Picogrammbereich (10^{-12} g/ml) im Blut vorkommt. Über die Blutzirkulation wird das Ocytocin zu spezifischen Rezeptoren im Euter transportiert und bewirkt dort die Kontraktion der Korbzellen (Myoepithelzellen), welche die Alveolen umspannen (siehe Abb. 2a).

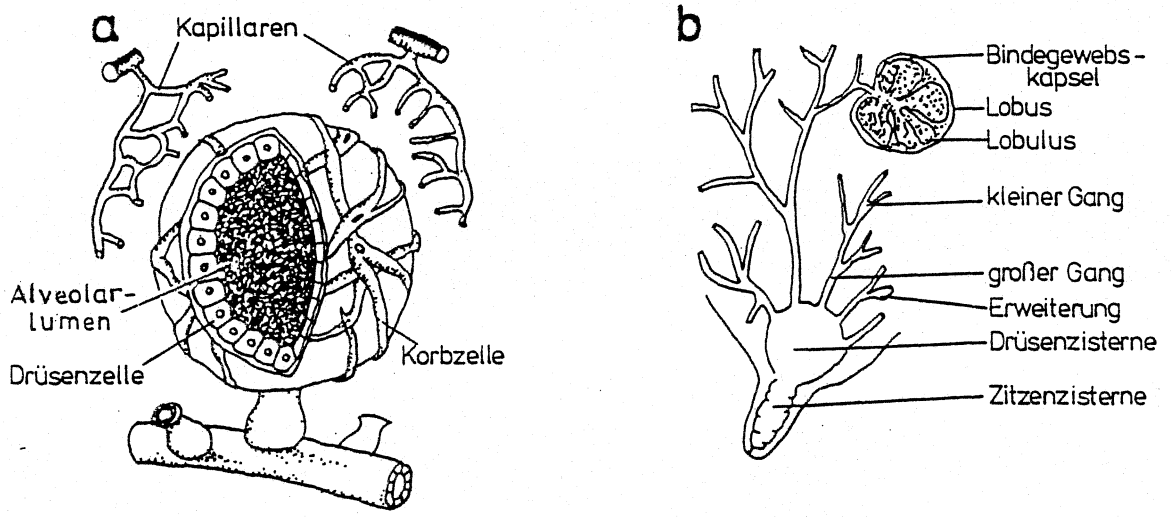


Abb. 2: Aufbau einer Alveole (a) bzw. des Euters (b) (23)

Dadurch wird die von den Drüsenzellen kontinuierlich gebildete und in das Alveolarlumen abgesonderte und gespeicherte Milch in die Ausführungsgänge gedrückt (Milchejektion). Somit werden die in Abb. 2b gezeigten feinen Ausführungsgängchen der aus mehreren Alveolen bestehenden Drüsenläppchen (Lobulus) erweitert, wodurch die Alveolarmilch über die kleinen und großen Gänge in die Drüsen- und Zitzenzisterne der einzelnen Euterviertel gepreßt wird (29, 40, 55, 63, 70). Der Praktiker erkennt diesen Wirkungsmechanismus an den prallen Zitzen und bezeichnet ihn als "Einschießen der Milch". Mit dem "Einschießen der Milch" geht ein plötzliches Ansteigen des Euterinnendruckes einher, der mit Beginn des Melkens wieder abfällt (6, 25, 61).

2.1.2 Freisetzung weiterer Hormone

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Abläufe bei der Milchejektion erfolgen nicht nur aufgrund der Wirkung von Ocytocin, sondern gleichzeitig wird eine Reihe von anderen Hormonen freigesetzt, von denen die wichtigsten anschließend kurz diskutiert werden:

Vasopressin

Vasopressin hat eine ähnliche chemische Struktur wie Ocytocin und wird nach WHITTLESTONE 1978 (62) beim Milchejektionsreflex aus dem Hypophysenhinterlappen freigesetzt. TUCKER 1978 (55) konnte bei direkter Applikation von Vasopressin an den Myoepithelzellen eine Kontraktion hervorrufen, bezweifelte aber, ob die natürlich vorhandenen Mengen des Hormons ausreichen, weil Vasopressin nur 1/5 der Wirkung des Ocytocins zeigte. In einer radioimmunologischen Bestimmung von Ocytocin untersuchte LANDGRAF, zitiert bei WEHOWSKY et al. 1982 (60), zusätzlich auch Vasopressin. Im Gegensatz zu Ocytocin konnte keine Beziehung zwischen der Konzentration von Vasopressin und der Zitzenstimulation beobachtet werden. Wahrscheinlich liegt die wesentliche Bedeutung des Vasopressins, das als antidiuretisches Hormon wirkt, nach der Euterentleerung in der Erhaltung einer ausreichenden Menge von Körperwasser für die Milchsynthese (55).

Prolaktin

Das im Hypophysenvorderlappen synthetisierte Hormon wird bei der Zitzenstimulation und beim Melken ebenfalls in den Blutkreislauf abgegeben. Die Vermutung, wonach Ocytocin die Prolaktinfreisetzung stimulieren könnte, wurde sowohl von KOPROWSKY und TUCKER, zitiert bei SCHMIDT-POLEX 1977 (43), als auch von SCHAMS et al. 1972 (36) anhand von Versuchen mit alleinigen intravenösen Ocytocingaben von 10 bis 50 bzw. 5 bis 80 IE nicht gestützt. Da sich der Prolaktinwert beim Hauptmelken noch mehr als bei der Eutervorstimulation erhöhte, folgerten die Autoren, daß Prolaktin über einen neuroendokrinen Reflexbogen bereitgestellt wird, der getrennt vom Reflexbogen für die Ocytocinfreisetzung verläuft.

Die Konzentration von Prolaktin im Blutplasma steigt mit zunehmender Stimulationsdauer und additiv mit der Anzahl der stimulierten Zitzen an (42). Wegen des höheren Ausgangsniveaus und der insgesamt höheren Hormonausschüttung in den Sommermonaten vermutet man, daß die Temperatur und die Tageslichtlänge die Prolaktinfreisetzung beeinflussen. Das Prolaktin ist als Schlüsselhormon für die Induktion der Milchbildung (Laktogenese) und bei einigen Spezies - nicht jedoch beim Rind - auch für die Aufrechterhaltung einer bereits bestehenden Laktation (Galaktopoese) anzusehen (36).

Wachstumshormon (STH)

Nach SCHAMS 1983 (39) liegen aufgrund der Problematik der radioimmunologischen Bestimmung von Wachstumshormonen beim Rind nur wenige Berichte vor, die keine Beziehung zwischen Laktationsstadium und Hormonkonzentration zeigen. Allerdings konnten bei Milchkühen mit hoher Leistung auch höhere Plasma-STH-Konzentrationen gemessen werden als bei solchen mit niedriger Leistung. Anhand eines Befundes weist der Autor darauf hin, daß unter STH-Behandlung die Milchleistung signifikant anstieg. Da für die Aufrechterhaltung der Laktation spezifische Organellen in der Zelle vermehrt werden müssen, ist beim Rind wahrscheinlich das Wachstumshormon essentiell, während dem Prolaktin nur eine unterstützende Funktion zugeschrieben wird.

Adrenalin und Noradrenalin

Der Wirkungsmechanismus von Ocytocin kann durch Adrenalin und Noradrenalin, ausgelöst durch starke Beunruhigung der Kühe, gehemmt werden. Dabei werden sowohl eine zentrale Milchejektionshemmung, bei der die Ocytocinfreisetzung aus der Neurohypophyse ganz oder teilweise blockiert ist - und es deshalb zu keiner Kontraktion der Myoepithelzellen (Korbzellen) kommt - als auch eine periphere Milchejektionshemmung, die aufgrund einer unmittelbaren Wirkungsbeeinflußung der Ocytocinrezeptoren in der Milchdrüse zu dem gleichen Endeffekt führt, diskutiert.
Die Möglichkeiten der zentralen Hemmung der Ocytocinfreisetzung unterteilen SCHAMS und MAYER (38):

1. Präsynaptisch
   Noradrenalin blockiert über Stimulation von Beta-Rezeptoren die afferente Reizleitung und damit die Ocytocinfreisetzung.
2. Postsynaptisch
   Endogene Opiate inhibieren die Ca^{++}-Aufnahme und damit den Exozytosevorgang der Ocytocinfreisetzung.

Dem Adrenalin und Noradrenalin wird wegen ihrer Eigenschaft als Alpha-Rezeptoren-Stimulator und einer möglichen arteriellen Vasokonstriktion im Euter eine periphere Hemmung der Milchejektion zugeschrieben. Dem aus der Neurohypophyse in die Blutbahn abgegebenen Ocytocin wird auf diese Weise der Zugang zu den Myoepithelzellen ganz oder teilweise verwehrt. Die damit einhergehende Senkung der Euterdurchblutung nach einem Tief von 2 bis 3,5 min stellte sich in einem Versuch von MIELKE 1981 (24) erst im Verlauf von weiteren 8 bis 14 min wieder auf das normale Ausgangsniveau ein.

2.2 Wirkungsweise verschiedener Stimulationsreize am Euter

Mit einer vollwertigen Stimulation sind nach einhelliger Auffassung von Wissenschaft und Praxis eine bessere Melkzeughaftung, ein höherer Milchfluß und weniger Nachgemelk verbunden. Daneben wurde eine höhere Milch- und Fettleistung festgestellt (22, 34, 44, 65, 68). Jedoch sind die melktechnischen und vermutlich leistungsbiologischen Vorteile mit den bei uns verbreiteten Melkverfahren nur durch aufwendige Handstimulation zu erreichen. Von übergreifender Bedeutung zur Erzielung einer ausreichenden Stimulation ist dabei die Berücksichtigung der sog. Latenzzeit. Diese bezeichnet den Zeitraum von Beginn der Stimulation bis zum Einschießen der Milch. Als für Kühe verschiedener Rassen ausreichende Stimulationszeit werden z. B. von THALHEIM et al. 1973 (49) 60 s angegeben (vergleiche auch ZIEGLER und MOSIMANN sowie BECKER, zitiert bei THALHEIM et al. 1973 (49), PHILLIPS 1978 (26), WHITTLESTONE et al. 1980 (65), SAGI et al. 1980 (35), WORSTORFF et al. 1980 (68)).

Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen stellt sich die Frage nach dem Aufwand, der zur Erzielung einer ausreichenden Stimulation erforderlich ist. Dabei ist von besonderem Interesse, ob die Stimulation während der gesamten Melkzeit verabreicht werden muß, oder ob ein kurzzeitiges Anrüsten, verbunden mit einer Wartezeit, zu gleichwertigen Resultaten führt. Schließlich ist noch zu beantworten, ob alle Tiere, unabhängig vom Laktationsstadium und der Anzahl der Laktationen, gleichmäßig zu behandeln sind oder nicht.

Da zu den vielfältigen Fragen bisher nur relativ wenig wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen veröffentlicht wurden, erfolgt die Behandlung in den nachstehenden Unterpunkten zusammen mit den jeweils angewandten Stimulationsverfahren. Wegen der grundsätzlichen Bedeutung der Vorstimulation für die Milchhergabe und Ocytocinfreisetzung ist den Einzelkapiteln eine übergreifende Darstellung vorangestellt.

2.2.1 Einfluß auf Ocytocinfreisetzung und Milchhergabe

Um die Bedeutung der Vorstimulation zu veranschaulichen, eignen sich aufgrund des umfangreichen Datenmaterials und der radioimmunologischen Bestimmungsmethode des Ocytocins besonders die Ergebnisse von MAYER 1983 (23). Anhand der Ocytocinprofile und Milchflußkurven in Abb. 3 sollen die Unterschiede der intensiv stimulierten (60 s Dauer) gegenüber den unstimulierten Kühen erklärt werden:

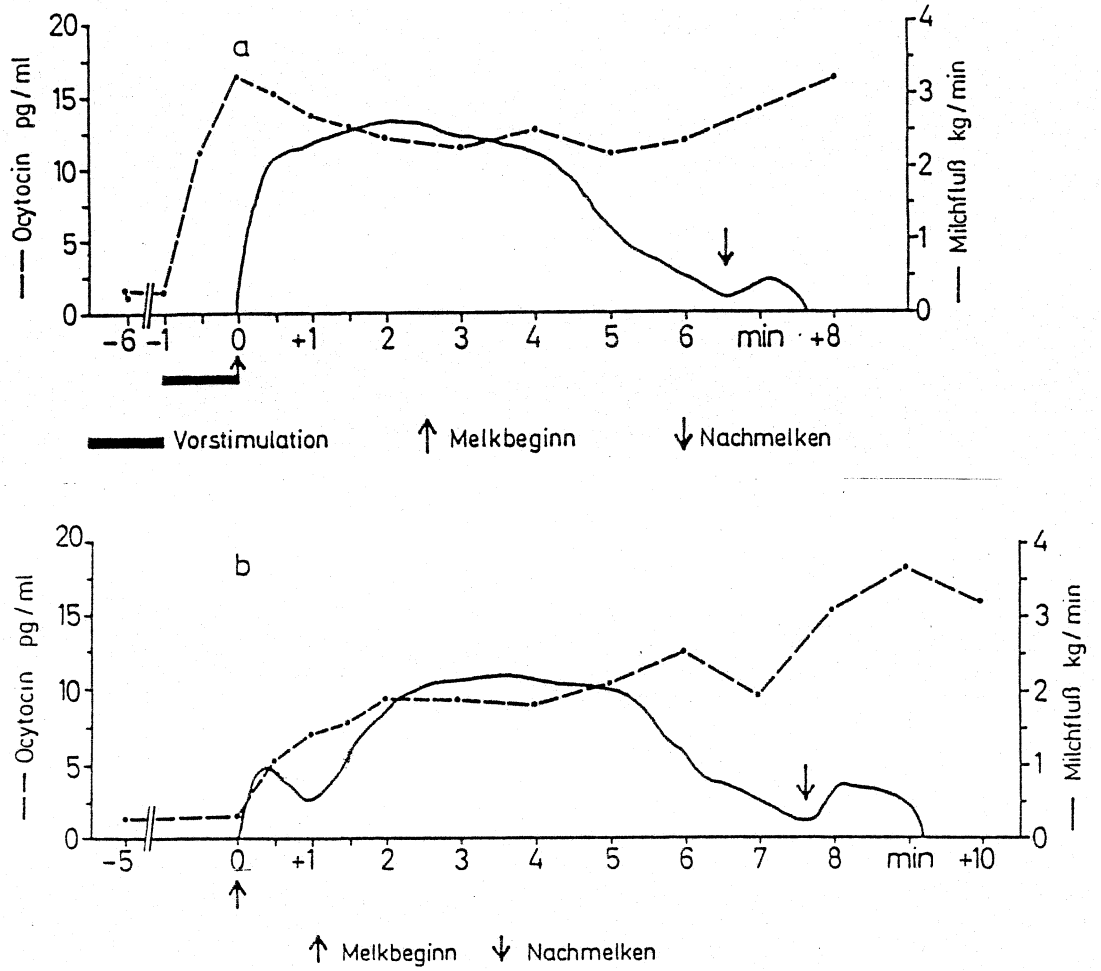


Abb. 3: Durchschnittliche Ocytocinprofile und Milchflußkurven: Vergleich von Melken mit und ohne Stimulation (23)

Die gemessene Ocytocinkonzentration zum Zeitpunkt des Melkbeginns dürfte nach den Aussagen von SAGI et al. 1980 (33) und SCHAMS et al. 1983 (40), im Gegensatz zur Interpretation durch RABOLD 1983 (30), von größerer Bedeutung sein als die gesamte während des Melkens freigesetzte Menge an Ocytocin. Der steile Anstieg des Ocytocinprofils (siehe obere Graphik von Abb. 3(a)) schon während der manuellen Stimulationsphase schafft bereits vor dem Melkbeginn die Voraussetzung für eine vollständige Milchejektion. Das darauffolgende Ansetzen der Zitzenbecher ermöglicht den sofort einsetzenden hohen Milchfluß und einen lückenlosen Übergang von der Zisternen- zur Alveolarmilch.

Werden die Zitzenbecher dagegen an das unvorbereitete Euter angesetzt, so führt die Melkmaschinentätigkeit zwar auch zur Ocytocinfreisetzung, aber der für die Milchejektion erforderliche Schwellenwert wird offensichtlich zu spät erreicht, um die Milchhergabe in der gewünschten Weise zu beeinflussen (Abb. 3(b)).

Die obere Milchflußkurve ist das Resultat intensiven einminütigen Anrüstens des Zitzenbereichs von Hand inklusive Euterreinigung. Die Milchhergabe ist charakterisiert durch:
- ein großes früh einsetzendes höchstes Minutengemelk
- einen hohen langen Spitzenmilchfluß
- ein kleines Nachgemelk
- eine kürzere Melkdauer

Die untere Kurve ohne vorheriges Anrüsten d. h. Ansetzen der Zitzenbecher ohne jegliche Vorbereitung - im Versuch auch ohne Euterreinigung - hat anfangs einen gleichwertigen Anstiegswinkel des Milchflusses. Der Milchfluß versiegt jedoch nach kurzer Zeit fast vollständig, weil nach Abmelken der lose gespeicherten Zisternenmilch die sog. Alveolarmilch aus den oberen Drüsenbereichen noch nicht verfügbar ist. Die Alveolarmilch kann erst später, stimuliert durch den Milchfluß und die Zitzengummibewegung der Melkmaschine, gewonnen werden. Daraus folgt eine schlechtere Milchhergabe, die durch einen später einsetzenden geringeren Milchfluß, durch ein größeres Nachgemelk und eine längere Melkzeit gekennzeichnet ist.

In den USA wurde bei Versuchen an Holstein-Friesian-Kühen von SAGI et al. 1980 (33) der Einfluß der manuellen Stimulation - Abmelken der ersten Milchstrahlen sowie 30 s Massage des Zitzenbereiches einschließlich Euterreinigung und 30 s Wartezeit bis zum Ansetzen der Zitzenbecher - mit dem Ansetzen der Zitzenbecher ohne jegliche Vorstimulation bezüglich der Milchhergabe verglichen. Eine zweiphasige Milchflußkurve mit Absinken des Milchflusses unter 200 g/min wurde dabei als Abmelken der Zisternenmilch d. h. ungenügende Stimulation definiert.

Zwar berichten die Autoren bei 82 v. H. der unstimulierten Kühe von einem Abmelken der Zisternenmilch, jedoch ist dies aus ihrer graphischen Darstellung (Abb. 4) nicht ablesbar, da die Charakteristika der Einzelkurven durch Mittelung unterdrückt werden.

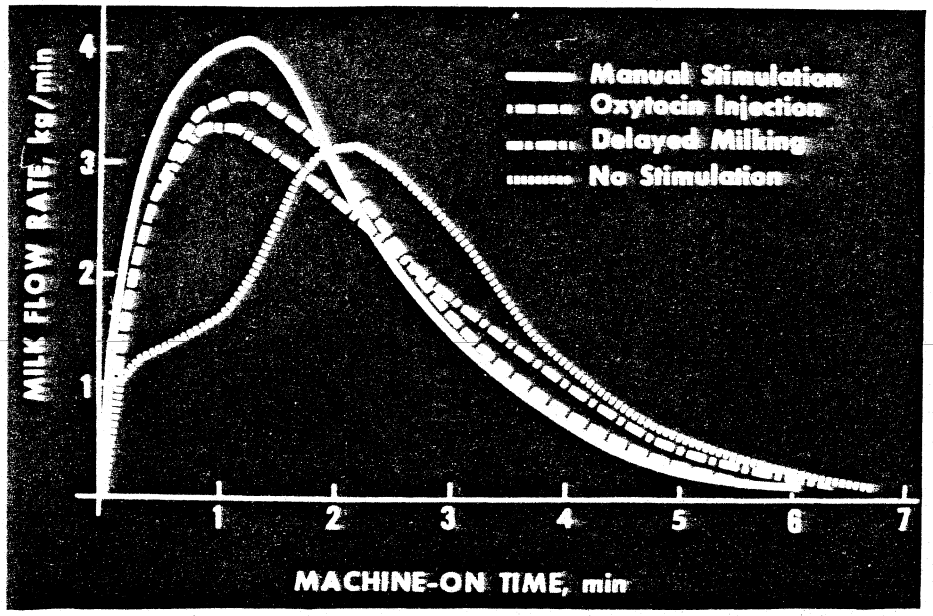


Abb. 4: Einfluß der Stimulation auf den Milchfluß (33)

Diese Auswertung und Darstellung von Versuchsergebnissen ist somit nicht glücklich gewählt, um den tatsächlichen Milchfluß einer Gruppe von Tieren wiederzugeben.
Der Vergleich der manuellen mit der unterlassenen Stimulation vor Melkbeginn ergab für die unstimulierten Kühe einen 1 min später einsetzenden und 17,5 v. H. geringeren höchsten Milchfluß; dabei war die Melkdauer um 1 min verlängert sowie das durchschnittliche Minutengemelk um 24 v. H. gesunken. Die Milchmenge unterschied sich in diesen Kurzzeitversuchen nicht statistisch signifikant. ZINN et al. 1982 (71) bezweifeln die Wirksamkeit einer Vorstimulation, da sie auch an vier verschiedenen Laktationsstadien (100, 160, 220 und 280 Tage nach dem Abkalben) keine signifikanten Differenzen in der Gesamtmilchmenge feststellten. Allerdings unterschieden sich in diesen Kurzzeitversuchen sowohl die

Melkdauer als auch das höchste und durchschnittliche Minutengemelk zwischen stimulierten und unstimulierten Kühen signifikant.

Langzeitversuche von PHILLIPS 1978 (26) an monozygoten Jerseyzwillingen bewirkten dagegen eine größere Laktationspersistenz d. h. höhere Laktationsleistung der Kühe, die mit fortschreitendem Laktationsstadium stufenweise länger stimuliert wurden, gegenüber Kühen, denen nur 5 bis 8 s die Zitzen gewaschen wurden.

WHITTLESTONE et al. 1980 (65) sowie WEHOWSKY et al 1982 (60) stimulierten die Kühe während der gesamten Laktationszeit gleichmäßig intensiv. Da sich schon nach acht Wochen höhere Milcherträge im Gegensatz zur üblichen kurzen Eutervorbereitung herausstellten, die über die Laktation anhielten, empfehlen die Autoren eine intensive Vorstimulation bereits unmittelbar nach dem Kalben.

Alle diese Aussagen machen klar, daß die leistungsbiologischen Vorteile einer ausreichenden Stimulation erst in Langzeitversuchen über eine komplette Laktation zu erkennen sind. Die amerikanischen Kurzzeitversuche berücksichtigen daneben auch nicht die von WORSTORFF et al. 1980 (68) und SCHAMS et al. 1983 (40) beobachteten geringeren Nachgemelke und kürzeren Nachgemelkszeiten der manuell stimulierten Kühe. Das dürfte teilweise in der Praxis amerikanischer Großherden, eine automatische Melkzeugabnahme zu verwenden, begründet sein und zusätzlich durch vollständiges Abklemmen der Zitzen nach dem Klettern des Zitzengummis mit 19 mm Durchmesser verschärft werden. Unterbleibt vor allem bei unzureichender Stimulation und somit unbefriedigendem Ausmelkgrad ein maschinelles Nachmelken, so ist dies nach neueren Untersuchungen in der DDR (7, 8, 32) aus Gründen der Eutergesundheit und Milchleistung bedenklich. Es wurden Milchverluste von ca. 8 v. H. und Fettmindererträge von ca. 9,5 v. H. festgestellt.

2.2.2 Wärmebehandlung von Euter und Zitzen

In der Praxis hört man häufig die Ansicht, daß warmes Wasser bei der Euterreinigung durch den auftretenden Temperaturreiz die Milchejektion fördert, dagegen kaltes Wasser die Tiere erschreckt. Bei dieser Vermutung ist zu beachten, daß wir es in der Praxis der Euterreinigung mit einer Kombination von taktilen und thermischen Reizen zu tun haben, wobei der Anteil der einzelnen Komponenten am Wirkungsmechanismus zu klären ist; FROMMHOLD 1973 (9) führte zu dieser Frage verschiedene Versuche mit ausschließlich thermischen Reizen an Schwarzbuntkühen durch (vergleiche Tabelle 1). Als Vergleichsmaßstab diente eine Handstimulation von 60 s Dauer.

Tab. 1: Versuchsvarianten isolierter Thermostimulation (9)

Variante	Stimulationsdauer(s)	Temperatur(^{o}C)
1. Handstimulation	60	-
2. Warmwasserbad des Euters	60	45
3. Infrarotbestrahlung des Euters	60	50
4. Beblasen des Euters mit Warmluft	60	55

Der Autor stellt die Vergleichsparameter "Maximaler Milchfluß" (MFmax) und "2. Handnachgemelk" (HNM_2), das nicht näher definiert ist, in den Vordergrund (Tab. 2), da sie unmittelbar von der Intensität des gesetzten Stimulationsreizes abhängen:

Tab. 2: Ergebnisse der Versuchsvarianten isolierter Thermostimulation (9)

		MFmax	HNM_2	statistische Sicherung der Differenzen beim HNM_2 –			
Varianten	n	kg/min	ml	1:2	1:3	2:3	1:4
1	33	3,181	211	<1%	<1%	<1%	<1%
2	22	2,643	794				
3	22	2,454	950				
4	22	1,923	1275				

Im Vergleich zur Handstimulation schnitten die drei thermischen Stimulationsvarianten deutlich schlechter ab. Der alleinige Wärmereiz ohne Berührung des Euters ist somit nicht in der Lage eine vollwertige Milchejektion auszulösen. Vor allem das hohe 2. Handnachgemelk deutet auf Nachejektionen als Folge der völlig unzureichenden Stimulationswirkung hin. Diese Ergebnisse bestätigen auch HOFFMANN und HEINZE 1979 (16) sowie WHITTLESTONE 1980 (64) mit einem auf 52 °C erwärmten pulsationsfreien Einraummelkbecher und widersprechen damit den Aussagen von TOLLE und HAMANN 1975 (51), die einen Anstieg des Milchflusses beobachteten.

2.2.3 Kombination von taktilen und thermischen Reizen

Unter taktiler Reizung ist die Massage von Euter, Zitzen und Zitzenspitze zu verstehen, die in der internationalen Literatur unumstritten als das Verfahren mit der intensivsten Wirkung hinsichtlich der Auslösung des Milchejektionsreflexes bekannt ist (5, 26, 33, 62, 68). Eine gewisse taktile Reizung ist bereits durch die in der 1. AVOMG, § 17[1)] vorgeschriebene Euterreinigung gegeben.

---

1) 1. Verordnung zur Ausführung des Milchgesetzes vom 15. Mai 1931; zitiert bei TOLLE 1983 (52)

Daneben sollten aus hygienischen und stimulatorischen Gründen die ersten Milchstrahlen abgemolken und auf etwaige Veränderungen hin geprüft werden. Da das Säubern von Euter und Zitzen gut mit Wasser zu erreichen ist, verwendet die Praxis dazu häufig einen - hygienisch bedenklichen - Lappen und warmes Wasser. Bei diesem Verfahren kann man also von einer Reizkombination der taktilen und thermischen Rezeptoren sprechen, die eher als isolierte Wärmereize zu einer vollwertigen Milchejektion führen dürften.

2.2.3.1 Euterreinigung von Hand

Um den Bereich der Euterreinigung und Vorstimulation auf die wirksamste Technik zu beschränken, ist es von arbeitswirtschaftlichem Interesse, ob die Reinigung feucht oder trocken, am Euter oder an den Zitzen durchgeführt wird. In einem Versuch von WORSTORFF et al. 1980 (68) wurde die Milchhergabe bei verschiedener Stimulationstechnik untersucht. Die verwendeten Abkürzungen der Melkbarkeitsmerkmale sind in Tabelle 6 des Kapitels 3.5.1 näher erläutert.

Tab. 3: Milchhergabe bei verschiedener Stimulationstechnik (68)

Merkmal	Dim.	Zitzen warm naß	Drüsenbereich warm naß	Zitzen trocken
MGM	(kg)	10,71(100%)	10,11(100%)	10,50(100%)
MHG	(kg)	10,08(94,1%)	9,50(94,0%)	9,92(94,3%)
MNG	(kg)	0,61(5,7%)	0,59(5,8%)	0,55(5,2%)
MBG	(kg)	0,02	0,01	0,02
tGMZ	(min)	6,42	6,86	6,58
tHGZ	(min)	5,08	5,64	5,33
tNGZ	(min)	1,16	1,06	1,08
tBGZ	(min)	0,18	0,19	0,17
DMHG	(kg/min)	2,06	1,78	1,98
DMG	(kg/min)	1,77	1,56	1,73
HMG	(kg)	3,94	3,34	3,85
tHMG	(min)	1,00	1,19	0,78

Die Vorstimulation dauerte bei allen drei Versuchen 1 min und wurde mit einem Lappen durchgeführt. Das bei der feuchten Reinigung verwendete Wasser hatte 37 °C. Die geringere Gesamtgemelks- und Hauptgemelkszeit deutet auf eine schnellere Milchhergabe nach feuchter und trockener Säuberung der Zitzen hin, gegenüber der ausschließlich feuchten Massage des relativ großen Drüsenkörpers. Auch das höhere Minutengemelk spricht für die Zitzenstimulation, wobei warmes Wasser neben dem möglichen Wärmereiz den Schmutz besser löst. Die taktile Reizung, insbesondere der Zitzenrezeptoren, wird in der Literatur immer wieder als wichtig erachtet und findet in diesen Versuchen eine weitere Bestätigung.

Trocken gereinigte Zitzen sind nach THUM et al. 1982 (50) in der Regel nicht so sauber wie gewaschene, die anschließend mit Einwegpapiertüchern getrocknet werden. Säubern und Trocknen ist notwendig, um ein Ablösen von Schmutz beim Melken und/oder des von den Zitzen herablaufenden Schmutzwassers in die Melkbecher und weiter in die Milch zu verhindern. Andererseits berichten die Autoren von einer erneuten Erhöhung des Keimbesatzes, obwohl der vorher gründlich gereinigte Zitzenbereich mit einem desinfizierten Eutertuch abgetrocknet wurde. Hier wurden offenbar Schmutz und Keime aus ungenügend gereinigten Bereichen herangetragen bzw. aus solchen, deren Reinigung nicht beabsichtigt war. Unabhängig von der angewandten Eutervorbereitung, darf die Melkmaschine nur an trockene bzw. abgetrocknete Zitzen angesetzt werden, weil sonst die Haftreibung von Zitzengummi und Zitze gestört wird. Das führt entweder zu einem vorzeitigen Klettern der Zitzenbecher und einer Beeinträchtigung der Milchhergabe oder dem Abfallen des Melkzeuges.

2.2.3.2 Druckdusche

Verschiedentlich wurden Versuche unternommen, um das zeit- und kraftaufwendige Euterreinigen und Massieren zu mechanisieren. Damit sollte der wichtige Arbeitsgang zur Auslösung der Milchejektion nicht mehr an das unterschiedlich stimulierende Melkpersonal gebunden sein und vor allem Routinezeit eingespart bzw. die Melkdauer verkürzt werden, um bei gegebenen Melkständen die Durchsatzleistung zu erhöhen. Arbeiten von FROMMHOLD 1973 (9) befaßten sich unter anderem mit der Wirkung von Wasserstrahlen mit 190 bis 380 kPa Aufpralldruck auf das Euter bei unterschiedlicher Einwirkungsdauer und Temperatur. Die Temperaturen 40 °C bzw. 10 °C zeigten eine der Handstimulation gleichwertige Reaktion hinsichtlich der beiden Vergleichsparameter "maximaler Milchfluß" und "2. Handnachgemelk". Wasserstrahlen unterschiedlicher Temperatur ergaben, daß nur sehr wenige Kühe mit einer Verschlechterung des Melkergebnisses auf eine niedrigere Wassertemperatur reagierten; bei den meisten Kühen waren keine signifikanten Unterschiede gegenüber dem Bespritzen des Euters bei dem oben genannten Aufpralldruck mit warmem Wasser von 40 °C zu beobachten. Die Verkürzung der Stimulationsdauer von 45 auf 30 bzw. 20 s sorgte allerdings für ein signifikant vermehrtes 2. Handnachgemelk.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei ausreichendem Wasserdruck die Temperatur, im Vergleich zur Einwirkungsdauer, von untergeordneter Bedeutung für die Erzielung einer vollwertigen Stimulation bzw. optimalen Milchhergabe ist. Das energieaufwendige Erwärmen des Wassers auf 40 °C und höher ist nach diesen Ergebnissen für erfolgreiches Stimulieren nicht erforderlich. Obwohl die Versuche mit Druckduschen keine unbefriedigende Wirkung auf die Milchejektion hatten, war ihr Einsatz aus folgenden Gründen nicht praxiskonform:

- separate Anlage für das unter Druck stehende Wasser wäre nötig
- 8 - 10 l/Kuh und Tag Wasserverbrauch
- Abwasser verursacht zusätzliche Aufwendungen
- Entstehen unerwünschter Wartezeiten, da oft zeitliche Verzögerung zwischen Euterreinigung und Melkbeginn

Zudem ist der lokale Wirkungsbereich der Dusche nicht von Tier zu Tier gleich, so daß weitere Körperteile naß werden, und das unbedingt notwendige Abtrocknen wieder Handarbeit für den Melker bringt. Aus ähnlichen Gründen hat das Verfahren der Druckdusche in sog. "prep stalls" auch in den USA keine ungeteilte Anerkennung gefunden.

2.2.4 Bedingte Reflexe

Der Verzicht auf intensives Stimulieren wird von einigen Forschern wie in der Praxis durch das Argument vertreten, daß Kühe sich an den ständig wiederholenden Arbeitsablauf vor und bei dem Melken gewöhnen, wobei die herausgebildeten sog. bedingten Reflexe die Milchejektion auslösen sollen. Als solche wurden - in Anlehnung an PAVLOW - das Klappern des Melkgeschirrs, Melkmaschinengeräusche, Musik, Anblick des Melkstandes und Melkers sowie Kraftfuttergaben diskutiert. Um eine wirksame Milchejektion auszulösen, müßten die bedingten Reflexe immer in ihrer Intensität optimal und zum richtigen Zeitpunkt vor dem Melken erfolgen.

2.2.4.1 Sensorische Eindrücke

Da die Tiere auch akustische, visuelle und sonstige sensorische Eindrücke im Gehirn verarbeiten (siehe Abb. 1(b)), wurde vermutet, daß diese Reize, ebenso wie taktile Reize an den Zitzen, zu einer Ocytocinfreisetzung in der Hypophyse und einem nachfolgenden "Einschießen der Milch" führen.

VELITOK 1974 (56) beschreibt, daß bei der Schaffung von stereotypen Bedingungen ein positiver Einfluß auf die Milchejektion ausgeübt wird, der sich in einem höheren Milchfluß und einer geringeren Menge der im Euter verbliebenen Restmilch nach dem Maschinenmelken zeigte. Er führt dies auf einen pünktlichen Zeitablauf von Fressen, Wiederkäuen, Verdauen, Milchsekretion,

Milchhergabe und sonstigen physiologischen und technischen Prozessen zurück, die im Zehn-Stundenintervall vollzogen wurden. Der ganze Organismus der Kühe soll somit auf eine "biologische Uhr" abgestimmt werden. Da nur wirklich stereotype Bedingungen für die Kühe günstige Ergebnisse brachten, sind der praktischen Nutzbarkeit beim Melkablauf wohl enge Grenzen gesetzt. Diese Aussage soll allerdings nicht die Bedeutung einer ruhigen Umwelt bei der Milchgewinnung entkräften.

RECKNAGEL und BEYE, zitiert bei WEHOWSKY et al. 1974 (58), beschäftigten sich mit Untersuchungen an Schwarzbuntkühen, bei denen an vier Melkzeiten der Ablauf des Milchejektionsreflexes im stationären Melkstand, Melkkarussell bzw. Anbindestall mit Rohrmelkanlage beobachtet wurde. Dazu bekamen die Kühe während des ganzen Versuches einen Dauerkatheter in je eine Zitze, aus dem die in den Zisternenteil gelangende Milch abtropfte. Die Tiere wurden vom Verlassen des Stallplatzes bis zur maschinellen Milchgewinnung im Melkstand beobachtet: bei 8 von insgesamt 24 Kühen und 15 von 96 Beobachtungen stellte RECKNAGEL bedingt reflektorische Ejektionen vor Beginn der eigentlichen Stimulation im Melkstand fest. Eine anschließende Überprüfung des Ejektionsgrades erfolgte durch intensive Handstimulation und bewirkte nur bei einer Kuh keine erneute Ejektion, was die bedingt reflektorischen Ejektionen deutlich als Teilejektionen charakterisiert. Derselbe Versuch von BEYE im Anbindestall mit Rohrmelkanlage bzw. im Tandemmelkstand bei insgesamt 27 Kühen ließ keine bedingt reflektorischen Milchejektionen offenkundig werden. Meist beobachtete man Teilejektionen auf dem Weg zum Melkstand, im Vorwartehof oder beim Betreten des Melkstandes. Solche, unabhängig von der Tätigkeit des Melkers ablaufenden bedingt reflektorischen Teilejektionen, könnten vor allem eine optimale Milchgewinnung gefährden, wenn eine längere Wartezeit vor dem Melken die Wirkung des Ocytocins und die Melkbereitschaft des Tieres vermindert; Wartezeiten von zwei bzw. vier min zwischen dem Einschießen der Milch und dem Melkbeginn führen nach RABOLD et al. 1981 (29) zu einer Verringerung des Ausmelkgrades und damit zu Milchleistungseinbußen von 5 bzw. 10 v. H.. Deutliche Mindererträge zeigten

sich nach WORSTORFF 1983 (69) auch in noch unveröffentlichten Versuchen im Sonderforschungsbereich 141. Die Ergebnisse zeigen klar, daß Reize wie der Anblick des Melkstandes oder Melkers sowie Wahrnehmen von Melkmaschinengeräuschen eine taktile Zitzenstimulation nicht ersetzen können: bedingte Reflexe wirken offensichtlich nur bei einigen wenigen Kühen, nicht zu jeder Melkzeit, und selbst dann wird nicht die für eine vollwertige Stimulation charakteristische, ermelkbare Alveolarmilch bereitgestellt.

In einer umfangreichen Untersuchung von SCHAMS et al. 1983 (40) über die Ocytocinfreisetzung konnten bei ca. 700 Ocytocinprofilen, die mit dem RIA analysiert wurden, beim Maschinenmelken in keinem Fall erhöhte Ausgangswerte vor dem Melken gefunden werden. Dies läßt zusammen mit den bereits vorher erwähnten Teilejektionen den Schluß zu, daß es unter den üblichen Haltungsbedingungen nur in Ausnahmefällen zu einer bedingt reflektorischen Freisetzung von Ocytocin kommt und dieser Vorgang somit nicht für die tägliche Routine nutzbar ist.

Erfahrungen aus vorangegangenen Versuchen, wonach etwa 60 s nach dem Ansetzen des ersten Melkbechers Ejektionen eintraten, veranlaßten PREUß sowie MORITZ u. WEHOWSKY, zitiert bei WEHOWSKY et al. 1982 (59), zu der Untersuchung, ob bereits das Ansetzen der Zitzenbecher teilweise bedingt reflektorisch zur Auslösung des Milchejektionsreflexes beiträgt. Die Autoren befaßten sich mit der Frage, welche Alveolarmilchmengen ejiziert werden, wenn nacheinander ein bis vier Melkbecher bei abgeschaltetem Melk- und Pulsationsvakuum an die Zitzen angesetzt werden, und ob das Melkvakuum und die pulsierende Zitzengummibewegung an den Zitzen stimulierend wirken. Weitere Angaben zur Versuchsdurchführung sowie die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengestellt.

Tab. 4: Ejizierte relative Alveolarmilchmengen (AM1 %) durch das Ansetzen von Melkbechern, die Einwirkungen des Melkvakuums (MV) sowie des Melk- und Pulsationsvakuums (PV) (59)

Autoren	ausgewertete Kühe	ausgewertete Gemelke	angesetzte Melkbecher	Melkvakuum und/bzw. Pulsationsvakuum	Milchejektionen	AM1	Bemerkungen
	n	n	n		n	%	
Preuß (1980)	6	21	1	ohne	19	43,4[a]	Melkbecher nach dem Ansetzen 120 s "bewegungslos" an den Zitzen festgehalten
	5	18	2	ohne	18	66,0[b]	
	5	15	3	ohne	15	73,0[c]	
	5	20	3	MV	19	77,0	
	ab/bc/ac=P≦0,01						
	3	19	1	ohne	17	41,7[a]	Melkbecher nach dem Ansetzen 120 s "bewegungslos" an den Zitzen festgehalten
	5	19	2	ohne	19	63,2[b]	
	5	19	3	ohne	19	75,5[c]	
	6	24	3	MV + PV	24	82,2	
	ab=P≦0,02, bc=P≦0,10, ac=P≦0,02						
Moritz und Wehowsky (1981)	6	12	2	ohne	11	46,0[a]	Melkbecher 15 s "bewegungslos" festgehalten
	5	10	2	MV	10	58,1[b]	
	6	12	2	MV + PV	12	72,3[c]	
	ab=P≦0,1, ac=P≦0,01, bc=P≦0,05						
	7	13	1	ohne	4	6,1[a]	Melkbecher angesetzt und sofort wieder abgenommen, Dauer 2 s/Zitze
	7	14	2	ohne	11	24,4[b]	
	7	14	3	ohne	13	40,1[c]	
	7	14	4	ohne	13	54,1[d]	
	ab/bc/bd=P≦0,05, ac=P≦0,02, ad/bd=P≦0,01						

Die beiden Versuche von PREUß zeigen, daß in Abhängigkeit von der Anzahl der angesetzten Zitzenbecher die ejizierte Alveolarmilchmenge ansteigt. Das Zuschalten des Melkvakuums nach dem Ansetzen von drei

Zitzenbechern in Versuch 1 erhöhte die ejizierte Alveolarmilchmenge ebenso nicht signifikant von 73 auf 77 v. H. wie bei Zuschaltung des Melk- und Pulsationsvakuums bei Versuch 2 von 75,5 auf 82,2 v. H..
MORITZ und WEHOWSKY testeten die Wirkung des Melk- und Pulsationsvakuums, indem zwei Zitzenbecher 15 s bewegungslos festgehalten wurden; dabei ergaben sich sogar signifikante Differenzen zwischen den ausgewiesenen mittleren relativen Alveolarmilchportionen. Die Aussagen lassen den Schluß zu, daß sowohl das Melkvakuum von 50 kPa als auch die Zitzenmassage, hervorgerufen durch die Pulsierung, stimulierend wirken. Bei den Varianten mit eingeschaltetem Melkvakuum wäre allerdings noch die Frage zu klären, ob das Melkvakuum selbst, die ausströmende Zisternenmilch und/oder ein geringer Druckabfall in den Milchdrüsen die Stimulation begünstigen.
Im 2. Versuch von MORITZ und WEHOWSKY (Tab. 4) wurden nur die Melkbecher 2 s lang angesetzt und sofort wieder abgenommen. Die relativen Alveolarmilchmengen nahmen mit der Anzahl der nacheinander kurz angesetzten Melkbecher stufenweise auf 54,1 v. H. zu. Diese Ergebnisse zeigen, daß allein von den geringen taktilen Reizen beim Ansetzen der Melkbecher - vermutlich unterstützt durch die Erwartungshaltung des Tieres - auch ohne Vakuumapplikation erhebliche Stimulationswirkungen ausgehen. Vor allem die klaren Abstufungen beim Ansetzen von 1 bis 4 Zitzenbechern, mit und ohne Vakuum, deuten jedoch auf eine kumulative taktile Stimulationswirkung hin und weniger auf das Wirken von bedingten Reflexen beim Ansetzen der Zitzenbecher (59).

2.2.4.2 Kraftfuttergaben

Die Auslösung der Milchejektion soll auch durch Kraftfuttergaben beim Melken begünstigt werden (5, 56, 70). BRANDSMA 1978 (5) stellte aber auch fest, daß dieser bedingte Reflex nicht unter allen Umständen abläuft; in der Weidegrasperiode z. B. war die Kraftfuttergabe anscheinend nicht stimulierend. Das könnte man damit erklären, daß die Kühe das frische geschmackvolle Weidegras dem Kraftfutter vorziehen. Er kam auch zu der Feststellung:

je schneller die Kühe den Melkstand betraten, umso vollständiger war die Euterentleerung. Das ließe sich auf die lockende Wirkung von Kraftfuttergaben im Melkstand zurückführen und /oder die gute Konditionierung dieser Kühe auf die nachfolgende Milchhergabe. Beim Vergleich einer kurzen Eutervorbereitung gegenüber einer intensiven Handstimulation im Melkstand, bei jeweils gleichzeitiger Kraftfuttervorgabe, stellte der Autor keine Unterschiede in der Milch- und Residualmilchmenge fest. Demnach wäre mit der von anderen Autoren befürworteten 60 s Eutervorbereitung kein produktionstechnischer Vorteil zu gewinnen. Auf der anderen Seite zeigen Erfahrungen aus der Praxis vieler Länder, daß der Verkehr zum Melkstand auch ohne Kraftfuttergaben gelöst werden kann. Insbesondere angesichts der zunehmenden Verbreitung von Kraftfutter-Abrufautomaten bzw. der Verabreichung einer gemischten Gesamtration muß die Kraftfuttergabe im Melkstand neu überdacht werden. In neueren Untersuchungen von SCHAMS et al. 1983 (40) konnten keine Milchejektionen aufgrund von Kraftfuttergaben festgestellt werden, was im Hinblick auf die heute gegebenen z. T. extrem hohen täglichen Mengen nicht verwundert.

2.3 Melkmaschinen mit spezieller Stimulationsphase

Wie in den vorigen Kapiteln ausgeführt, äußert sich der Aufwand einer vollwertigen Stimulation sowohl hinsichtlich der Milchhergabe (Milchfluß, Gesamtmelkzeit und Ausmelkgrad) als auch der Laktationsleistung. Auf der anderen Seite ist die Vorstimulation - wenn sie "vollwertig" ausgeführt werden soll - mit einem erheblichen Handarbeitsaufwand verbunden. Aus diesem Grund hat man sich bemüht, eine Stimulation mit dem Melkzeug der herkömmlichen Melkmaschine herbeizuführen. Wegen der bekannt hohen Wirksamkeit von Scheinmelkgriffen und Druckreizen führte einer der ersten Wege über eine Verstärkung des Druckes auf die Zitze in der Entlastungsphase. Andere Forscher senkten das Vakuum zu Beginn des Melkens und applizierten milchflußgesteuert leichte Druckreize niedrigerer Frequenz; schließlich untersuchte man Verfahren mit erhöhter Pulsfrequenz. Die einzelnen Bemühungen sind nachstehend näher diskutiert.

2.3.1 Druckluftstimulation

Die ersten Bemühungen, die stimulierende Rolle des Zitzengummis zu verstärken, wurden auf der Leipziger Messe 1968 einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt: statt atmosphärischer Luft wurde Druckluft von 50 bis 60 kPa während der Entlastungsphase in den Pulsraum eingeleitet. Dadurch drückte es die Zitze in der einminütigen Stimulationsphase zyklisch fester zusammen, womit man eine manuelle Stimulation zu ersetzen versuchte. Anschließend schaltete der Pulsator auf die normale Vakuumapplikation für die maschinelle Milchgewinnung um.
SCHWIDERSKI et al. 1972 (44) verglichen die Wirkung von dem in der Praxis üblichen Vormelken und feuchten Euterreinigen von ca. 12 s und 48 s Wartezeit bis zum Melkbeginn mit 12 s Vormelken und feuchter Euterreinigung bei nachfolgend 60 s Druckluftstimulation von 60 kPa sowie 60 s Handstimulation. Die drei Versuchsgruppen mit je 20 Schwarzbuntkühen wurden hinsichtlich des Alters, der Vorjahresleistung sowie des letzten Abkalbedatums nach dem Prinzip der Analogen zusammengestellt und über eine ganze Laktation nach dem jeweiligen Verfahren stimuliert und gemolken. Zwischen der Handstimulation von 60 s Dauer und der Druckluftstimulation ergaben sich keine Unterschiede in der Milchleistung. Das Verfahren der Druckluftstimulation erbrachte jedoch Mehrerträge an Milch von 6,1 bis 8,8 v. H. bzw. 310 kg gegenüber der kurzen Eutervorbereitung mit anschließender Wartezeit, wobei die Unterschiede in den letzten 100 Tagen der Laktation von ausschlaggebender Bedeutung waren. In der Eutergesundheit ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Verfahren aufdecken.
Die Kühe hatten eine Laktationsleistung von 4000 bis 6000 kg Milch. Dieses Ergebnis war zunächst überraschend und wurde deshalb in gleichartigen Versuchen mit nur 12 s Vormelken und Euterreinigung bei 58 Kühen sowie 12 s Vormelken und Euterreinigung mit anschließend 60 s Druckluftstimulation bei 209 Kühen von MATTHES und SCHWIDERSKI 1975 (22) erneut geprüft. Es handelte sich um Kühe der Rasse "Deutsche Schwarzbunte" und deren Kreuzungsnachkommen mit dem Jersey-Rind, die in der Zeit vom 150. bis 300. Laktationstag untersucht wurden. Zwar waren die Mehrleistungen an Milch von 12,2 v. H. zugunsten der Druckluftvariante beachtlich, dennoch

ergaben sich nur 177 kg Milchmehrertrag, was die Autoren mit der ungenügenden Drucklufthöhe von 37 kPa statt 50 kPa im letzten 50 Tage-Abschnitt begründen. Die gleichfalls ermittelten Nachgemelkszeiten, in Abhängigkeit von Stimulationsverfahren, tendieren zu einer Verringerung derselben bei der Anwendung der Druckluftstimulation. In einigen Frühschichten konnte eine signifikante Differenz, die einer Arbeitszeiteinsparung von 12 s/Tier gleichkommt, ermittelt werden.
Alle diese Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die auf das Notwendigste beschränkten Melkvorbereitungen mit zunehmender Laktationsdauer nicht genügen, um das Leistungspotential der Kühe auszunutzen. Folglich sprechen sich die o. g. Autoren für eine von Beginn der Laktation an gleiche vollwertige Stimulation von 60 s Dauer aus, die sich am besten mit dem Druckluftverfahren verwirklichen läßt.

Von einem weiteren Versuch mit der Druckluftstimulation unter neuseeländischen Verhältnissen über zwei ganzjährige Weideperioden berichten WHITTLESTONE et al. 1980 (65). Es kamen dabei eineiige Zwillingskühe der Rasse "Jersey" sowie eineiige Kreuzungskühe der Rassen "Jersey×Friesian" zum Einsatz. In der ersten Laktation waren es 14 Zwillingspaare und in der zweiten 11 Zwillingspaare, denen einheitlich für die Dauer von 15 s die Euter unter Benutzung eines Schlauches bei 20 °C Wassertemperatur gewaschen wurden. Ohne die Zitzen abzutrocknen, setzte man die Zitzenbecher an. Die Zwillingspaare wurden nach dem Euterwaschen getrennt behandelt, indem man einer Gruppe sofort das konventionelle Melkzeug ansetzte und die anderen Tiere für 60 s vor Melkbeginn mit 50 kPa Druckluft stimulierte. Die zusätzlich mit Druckluft stimulierten Kühe hatten durchschnittliche Mehrerträge an Milch von 4,1 bzw. 8,9 v. H. sowie an Fett von 3,3 bzw. 11,4 v. H. in den zwei Laktationen aufzuweisen. Bei dieser Steigerung der Leistung ist zu berücksichtigen, daß z. T. wegen der extremen Witterung die Laktationsleistungen ziemlich niedrig lagen (3000 bis 4000 kg Milch). Die Ertragsdifferenzen zwischen den unterschiedlich behandelten Tieren bildeten sich innerhalb der ersten acht Laktationswochen heraus und behielten dann während der gesamten Laktation ein annähernd gleiches

Niveau. In der Eutergesundheit konnten keine großen Unterschiede gefunden werden; allerdings hatten die mit Druckluft behandelten Tiere einen etwas höheren Grad an Hyperkeratose als die Kontrollgruppe, was sich tendenziell z. B. mit den Aussagen von KATONA und MÉSZÁROS 1971 (18) sowie GRAF und GEDEK 1983 (14) deckt.

Da die bisher aufgeführten Versuche mit der Druckluftstimulation nicht an Hochleistungskühen wie z. B. Holstein-Friesian in den USA durchgeführt wurden, begannen ARMSTRONG und WEGNER 1980 (3) darüber einen Versuch zu starten. Die Autoren nahmen dazu Kühe der Rasse Holstein-Friesian über eine ganze Laktation her. Allen Tieren wurde einheitlich mit warmem Wasser das Euter gewaschen, mit Papiertüchern abgetrocknet, die ersten Milchstrahlen abgemolken und danach das Melkzeug angesetzt. Nach dem Ansetzen des Melkzeuges wurde eine Gruppe von 21 Kühen normal gemolken, wogegen man eine andere Gruppe von 23 Kühen mit 25 kPa Druckluft über 45 s stimulierte, bevor der Pulsator auf den normalen Melkvorgang automatisch umschaltete. Während die Milchleistung der Kontrollgruppe in den ersten 24 Wochen signifikant höher war, gab es in den letzten Wochen des Versuchs keine Unterschiede hinsichtlich der Milchmenge der beiden Tiergruppen. Es zeichnete sich somit trotz der relativ geringen Druckerhöhung auf 25 kPa statt 50 bis 60 kPa ein Trend zugunsten der Druckluftstimulation ab. Das anscheinend größere Durchhaltevermögen der mit Druckluft stimulierten Kühe fand darin eine weitere Bestätigung. Die kürzere Melkzeit von 30 s bei den maschinell stimulierten Kühen ist auf den ersten Blick angenehm überraschend, aber in einer geringeren Milchleistung begründet; die Milchflußmerkmale ergaben keine Unterschiede. Bei der Beurteilung der Zitzen stellten die Autoren signifikante Unterschiede an Hyperkeratose zum Nachteil der Druckluftvariante fest, die sich jedoch nicht in häufigeren Eutererkrankungen auswirkten. Als Resümee dieser Langzeitversuche mit der Druckluftstimulation läßt sich sagen: je niedriger (höher) das Ertragsniveau der Tiere ist, desto früher (später) zeigt sich der Leistungsvorteil einer maschinellen Druckluftstimulationsphase in der Laktationskurve. Weil druckluftstimulierte Hochleistungskühe vor allem im Laktationsgipfel keine so hohe Milchleistung erbrachten, ist der Stimulationsbedarf in diesem Stadium möglicherweise nicht so groß.

Zudem deutet die größere Beanspruchung des Zitzengewebes auf eine Beeinträchtigung der Melkbereitschaft und Milchhergabe hin, die sich in Leistungsdepressionen zu Laktationsbeginn äußerte, während am Laktationsende der Vorteil der intensiven Druckluftstimulation vorherrschte. Die Bestimmung des Ausmelkgrades hätte bei den Versuchen noch zusätzliche Interpretationen der Ergebnisse ermöglicht. Leider wurden die Residualmilchmengen nicht festgestellt. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die in den USA verwendete Melktechnik mit "narrow bore" Zitzengummi und automatischer Melkzeugabnahme nicht unbedingt eine gute Euterentleerung fördert; diese ist aber eine Voraussetzung dafür, daß sich Leistungsdifferenzen zeigen können.

Kurzzeitversuche über eine Woche an zwölf Holstein-Friesian-Kühen, von denen je vier Kühe in der ersten, zweiten und dritten Laktation waren, führten SAGI et al. 1980 (35) in der Spätlaktation (durchschnittlich 223. Tag) als auch SAGI et al. 1980 (34) in der Mitte der Laktation durch. Dabei ergaben sich jeweils leicht verringerte Fettmengen und Fettgehalte bei den ausschließlich mit 50 kPa Druckluft stimulierten Kühen gegenüber den ohne jegliche Eutervorbereitung gemolkenen Kühen. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Versuchen von BRANDSMA 1978 (5) und FROMMHOLD u. WEHOWSKY 1978 (10), die bei der Druckluftstimulation etwas höhere Fettmengen und -gehalte im Vergleich zu nur 12 s stimulierten Kühen erhielten. Die amerikanischen Kurzzeitversuche wiesen nahezu identische Gesamtmilchmengen, Residualmilchmengen, Fett- und Eiweißgehalte, Gesamtgemelkszeiten und Milchflußparameter zwischen unstimulierten und mit Druckluft stimulierten Kühen auf. Auch ein Abmelken der Zisternenmilch wurde bei der Druckluftvariante wie bei den unstimulierten Kühen beobachtet, obwohl FROMMHOLD u. WEHOWSKY 1978 (10) von einem um 40 bis 50 v. H. geringeren Milchfluß während der Druckluftphase berichteten. Letztere führen dies auf die bei der Druckluftphase annähernd doppelte Luftmenge im Pulsraum und die durch die längere Druckwechselzeit verkürzte Saugphase zurück. Ferner ist anzumerken, daß das Zusammendrücken der Zitzenzisterne eine neue Füllung in jeder Saugphase voraussetzt.

Eine Bewertung der vorliegenden Untersuchungen zur Druckluftstimulation läßt ein zwar positives aber noch nicht klares Bild erkennen, weil die amerikanischen Kurzzeitversuche die Leistungssteigerungen, welche in Langzeitversuchen bekannt wurden, nicht bestätigen. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß die Ergebnisse durch Kurzzeit- und melktechnische Einflüsse maskiert sind, wogegen die Versuche über eine ganze Laktation eindeutig eine größere Aussagekraft haben. Daneben liegen bis jetzt noch keine repräsentativen Aufzeichnungen von Ocytocinprofilen bei der Druckluftstimulation vor, die einen genaueren Aufschluß über die Wirksamkeit dieser maschinellen Stimulationsvariante zuließen.

2.3.2 Intervall-Druckluftstimulation

In der DDR entwickelten WEHOWSKY et al. 1982 (60) in den letzten Jahren ein technisch einfacheres Melk- und Stimulationsverfahren, das in erster Linie für Rohr- und Eimermelkanlagen gedacht ist: dabei werden intervallmäßig 5 s Druckluft von 50 kPa und 10 s atmosphärische Luft in der Entlastungsphase in den Pulsraum gespeist, und im Wechsel mit Vakuum während des gesamten Melkprozesses appliziert (Einzelheiten siehe Kapitel 3.3.4). Diese Idee stützt sich auf wissenschaftliche Beobachtungen wie z. B. von WEHOWSKY 1974 (58), WHITTLESTONE 1980 (63) und WORSTORFF et al. 1980 (68), die das Ejizieren der Alveolarmilch nicht als einen wenige Sekunden dauernden einmaligen Vorgang ansehen, sondern mehrfache Milchejektionen beim maschinellen Milchentzug feststellten. Weiterhin schreiben WEHOWSKY et al. 1982 (60), daß die Druckluftpulsation logarithmisch additiv wirkt: bei Verabreichung von 4 bis 12 s konnten im Durchschnitt 50 bis 80 v. H. der Alveolarmilch gewonnen werden; um aber 99 v. H. zu erreichen, benötigt man rechnerisch mehr als 150 s Druckluftstimulation. Da eine derart lange Anwendung von Druckluft zu Nachteilen wie schlechtere Melkzeughaftung, steigende Melkzeiten und Nachgemelke sowie zu einer erheblichen mechanischen Zitzenbeanspruchung führte, zog man das Intervall-Druckluftverfahren in Betracht.

Die Autoren untersuchten an je 13 Schwarzbuntkühen über 305 Laktationstage das Intervall-Druckluftverfahren im Vergleich zur konventionellen Melkmaschine. Vor dem Ansetzen der Zitzenbecher erfolgte einheitlich ein Abmelken der ersten Milchstrahlen und eine kurze Eutersäuberung, was zusammen 15 bis 25 s dauerte. Als wichtige Ergebnisse sind Mehrleistungen der Druckluftvariante von 11 v. H. Milch, 7,2 v. H. Fett und 6,9 v. H. Eiweiß festzuhalten, die sich während der zweiten 100 Laktationstage in einer zunehmenden Milchertragsdifferenz zugunsten des Intervall-Druckluftverfahrens abzeichneten. Das geringfügig höhere Maschinennachgemelk sehen die Autoren im Verhältnis zum Milchmehrertrag als eine tolerierbare Begleiterscheinung der neuen maschinellen Stimulationsmethode an. Schon deshalb und aus dem Grund, daß in der Druckluftphase der Milchfluß um 40 bis 50 v. H. reduziert sein soll (10), wären genaue Informationen über den Milchflußverlauf wünschenswert. In Verbindung mit der gemessenen Oxytocinkonzentration ergäben sich so zusätzliche interessante Merkmale, welche u. U. wertvolle Hilfen für weitere biotechnische Maßnahmen auf dem Gebiet der Stimulation sein könnten.

2.3.3 Doppelvakuum-Melkautomat

Mit dieser maschinellen "Anrüstautomatik" setzt man das Melkzeug bei Niedrigvakuum von ≤34 kPa und einer Pulszahl von 48 Z/min an. Steigt der Milchfluß über 0,2 kg/min an, schaltet der Pulsator auf die normale Vakuumapplikation von 50 kPa und 60 Z/min um. Fällt der Milchfluß gegen Ende des Maschinenhauptgemelks auf 0,2 kg/min ab, wird nach ca. 20 s wieder mit der Niedrigvakuumstufe und verringerter Pulszahl gemolken. Damit sollen die Zitzen noch eine leichte Massage erfahren sowie das schädliche Blindmelken verhindert werden.

Nach TÓTH 1980 (53) konnte der Stimulationseffekt am Anfang des Melkens durch das Haftvakuum und die verminderte Pulszahl nicht nachgewiesen werden. In diesem Zusammenhang berichten WORSTORFF et al. 1980 (68) von einem Versuch mit längerer Gesamtgemelks- und Hauptgemelkszeit und folglich einer geringeren

Milchflußgeschwindigkeit des Doppelvakuum-Melkautomates gegenüber dem Anhängen des Melkzeugs ohne jegliche Vorstimulation bzw. 60 s Handstimulation. Zu Melkbeginn blieb der Übergang von der Zisternen- zur Alveolarmilch bei den beiden erstgenannten Varianten deutlich sichtbar. Deshalb ist auch der Verlauf der Ocytocinausschüttung von besonderem Interesse:

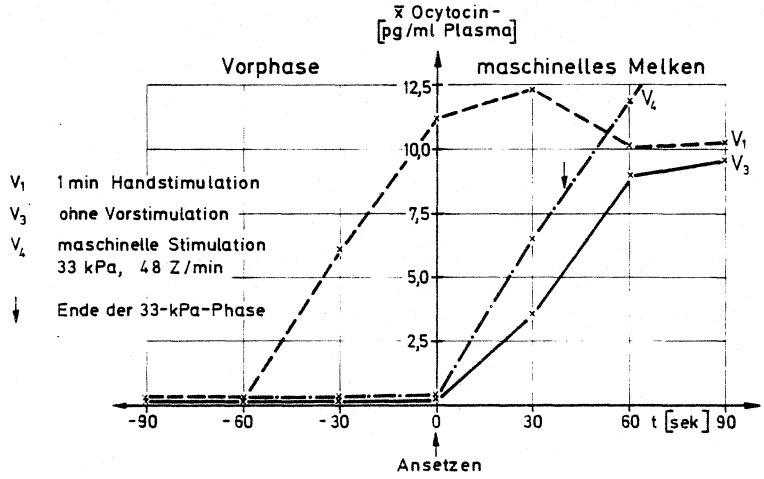


Abb. 5: Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (68)

Aus Abb. 5 geht hervor, daß die Ocytocinkonzentration im Plasma bei allen Behandlungen steil ansteigt. Eine maschinelle Stimulationsphase unter Niedrigvakuum sichert jedoch - wie die Variante "ohne Vorstimulation" - noch keine vollständige Milchejektion, weil beim Ansetzen des Melkzeugs das Ocytocinniveau noch deutlich unter dem Schwellenwert liegt und die Zisternenmilch abgemolken wurde, bevor das Ocytocin voll wirksam werden konnte.

2.3.4 Erhöhung der Pulsfrequenz

In den USA untersuchten SAGI et al. 1980 (34) und SAGI et al. 1980 (35) die Wirkung einer verdoppelten Anzahl von Pulszyklen pro Minute (120 statt 60 Z/min) bei nominal umgekehrtem Verhält-Verhältnis von Saug- und Entlastungsphase (30:70) während der ersten Minute nach dem Ansetzen der Zitzenbecher. Hiermit testeten die Wissenschaftler eine dem Saugen des Kalbes ähnliche maschinelle Stimulation ohne weitere Eutervorbereitung an zwölf Holstein-Friesian-Kühen. Daneben enthielt der in der Spätlaktation (durchschnittlich 223. Tag) durchgeführte Versuch noch die Behandlung: unterlassene Stimulation, 60 s Handstimulation und 60 s Druckluftpulsation. Die Gesamtmelkzeit der mit erhöhter Pulsfrequenz stimulierten Kühe war gegenüber der unterlassenen Stimulation und 60 s Druckluftpulsation am signifikant längsten. Bezieht man die Routinezeit von 60 s bei der Handstimulation in die Betrachtung mit ein, so ergaben sich gegenüber der schnellen Pulsation gleich lange Gesamtmelkzeiten. Die im Vergleich zu den unstimulierten bzw. mit Druckluft stimulierten Kühen vernachlässigbare abgemolkene Milchmenge während der Stimulationsphase von 60 s, was als günstig anzusehen ist, verminderte jedoch den durchschnittlichen Milchfluß nach Berechnung der Autoren, weil die Gesamtmelkzeit signifikant am längsten war. Bei den maschinellen Stimulationsverfahren sollte allerdings die Milchflußgeschwindigkeit korrigiert um die Stimulationsphase angegeben werden, weil keine Routinezeit verbraucht wird. Weitere Merkmale wie Milchmenge, Fett- und Eiweißgehalt ergaben bei diesem Kurzzeitversuch in der Spätlaktation von SAGI et al. 1980 (35) keine nennenswerten Unterschiede.
Dieselben Kurzzeitversuche führten SAGI et al. 1980 (34) an zwölf Holstein-Friesian-Kühen in der Laktationsmitte durch. Dort stimmten die Milchflußkurven der schnellen Pulsation mit denen der unstimulierten bzw. der druckluftstimulierten Kühe fast identisch überein. Insbesondere die ermolkenen Milchmengen in der ersten Minute wie auch im durchschnittlichen und höchsten Milchfluß zeigten zwischen den Stimulationsvarianten mit erhöhter Pulsfrequenz bzw. Druckluftverfahren nahezu keine Unterschiede. Die Gesamtmelkzeit wies, im Gegensatz zum Versuch in der Spätlaktation,

sogar eine etwas kürzere Dauer auf, wenn sie mit den anderen Verfahren wie "Druckluft" bzw. "ohne Stimulation" verglichen wurde. Gesamtmilchmenge und Milchinhaltsstoffe der maschinell stimulierten Kühe unterschieden sich nur unbedeutend voneinander.

Mit den vorhandenen Ergebnissen aus Kurzzeitversuchen kann die Stimulation mit erhöhter Pulsfrequenz bei umgekehrtem Pulsverhältnis als eine beachtenswerte Methode gelten. Der Ansatz in einer vermehrten taktilen Reizung der Zitzen als auch im Vermindern des Abmelkens der Zisternenmilch scheint brauchbare Alternativen für eine maschinelle Vorstimulation in sich zu bergen. Optimierungsversuche und die Prüfung über eine volle Laktationsperiode unter besonderer Berücksichtigung des Ocytocinfreisetzungsprozesses könnten aufschlußreiche Erkenntnisse hierzu ermöglichen.

2.4 Auswirkungen der Stimulation auf das Nachgemelk und die Arbeitswirtschaft

Als Grundvoraussetzung für eine volle Ausschöpfung des Leistungspotentials der Milchkühe ist der optimale Ablauf des Milchejektionsreflexes bei jedem Melkakt anzusehen. Dem Nutzen für den kraft- und zeitaufwendigen Arbeitsgang der Stimulation, der den neurohormonellen Reflex auslöst, wird in der Praxis jedoch - teilweise aus Unkenntnis der Zusammenhänge - wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Aufgrund der steigenden Tierbestände und der trotz Einsatz von Technik knappen Arbeitskraftstunden streben die Landwirte eine hohe Arbeitsproduktivität an, die sich bei den Stallarbeiten auch in einer kürzeren Melkvorbereitung der Kühe auswirkt und paradoxerweise die oft als natürlich angesehenen längeren Nachmelkzeiten verursacht. Um mehr Kühe pro Arbeitskraftstunde zu melken, setzt man zusätzliche Melkzeuge ein und beschränkt die Eutervorbereitung auf das hygienisch Notwendigste: das Abmelken der ersten Milchstrahlen und ein kurzes Euterreinigen. Eine Untersuchung der Nebenarbeiten beim Melken von AUERNHAMMER 1981 (4) ergaben 20 bis 25 s für das Euterreinigen

und Anrüsten im Anbindestall mit Eimer- bzw. Rohrmelkanlage sowie nur 10 bis 15 s im Laufstall mit Fischgrätenmelkstand. So setzt der Melker das Melkzeug häufig an noch schlaffe Zitzen an, obwohl der adequate Schwellenwert zur Auslösung der Milchejektion noch nicht erreicht ist. Als Folge dieses unzureichenden Anrüstens wird die lose gespeicherte Zisternenmilch abgemolken, bevor die Alveolarmilch einschießt. Dadurch verringert sich frühzeitig der Milchfluß, und der Unterdruck pflanzt sich in die Zitzenzisterne fort, verengt das Gewebe, so daß nicht mehr die ganze verfügbare Milch aus dem Euter nachfließen kann. Anschließend verstärkt das "Hochklettern" der Zitzenbecher an den erschlafften Zitzen den Gewebeverschluß, womit die aus den Milchgängen zusammengelaufene Milch, das Nachgemelk, von der herkömmlichen Melkmaschine alleine keinesfalls entzogen werden kann. Zu dieser Zeit sollte der Melker das Melkzeug belasten und die angesammelte Milch mit Nachmelkgriffen aus dem Euter herausstreichen (57). Bedient der Melker so viele Melkeinheiten, daß er in seinem Arbeitsablauf nicht rechtzeitig nach deutlichem Absinken des Milchflusses mit dem Nachmelken beginnen kann, dann werden die Kühe blindgemolken. Im umgekehrten Fall, wenn der Melker nicht ausgelastet ist, entstehen für ihn unproduktive Wartezeiten. Die Zeit, die der Melker für die anstrengende Handarbeit des Nachmelkens aufwendet, beeinflußt aber, ebenso wie die Stimulation die Arbeitsproduktivität und ist zudem weniger wirksam. Deswegen versucht man in vielen Betrieben das zeit- und kraftaufwendige Nachmelken mit der Maschine zu unterlassen. Nach zahlreichen Untersuchungen (7, 8, 19, 28, 32, 40) sind damit aber ökonomisch beachtliche Verluste an Milch und Fett, sowie eine Verschlechterung der Eutergesundheit verbunden.

Besonders von der ersten auf die zweite Laktation nimmt die Nachgemelksmenge um 40 bis 100 v. H. zu. Bei nicht nachgemolkenen Kühen wird von einer irreversiblen Schädigung des Eutergewebes nach dem vierten Laktationsmonat berichtet (7). Amerikanische Autoren (13, 46) erhöhten dagegen gern die Arbeitsproduktivität des Melkens durch Unterlassen des Nachmelkens; ihrer Ansicht nach soll sich die Eutergesundheit sogar verbessert haben, da kein hohes zitzenschädigendes Vakuum an den Zitzen wirksam wird, und

die gegen Melkende erhöhte Übertragungsgefahr von Infektionen durch Rückspray unterbleibt. Die zu erwartenden Ertragsdepressionen dürften dabei z. T. durch das täglich dreimalige Melken in Hochleistungsherden ausgeglichen werden.

Ergebnisse vom Lehrstuhl für Tierzucht in Weihenstephan (67) zeigen einen signifikanten Einfluß der Betriebsleistungsklasse auf das Nachgemelk, was darauf hindeutet, daß in Betrieben mit höherer Milchleistung mehr Sorgfalt für das maschinelle Nachmelken aufgewendet wird. In der Praxis wird aber mehr und mehr versucht, ohne jedes Nachgemelk auszukommen. Dies läßt sich aber bei älteren Kühen nur durch einen Umstellungsprozeß und unter Schwierigkeiten realisieren (66). Dem Landwirt bleibt nach dem Abstellen verbreiteter melktechnischer Mängel noch die Möglichkeit, schwermelkende Tiere von der Weiterzucht auszuschließen. Zwar erfolgte eine allgemeine Selektion auf die Melkarbeit schon seit längerer Zeit, doch herrscht in der Rinderzucht noch keine Übereinstimmung über deren Berücksichtigung und wirtschaftliche Bedeutung (31). Ferner weist die äußerst geringe Wiederholbarkeit von Dauer und Menge des maschinellen Nachgemelks zwischen den Laktationen auf eine starke Beeinflussung nicht genetischer Art dieser Merkmale hin.
In erster Linie sollten die Melker ihre Kühe möglichst vollwertig stimulieren, um durch eine gute Melkbereitschaft der Tiere - bei ohnehin erforderlicher ordnungsgemäßer Melktechnik - weniger kraftaufwendige Zeit für das Nachgemelk aufbringen zu müssen. Eine ungenügende Vorstimulation kann ferner bei sensiblen und schwermelkenden Kühen zu Nachejektionen beim maschinellen Nachmelken führen. Die erneute Ejektion der noch im Drüsenteil verbliebenen, sehr fettreichen Alveolarmilch wird von vielen Melkern jedoch nicht mehr bemerkt, weil die Latenzzeit der Nachejektionen über 1,3 min dauert, aber das Nachmelken zur Verhinderung der schädlichen Blindmelkzeiten bei den zur selben Zeit gemolkenen anderen Kühen in weniger als einer Minute abgeschlossen sein soll (54).

Neben der Druckluftstimulation versucht man in der DDR in größeren Tierbeständen durch automatische Nachmelkvorrichtungen im

Melkstand die Routinearbeiten des Melkens zu vermindern: sinkt der Milchfluß unter 0,6 kg/min ab, beginnt das automatische Nachmelken, indem ein Melkarm mit der Zugkraft von 40 bis 50 N das Melkzeug rhythmisch nach unten zieht. Nach Absinken des Milchflusses unter 0,15 kg/min wird das automatische Nachmelken beendet, wobei durchschnittlich 70 bis 80 v. H. der Nachmilch gewonnen werden sollen, und somit eine weder den Ertrag noch die Eutergesundheit negativ beeinflussende Nachmilch im Euter verbleibt (20).

2.5 Auswirkungen der Stimulation auf die Residualmilch

Durch Stimulation erfolgt insbesondere eine Freisetzung des Hormons Ocytocin aus dem Hypophysenhinterlappen, so daß die Kontraktion bestimmter Muskelzellen (Myoepithelzellen) zu einer Entleerung der mit Milch gefüllten Alveolen führt. Beim anschließenden Melken kann jedoch nicht die gesamte im Euter gebildete Milch entzogen werden: es verbleibt immer ein Rest, der nur nach Injektion von Ocytocin und erneutem Melken gewonnen werden kann. Die dabei ermolkene Milch wird als Residualmilch oder Komplementärmilch bezeichnet und berechnet sich wie folgt (45):

$$\% \text{ RM} = \frac{\text{RM} \cdot 100}{\text{GM} + \text{RM}}$$

RM = Residualmilch, durch exogenes Ocytocin gewonnen
GM = Gemelk, durch endogenes Ocytocin beim normalen Melkvorgang gewonnen

In verschiedenen Untersuchungen haben sich die negativen Einflüsse einer mangelhaften Euterentleerung gezeigt. Besonders bei hohen Tagesleistungen und verlängerten Zwischenmelkzeiten ($>$ 16 Std.) steigt der Euterinnendruck stark an und verringert auf diese Weise die Sekretion der Milch (1, 6, 56). Die regelmäßige Entleerung der Alveolen ist auch der hauptverantwortliche Prozeß für eine aktive Absorption von laktogenen Hormonen durch sekretorische Zellen, welche die Milchsynthese anregen. Die o. a. Autoren sehen in einem schlechten Ausmelkgrad die Gefahr einer

verringerten Milchsynthese, die den Leistungsabfall in der Laktationskurve beschleunigt, also das Durchhaltevermögen der Kühe vermindert. Nach SENFT et al. 1974 (45) unterstützt eine mangelhafte Euterentleerung diese unerwünschten Verhältnisse. Dabei kann eine unvollständige Euterentleerung durch Störungen des neurohormonalen Reflexes beim Herstellen der Melkbereitschaft der Tiere oder ungenügende Vorstimulation verursacht werden.

Der Anteil an Residualmilch schwankt laut BRANDSMA 1978 (5) je nach Rasse, zwischen den Kühen innerhalb der Rasse und bei der gleichen Kuh während einer Laktation. Aus der umfangreichen Literatur (1, 2, 5, 21, 45, 48) geht jedoch nicht eindeutig hervor, ob der Anteil der Residualmilch bei den verschiedenen Rassen, Laktationen und Laktationsstadien derselbe ist. Die Tendenz der Untersuchungen deutet allerdings darauf hin, daß sich der Residualmilchanteil mit zunehmender Anzahl von Laktationen erhöht aber in der fortlaufenden Laktation absinkt. In diesem Zusammenhang könnte eine Desensibilisierung bzw. altersbedingte Beeinträchtigung der Ejektionsintensität vermutet werden. Weiterhin sind Störungen der Tiere durch ungewohnte bzw. uneinheitliche Vorgehensweisen bei der Residualmilchgewinnung nicht auszuschließen. Bei den Hochleistungskühen der Holstein-Friesian-Rasse soll der Anteil der Residualmilch zwischen 5 bis 16 v. H., bei der Jersey-Rasse sogar über 20 v. H. liegen.

Den höheren Fettgehalt der Residualmilch erklären sich VELITOK 1974 (56) sowie SWANSON und HINTON 1951 (48) damit, daß sich das Fett aufgrund seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften eher an der Oberfläche der Alveolen hält als andere Milchbestandteile. Eine unvollständige Milchejektion führt nach BRANDSMA 1978 (5) zu einer größeren Menge an Residualmilch und einem höheren Fettgehalt.

Zur Gewinnung der Residualmilch appliziert man den Kühen nach dem normalen Melken intravenöse, intramuskuläre oder subcutane Dosen an Ocytocin. Aus der Untersuchung von GERSTER 1977 (12)

geht hervor, daß die Applikationsform keinen signifikanten Einfluß auf die Euterentleerung ausübt, sondern allein die Dosis für die Residualmilchausbeute verantwortlich ist. Die intravenöse Applikationsform kann man demnach mit anderen vergleichen, sofern man ihre Dosis entsprechend erhöht und die Wartezeiten zwischen Injektion und erneutem Milchentzug verlängert. Der Grund für diese applikationsbedingte Vorgehensweise ist in der unterschiedlich intensiven Durchblutung des Körpers und damit unterschiedlichen Resorption des Ocytocins zu sehen. Demzufolge ist die intravenöse Applikation von 20 IE Ocytocin, gefolgt von einer Wartezeit von ca. 1 min Dauer als sicherstes Verfahren anzusprechen. Die dabei erreichten Spitzenwerte liegen über 1000 pg Ocytocin/ml Plasma und damit etwa bei der 100-fachen physiologischen Konzentration (38).

3 Material und Methodik

3.1 Tiermaterial

Die Versuche zur Wirkung maschinell übertragener Stimulationsreize auf Milchhergabe und Ocytocinfreisetzung wurden an fünf Kühen der "Rasse Braunvieh" auf der Versuchsstation "Veitshof" der Technischen Universität München-Weihenstephan über einen Zeitraum von fünf Wochen durchgeführt. Die Kühe hatten ein Durchschnittsalter von 4,9 Jahren, wobei sich zwei Kühe in der 1. Laktation und jeweils eine Kuh in der 2., 3. und 7. Laktation befanden. Die Tiere standen zu Versuchsbeginn zwischen dem 2. und 5. Laktationsmonat, so daß in diesem Kurzzeitversuch kein gravierender Abfall in der Milchleistung zu befürchten war.

Die drei älteren Tiere hatten eine durchschnittliche Laktationsleistung von 5100 kg bei 4,35 v. H. Fett und 3,59 v. H. Eiweiß; die beiden Erstlaktierenden gaben bei den ersten Probemelkungen jeweils über 20 kg Milch.

Die Versuchstiere wurden von einem Offenstall in einen Anbindestall mit Mittellangstand, Stroheinstreu und Kuhtrainer umgestellt. Die Fütterung mit Silomais, Heu und Kraftfutter blieb qualitativ und quantitativ unverändert. Die Tiere wurden jeweils in der selben Reihenfolge um 16 Uhr und 6 Uhr mit einem speziellen Melkwagen gemolken.

3.2 Erfassung der Versuchsdaten

Die Auswirkungen der vier geprüften Stimulationsvarianten wurden an folgenden Merkmalen untersucht:

3.2.1 Milchflußkurven

Das Messen der Gemelksfraktionen und der dazugehörigen Zeiten durch Aufzeichnung von Milchflußkurven ist im Anbindestall mit hochverlegter Rohrmelkanlage nur schwierig zu lösen, solange

keine geeigneten Milchmengen-Meßgeräte mit Aufzeichnungseinrichtung zur Verfügung stehen. Das Institut für Landtechnik in Weihenstephan entwickelte deshalb ein mobiles Meßgerät für Versuchszwecke im Anbindestall:

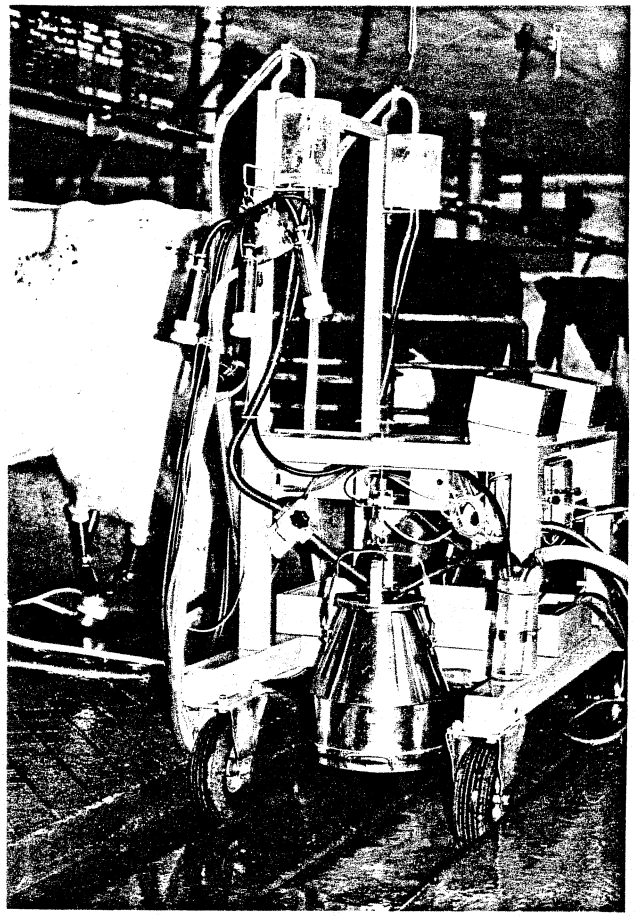


Abb. 6: Der Melkwagen

Das als "Melkwagen" bezeichnete Versuchsgerät kann man hinter die Tierstände fahren und - unabhängig von der Melkanlage - jeweils bis zu zwei Kühe gleichzeitig mit unterschiedlichen Melkparametern und Melkzeugen melken. Die ermolkene Milch gelangt vom Melkzeug über den langen Milchschlauch in ein Gefäß ("Highline Simulator"), mit dem die Vakuumverhältnisse einer hochverlegten Rohrmelkanlage simuliert werden. Von diesem Simulator mit eigener Vakuumversorgung fließt die Milch in einen hängenden

Melkeimer, der mit DMS-Technik gewogen wird; die mit der Milchmenge steigende Gewichtskraft wird in ein proportionales Spannungssignal umgeformt, verstärkt und auf einer vierstelligen LED-Anzeige im Bereich von 0 bis 20 kg bei ± 100 g Meßfehlergrenze angezeigt. Im Gerät wird das Signal in einem Tiefpaßfilter geglättet und von einem Differentiator auf den Anstieg hin analysiert. Das dem Milchfluß proportionale Ergebnis ist auf einem zusätzlichen vierstelligen LED-Anzeigefeld im Bereich von 0 bis 10 kg/min bei ± 0,2 kg/min Meßfehlergrenze angezeigt.
Ein Linienschreiber zeichnet parallel den Milchflußverlauf in Form einer Kurve auf (15, 47).
Auf dem Registrierstreifen des Schreibers wurden zu jeder Milchflußkurve Kuhnummer, Tag, Melkzeit, Versuch, Gesamtgemelksmenge, Gesamtgemelkszeit, Nachgemelkszeit und sonstige Ereignisse wie Leckluft oder Verhalten der Kühe während des Melkens notiert.
Die Vakuumversorgung des Melkwagens erfolgte in allen Punkten der DIN ISO 5707 (73) entsprechenden Anlage. Die Steuerung der Pulsatoren im gewünschten Bereich übernimmt ein speziell entwickelter Pulsgenerator.

3.2.2 Entnahme der Blutproben

Regelmäßig entnommene Blutproben waren für die spätere radioimmunologische Bestimmung (RIA) von Ocytocin erforderlich. Dazu bekamen die Kühe vor jeder Stimulationsvariante - am Ende der Eingewöhnungsphase - morgens nach dem Melken einen Dauerkatheter in die Halsvene (vena jugularis) gesetzt. In den nächsten sieben Melkzeiten wurden in bestimmten Zeitabständen (vgl. Abb. 7) jeweils 10 ml Blut über einen Dauerkatheter entnommen.

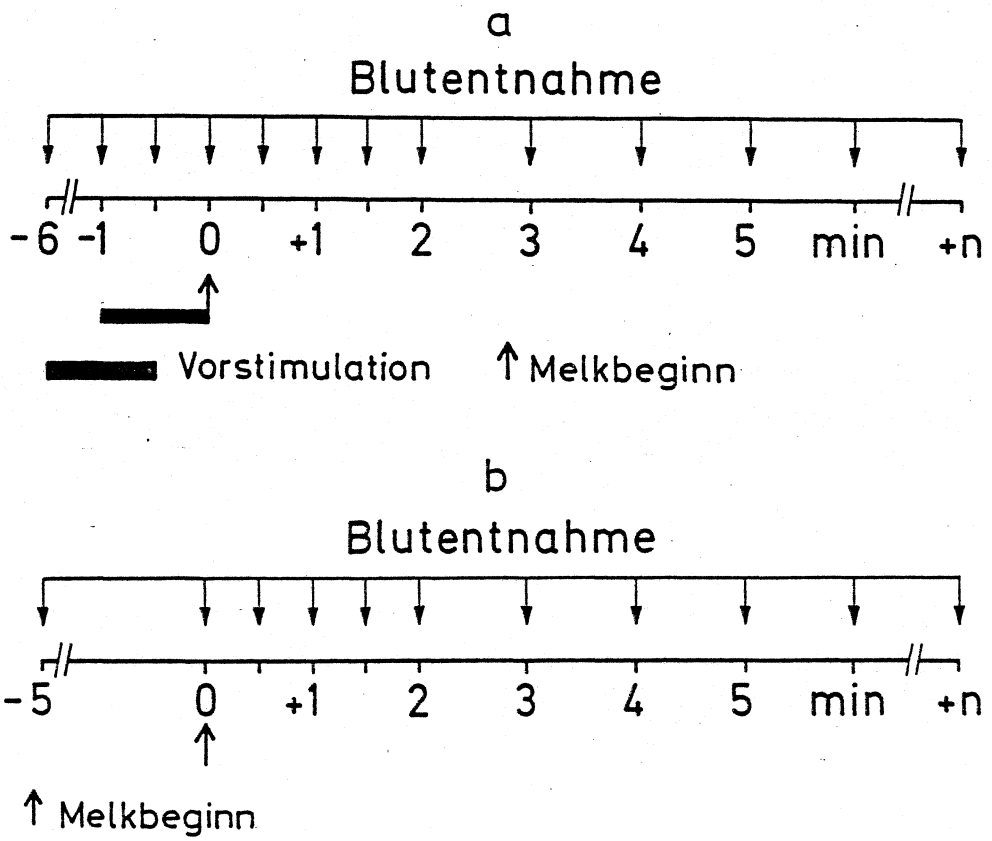


Abb. 7: Zeitpunkte zur Entnahme der Blutproben bei den Behandlungen mit Vorstimulation (a) bzw. Intervall-Druckluftpulsation (b)

Die erste Blutprobe wurde 5 min vor Beginn der Stimulationsphase entnommen, um eine evtl. bedingt reflektorische Ocytocinfreisetzung bzw. den Ausgangswert anzugeben. Vom Beginn der Vorstimulation (t=-1 min) bei den Behandlungen "Handstimulation", "Vibrationspulsation" und "Druckluftpulsation" bis 2 min nach dem Ansetzen des Melkzeuges (siehe Abb. 7(a)), bzw. bei der "Intervall-Druckluftpulsation" (Abb. 7(b)) von t=0 min bis t=3 min, nahm man alle 30 s eine Blutprobe. Damit sollte der Anstieg der Ocytocinkonzentration im Blutplasma, parallel zur Milchflußkurve, auf die zeitgerechte Freisetzung hin überprüft werden, die zur Erzielung der Melkbereitschaft entscheidend ist. Nach jeder weiteren Minute erfolgte bis zum Melkende eine Blutprobe, um den Verlauf des Ocytocinprofils zu verfolgen. Die Blutprobenahme dauerte ca. 10 s je Probe. Alle Blutproben wurden nach der Entnahme aus dem Dauerkatheter in ein heparinisiertes Röhrchen überführt, das die Blutgerinnung verhinderte. Anschließend kamen die Proben bis zur

Zentrifugation in einen Kühlschrank von 4 °C. Das 30 min dauernde Zentrifugieren bei 3000 U/min lieferte separiertes Blutplasma und wurde bis zum RIA bei -20 °C gelagert (37, 41).

3.2.3 Residualmilch

Um den Ausmelkgrad bei den verschiedenen Stimulationsvarianten über den Parameter "Residualmilch" abschätzen zu können, wurden den Kühen 20 IE Ocytocin nach dem Melken in die vena jugularis gegeben. Nach 1 min Wartezeit, in der das Hormon seine Wirkung entfaltete, setzte der Melker erneut das Melkzeug an und sorgte mit kräftigen Nachmelkgriffen für ein zügiges Gewinnen der Residualmilch, bis der Milchfluß weitgehend verringert war. Die Residualmilchmenge und die dazugehörige Milchflußkurve wurden auf dem Registrierpapier des Schreibers festgehalten.

3.2.4 Fett

Die Probe für die Milchfettbestimmung als wertbestimmenden Inhaltsstoff erfolgte nach dem Entleeren des Melkeimers in eine Milchkanne, die zur besseren Homogenisierung der Stichprobe dreimal gestürzt wurde. Mit Hilfe eines Meßbechers befüllte man von jedem Gesamtgemelk und der Residualmilch ein 30 ml Probefläschchen, das mit Natriumacid konserviert war. Verschlossen mit einem Stöpsel, vermischt und mit Versuchstag, -tier und -nummer beschriftet, bewahrte man die Fettproben bis zur Analyse im Kühlschrank auf.

3.3 Melkmaschinentechnische Ausrüstung

Die vier in dieser Untersuchung verwendeten Melkmaschinen arbeiten alle nach dem Zweiraumbecherprinzip; deshalb soll dieses Prinzip einer Detailbeschreibung der im Versuch verwendeten Melkzeuge kurz vorausgehen:

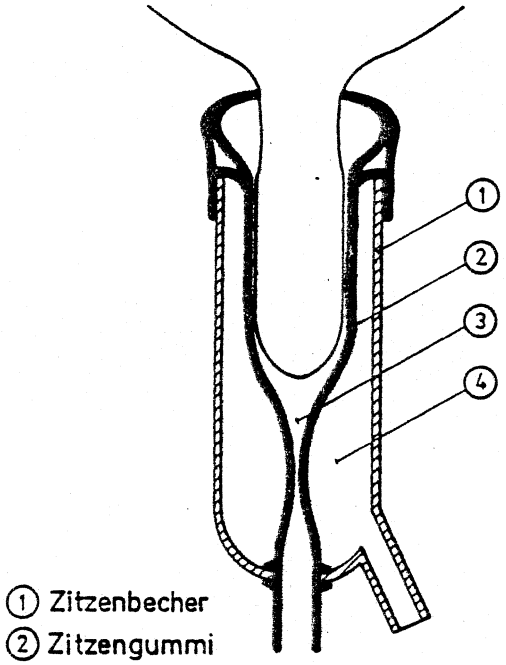


Abb. 8: Zweiraumbecherprinzip (15)

Ein flexibler Zitzengummi, der in den Zitzenbecher eingezogen ist, unterteilt den Becher in zwei Räume. Der Becherinnenraum nimmt die Zitze auf und ist permanent mit Betriebsvakuum beaufschlagt. Der Pulsraum, zwischen Zitzenbecher und Zitzengummi, wird abwechselnd vom Pulsator mit Vakuum und atmosphärischem Druck versorgt. Die Zitzengummibewegung wird durch den wechselnden Differenzdruck zwischen Puls- und Becherinnenraum gesteuert: bei gleichem Vakuum in den beiden Räumen erfährt der Zitzengummi keine Bewegung und behält seine natürliche offene Stellung, so daß Milch aus der Zitze entzogen wird (Saugphase). Steuert der Pulsator atmosphärische Luft in den Pulsraum, bewirkt die entstehende Druckdifferenz ein Kollabieren des Zitzengummis. Dabei unterbricht der zusammengedrückte Strichkanal den Milchfluß; durch die Keilkraft des Gummis werden angestautes Blut und Lymphflüssigkeit aus der Zitzenspitze zurückgedrückt (Entlastungsphase). Saug- und Entlastungsphase bilden einen Pulszyklus:

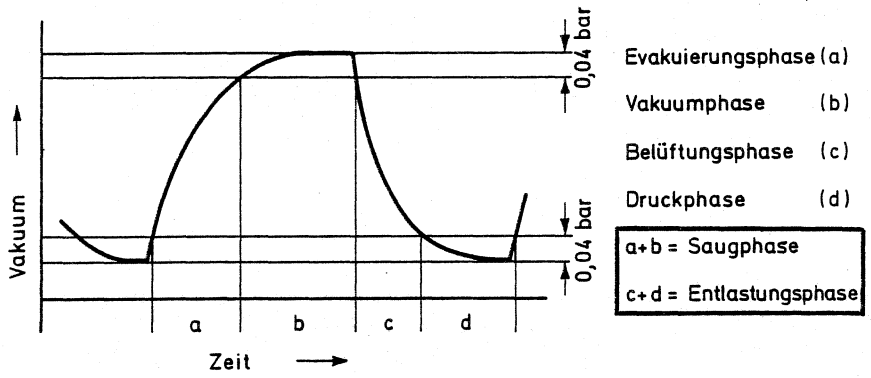


Abb. 9: Pulszyklus mit Phasen nach DIN ISO 3918 (72)

Für den Vergleich der verschiedenen Stimulationsvarianten wurde im vorliegenden Versuch ein modernes Melkzeug konventioneller Bauart (Alfa Laval mit Zitzengummi 96 000 - 01) herangezogen. Das Melkzeug kann aufgrund seiner weltweiten Verbreitung als repräsentativer Vertreter dieser Technologie gelten. Auch das allgemein übliche Nennvakuum hochverlegter Rohrmelkanlagen von 50 kPa blieb bei den vier Varianten unverändert.

Die im Versuch eingesetzten Methoden der Stimulation unterscheiden sich in:
1. Pulszahl (Z/min)
2. Anteil der Saug- bzw. Entlastungsphase
3. Stimulationsvorgang

3.3.1 Konventionelle Melkmaschine mit Handstimulation

In der Praxis ist eine kurze Handstimulation die am weitesten verbreitete Art, Kühe auf den maschinellen Milchentzug vorzubereiten. Aufgrund verschiedener wissenschaftlicher Untersuchungen wurde für diese Arbeit die als optimal anzusehende Dauer von 1 min gewählt. Obwohl die meisten Melker in der Praxis diese Anrüstzeit aus arbeitswirtschaftlichen Gründen auf das Notwendigste reduzieren, war es für die Bewertung der maschinellen Stimulationsvarianten erforderlich, zum Vergleich 1 min

und damit optimal vorzustimulieren. Dieser Vorgang umfaßte folgende Arbeiten:

1. Reinigen von Euter und Zitzen mit Lappen und lauwarmem Wasser
2. Vormelken und Kontrollieren der ersten Milchstrahlen
3. Abtrocknen von Euter und Zitzen
4. Scheinmelkgriffe

Unmittelbar danach setzte man das Melkzeug an. Der Milchentzug fand statt bei:

- 50 kPa
- 60 Z/min
- 70 v. H. alternierend

3.3.2 Vibrationspulsation

Die Ergebnisse mehrerer Untersuchungen zeigen, daß ein Ansetzen des Melkzeuges ohne jegliche manuelle Vorstimulation zu einer unbefriedigenden Milchhergabe führt (26, 40, 54, 58): meist wurde die Zisternenmilch abgemolken, wonach die schlaffen Zitzen in den Melkbecher gesaugt und ein schnelles und schonendes Melken verhindert wurde. Um diese Nachteile zu beheben, entwickelte die Firma "Bio Melktechnik Swiss" einen Pulsator, der mit ca. 300 Z/min an allen vier Zitzen gleichzeitig stimuliert. Dabei vibriert der Zitzengummi und öffnet sich nicht mehr vollständig, weil im Becherinnenraum normales Melkvakuum bestehen bleibt, jedoch im Pulsraum abwechselnd atmosphärischer Druck und 28 kPa Vakuum herrscht. Im Versuch unterblieb jegliche manuelle Vorstimulation und - mit Ausnahme extrem verschmutzter Zitzen - auch die Euterreinigung, so daß für den späteren Vergleich dieser Stimulationsvariante mit der Handstimulation die alleinige maschinelle Wirkung herangezogen werden konnte. Unter normaler Vakuumapplikation setzte man das Melkzeug an und betätigte auf Knopfdruck die 60 s dauernde Stimulationsphase des Pulsators. Die schnelle Reizfolge bei reduziertem Vakuum im Pulsraum soll ein Abmelken der Zisternenmilch in der einminütigen Stimulationsphase verhindern, wodurch der Melkbecher beim anschließenden normalen Melken nicht vorzeitig zu klettern beginnt. Zur

maschinellen Milchgewinnung schaltete der Pulsator automatisch um auf:
- 50 kPa
- 60 Z/min
- 70 v. H. Saugphase

3.3.3 Druckluftpulsation

Die Stimulation mit Druckluft ist Bestandteil des Impulsa-Physiomatic-Melksystems und kommt seit 1969 in Melkstandanlagen der Fa. ELFA, DDR, zum Einsatz. Um den Massagedruck der Zitzengummi während der Entlastungsphase zur Erzielung von Stimulationseffekten zu verstärken, wird unmittelbar nach dem Ansetzen des Melkzeuges zeitgesteuert und zyklisch Druckluft über den Pulsator der Melkmaschine in den Pulsraum eingeleitet (58). Die Stimulationsdauer von 1 min entspricht etwa der durchschnittlichen Latenzzeit des Milchejektionsreflexes.

Da auch hier nur das automatische Stimulieren der Maschine erfaßt werden sollte, entfiel im Versuch jede absichtliche manuelle Stimulation. An der Zitzenspitze haftender Schmutz wurde, falls notwendig, mit den Fingern abgestreift und einmal kurz abgemolken, um den Milchfluß nicht zu beeinträchtigen.

Die Vakuum- und Stimulationsapplikation war systemkonform mit:
- 50 Z/min
- 50 v. H. Saugphase bei 50 kPa Vakuum
- 50 v. H. Entlastungsphase mit 50 kPa Druckluft in der 60 s Stimulationsphase, bzw. atmosphärische Luft bei der anschließenden Hauptmelkphase

Für diesen Zweck baute die Landtechnik Weihenstephan einen Kompressor mit Druckbehälter, Manometer und elektrischem Steuerteil in den Melkwagen ein, der vor dem Melkbeginn mit einem Überdruckventil auf die geforderten 50 kPa gebracht wurde.

3.3.4 Intervall-Druckluftpulsation

Die neueste Stimulationsvariante des DDR-Impulsa-Physiomatic-Melksystems hat das Ziel, ein technisch einfaches intensives Stimulieren durch Druckluftpulsation im zeitlichen Abstand auch während des gesamten Melkprozesses anzuwenden. Dabei soll die Stimulation vollständig der Melkmaschine übertragen werden und nicht konzentriert vor dem Melken oder zu Melkbeginn erfolgen. In den Pulsräumen der Melkbecher kommen in der Entlastungsphase intervallmäßig je 5 s Druckluft (50 kPa), gefolgt von 10 s atmosphärischer Luft, im Wechsel mit Vakuum zur Wirkung. Die Dauer der Stimulation mit Druckluft hängt also von der Maschinengesamtgemelkszeit ab; sie beträgt bei 6 min Maschinengesamtgemelkszeit insgesamt 2 min. Das ist gegenüber der Druckluftpulsation von 1 min zu Melkbeginn zwar doppelt so lange, jedoch wird nur 20 s in der ersten Minute stimuliert.

Diese Art der Stimulation ist vorrangig für Rohr- und Eimermelkanlagen gedacht, bei denen parallel zur Vakuumleitung im Stall noch eine weitere Luftleitung verwendet wird, die abwechselnd 5 s Druckluft (50 kPa) und 10 s atmosphärische Luft führt. Die Pulsatoren sind über einen Schlauch an diese Leitungen zur Zufuhr von atmosphärischer Luft bzw. Druckluft angeschlossen, so daß keine melkzeug- oder melkplatzgebundene Steuerungstechnik notwendig ist (60). Die Landtechnik Weihenstephan entwickelte eine elektrische Steuerung, der dieselben Versuchsbedingungen wie den DDR-Arbeiten zugrunde liegen.

3.4 Versuchsplan

Eine Woche vor dem Versuch wurden die Tiere in den dafür vorgesehenen Anbindestall gebracht, um sich an die veränderte Umwelt zu gewöhnen. Der Stall und das Stallpersonal, mit Ausnahme des Melkers (Diplomanden), waren den Kühen bereits aus früheren Versuchen bekannt. Die Tiere wurden von einem Melkstand und Melkzeugen mit periodischem Lufteinlaß, 42 kPa Vakuum, 60 Zyklen/Minute, 70 v. H. Saugphase und ca. 30 s

Handstimulation auf die erste Behandlung mit 1 min Handstimulation bei konventionellem Melkzeug gewöhnt. Nach zwei Tagen blieben Milchmenge, Gesamt- und Nachgemelkszeit ziemlich konstant. Damit sich die Tiere auch an die Blutprobenahme durch den Versuchstechniker gewöhnen konnten, stellte sich dieser bereits in der Eingewöhnungszeit halsseitig neben die Kühe. Ein fahrbarer Labortisch wurde vor den Versuchstieren zur Ablage der Blutproben für die spätere Konzentrationsmessung des Ocytocins plaziert. Die Eingewöhnungsphase jeder Behandlung dauerte neun Melkzeiten, wobei die Milchflußkurven erfaßt, aber zur Schonung der Tiere noch keine Dauerkatheter gesetzt wurden. Nach dem letzten Morgengemelk der Eingewöhnungsphase katheterisierte man die Kühe an der vena jugularis für die Blutprobenahme der folgenden sieben Melkzeiten (4 Abend- und 3 Morgengemelke). Damit standen für jede Stimulationsvariante neben den Milchflußkurven zahlreiche Blutproben für die radioimmunologische Bestimmung von Ocytocin zur Auswertung bereit. Eine Milchfettprobe des Gemelks wurde ebenfalls in der Versuchsphase an allen sieben Melkzeiten genommen. Den Grad der Euterentleerung erfaßte man anhand der Menge und des Fettgehaltes der Residualmilch am letzten Abendgemelk der jeweiligen Stimulationsvariante.

Das Melkvakuum blieb bei den vier Stimulationsvarianten konstant bei 50 kPa Nennvakuum. Verändert wurden lediglich die Pulszahl von 60 Z/min auf 50 Z/min und die Saugphasenlänge von 70 v. H. auf 50 v. H. bei den beiden Versuchen mit der Druckluftpulsation. Die Stimulationsvarianten und ihre Parameter sind in Tab. 5 dargestellt.

Tab. 5: Die Stimulationsvarianten und ihre Parameter

Parameter	Hand-stim.	Vibrations-pulsation	Druckluft-pulsation	Intervall-Druck-luftpulsation
Nennvakuum (kPa)	50	50	50	50
Stimulationsdauer	60 s	60 s	60 s	20 s/min
Pulszahl bei Stimulation (Z/min)	--	300	50	50
Pulszahl beim Melken (Z/min)	60	60	50	50
Saugphase (%)	70	70	50	50
Druckluft (kPa)	--	--	50	50

3.5 Auswertung der Versuchsdaten

Die nach Punkt 3.2 erfaßten Versuchsdaten wurden wie folgt ausgewertet:

3.5.1 Milchflußkurven

Die vom Linienschreiber aufgezeichneten Milchflußkurven wurden nach den von RABOLD 1967 (27) definierten Melkbarkeitskriterien, wie sie auch HEINL 1981 (15) anwendete, ausgewertet.

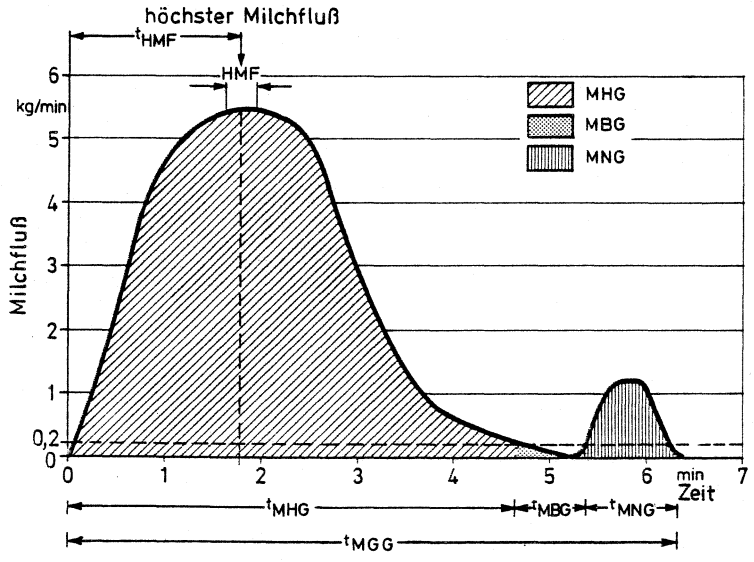


Abb. 10: Kennwerte für die Merkmale der Melkbarkeit (15)

Tab. 6: Mengen-, Zeit- und Flußmerkmale sowie prozentuale Milchmengenverteilung (15)

Merkmal	Dim.	Abk.	Definition
Maschinengesamtgemelk	kg	MGG	Ermolkene Milchmenge pro Melkzeit und Kuh
Maschinenhauptgemelk	kg	MHG	Milchmenge von Milchflußbeginn bis zu einem Milchfluß von weniger als 200 g/min
Maschinennachgemelk	kg	MNG	Mit Nachmelkgriffen nach Abfall des Milchflusses unter 200 g/min ermolkene Milchmenge
Maschinenblindgemelk	kg	MBG	Bei einem Milchfluß von weniger als 200 g/min ermolkene Milchmenge
Maschinengesamtgemelkszeit	min	t_{MGG}	Zeit vom Ansetzen bis zum Abnehmen des Melkzeuges
Maschinenhauptgemelkszeit	min	t_{MHG}	Zeitabschnitt, in dem das MHG gewonnen wird
Maschinennachgemelkszeit	min	t_{MNG}	Zeitabschnitt, in dem das MNG gewonnen wird
Maschinenblindgemelkszeit	min	t_{MBG}	Zeitabschnitt mit einem Milchfluß von weniger als 200 g/min
Durchschnittliches Minutenhauptgemelk	kg/min	DMHG	Quotient aus Maschinenhauptgemelk und Maschinenhauptgemelkszeit
Durchschnittliches Minutengemelk	kg/min	DMG	Quotient aus Maschinengesamtgemelk und Maschinengesamtgemelkzeit
Höchster Milchfluß	kg/min	HMF	Höchste in einer Viertelminute ermolkene Milchmenge
Zeit bis zum höchsten Milchfluß	min	t_{HMF}	Zeitraum von Milchflußbeginn bis zu höchsten Milchfluß

Tab. 6: Fortsetzung: Prozentuale Milchmengenverteilung

Merkmal	Dim.	Abk.	Definition
Prozentuale Milchmengen-verteilung	%/1.bis n-te min		Milchmengenanteil in Prozent je Minute von erster bis elfter Minute

Die insgesamt 140 Milchflußkurven der Hauptversuche wurden im Institut für Landtechnik in Weihenstephan nach dem Programm MIKANP (74) mit einem am Prozeßrechner (DIGITAL - PDP 11/03) angeschlossenen Digitalisiergerät (KONTRON-DIGIPLAN) im x,y-Koordinatensystem mit mindestens 98 v. H. Genauigkeit digitalisiert. Dabei wurden die Kurven mittels Fadenkreuzcursor nachgefahren und die errechneten Melkbarkeitskriterien zeigte das Sichtgerät des Rechners an. Bei auftretenden Fehlern konnte die Kurve vor dem Abspeichern der Daten neu digitalisiert werden. Die Daten wurden über ein Laufwerk auf Disketten gespeichert, um sie statistisch auszuwerten.

3.5.2 Ocytocin

Ocytocin wurde nach der unter SCHAMS et al. 1979 (37) beschriebenen und weiterverfeinerten Methode (RIA) (41) am Institut für Physiologie der Laktation und Fortpflanzung der Süddeutschen Versuchs- und Forschungsanstalt Weihenstephan bestimmt. Die zum Zeitpunkt der Probenahme gemessene Ocytocinkonzentration in pg/ml (1 pg = 10^{-12} g) wurde je Kuh und Melkzeit bei jeder Behandlung registriert, sowie die Mittelwerte und Standardabweichungen mittels Taschenrechner errechnet und graphisch dargestellt.

3.5.3 Fett

Den Fettgehalt einer Probe vom Gesamtgemelk und der Residualmilch bestimmte die Süddeutsche Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwissenschaft in Weihenstephan nach der Methode von GERBER 1973 (11). Die Fettgehaltswerte der Gesamtgemelke wurden in eine Spalte zu den Daten der Melkbarkeitsmerkmale geschrieben und statistisch anhand einer Varianzanalyse (75) ausgewertet.

3.5.4 Statistische Auswertung

Der Anteil der Residualmilchmenge und dessen Fettgehalt je Kuh und Behandlung wurden mit dem von AUERNHAMMER 1978 (73) entwickelten EDV-Programm nach dem paarweisen t-Test auf Signifikanz überprüft.
Für die statistische Auswertung der Melkbarkeitsmerkmale von Tab. 6 und der entsprechenden Fettgehalte im Gesamtgemelk erfolgte ein Datentransfer auf die IBM-Großrechenanlage des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Mit dem nachfolgend dargestellten Modell einer Varianzanalyse (75) wurden die Mittelwerte je Kuh und Behandlung sowie das Gruppenmittel über alle Kühe je Behandlung errechnet:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + e_{ijkl}$$

Hierbei repräsentiert:

y_{ijkl} den l-ten Beobachtungswert der innerhalb
der k-ten Melkzeit
der j-ten Kuh
der i-ten Behandlung

Behandlung_i : der fixe Effekt der i-ten Behandlung i = 1...4

Kuh_j : der fixe Effekt der j-ten Kuh j = 1...5

$(\text{Behdlg x Kuh})_{ij}$: Interaktion zwischen der i-ten Behandlungsstufe und der j-ten Kuh

Melkzeit_k : Effekt der 7 Melkzeiten je Behandlung als Block

e_{ijkl} : Restfehler

Die Überprüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen wurde mit den Grenzdifferenz-Werten nach dem multiplen t-Test vorgenommen.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Auswirkungen der geprüften Stimulationsmethoden auf die verschiedenen Melkbarkeitsmerkmale

Die Reaktion der Kühe auf die vier Stimulationsvarianten ist in Abbildung 11 deutlich anhand der Milchflußkurven einer als repräsentativ anzusehenden Kuh dargestellt, ehe auf eine Gesamt-Ergebnistabelle (vgl. Tab. 7) und anschließend zu den einzelnen Melkbarkeitsmerkmalen übergeleitet wird.

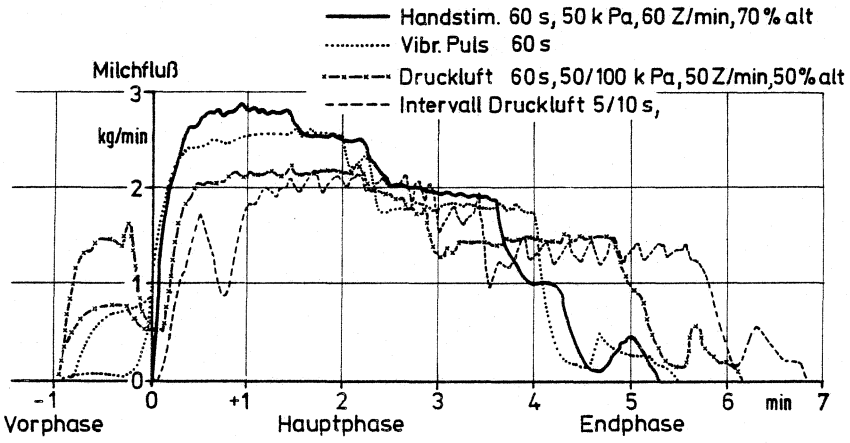


Abb. 11: Stimulation und Milchhergabe (Kuh 2 "Nanni", morgens)

Die Milchflußkurven sind entsprechend der unterschiedlichen Vor-Stimulation teilweise um 1 min vom Beginn des Hauptmelkens vorversetzt: bei der Handstimulation besteht die Vorphase aus der manuellen Eutervorbereitung, und der Beginn des Hauptmelkens verläuft gleichzeitig mit dem Ansetzen des Melkzeuges. Die Varianten "Vibrationspulsation" und "Druckluftpulsation" sind durch eine

einminütige maschinelle Vor-Stimulation gekennzeichnet. Das Melkzeug wird daher zum Zeitpunkt t=-1 min angesetzt, wogegen der Beginn des Hauptmelkens durch das Umschalten auf die normale Melkvakuum-Applikation zum Zeitpunkt t=0 min eingeleitet wird. Die Intervall-Druckluftpulsation schließlich basiert nicht auf den Gedanken einer Vor-Stimulation, sondern möchte durch die Verabreichung von Stimulationsreizen während des Melkens die Milchhergabe fördern. Aus diesem Grund ist der Zeitpunkt des Melkzeugansetzens - analog zur Handstimulation - gleichbedeutend mit dem Beginn des maschinellen Hauptgemelks.

Nach der einminütigen Vorphase der Handstimulation steigt der Milchfluß steil an und erreicht ziemlich schnell das höchste Niveau. Mit fortschreitender Melkzeit nimmt der Milchstrom dann ab und ein im normalen Rahmen liegendes Nachgemelk beendet die Milchhergabe zu einem frühen Zeitpunkt.

Für die Vibrationspulsation ist ein als gering anzusehender Milchfluß während der maschinellen Stimulationsphase charakteristisch, der zu Beginn der maschinellen Hauptphase steil ansteigt und auf einem der Handstimulation ähnlichen Kurvenverlauf bleibt. Für die Vorphase sind zwei typische Beispiele angegeben: in Abhängigkeit von der Zitzengröße und Melkbarkeit kann in der Stimulationsphase mehr oder weniger Milch fließen; abgesehen von seltenen Ausnahmen (Zitzen verbleiben im Bereich des Gummikopfes) erfolgt jedoch der Übergang von der Zisternen- zur Alveolarmilch gleitend.

Demgegenüber ist die Milchflußkurve der Druckluftpulsation durch einen Rückgang des Milchflusses (bimodaler Verlauf) am Ende der Stimulationsphase, insbesondere bei Kühen mit kurzen dünnen Zitzen, gekennzeichnet. Auch hier wurden an zwei Musterkurven die unterschiedlichen Milchmengen in der Vorphase dargestellt. Der höhere Wert charakterisiert die Reaktion, wenn die Druckluftapplikation als nicht unangenehm empfunden wird. In jedem Pulszyklus beträgt die Milchflußphase etwa 40 v. H. bei normalem zitzenendigem Vakuum, und entsprechend hoch ist die Melkkraft der Maschine. Diese Tatsache deutet darauf hin, daß beim typischen Abmelken einer geringen Milchmenge in der Vorphase die

Sperrung von der Kuh selber kommt. Hier liegen fundamentale Unterschiede gegenüber der Vibrationspulsation vor. Beim anschließenden normalen Melken ohne Druckluft steigt der Milchfluß wieder an und ist zum einen von der Stimulation geprägt, auf der anderen Seite aber auch pulsationsbedingt und etwas niedriger als bei der Handstimulation, womit der Milchentzug entsprechend länger dauert.

Ähnliche Ursachen wie bei der Druckluftpulsation sowie eine mangelnde Vor-Stimulation dürften auch bei der Intervall-Druckluftpulsation für das teilweise Abmelken der Zisternenmilch verantwortlich sein. Dabei ist das intervallmäßige Stimulieren mit Druckluft am geringeren Milchfluß des sägezahnartigen Kurvenverlaufes zu erkennen. Eine derartige maschinelle Stimulation während des Melkens wirkt sich senkend auf den Milchfluß aus und verlängert die Melkzeit erheblich.

Bei Betrachtung der Zahlen in Tabelle 7 und allen weiteren Ergebnistabellen ist zu berücksichtigen, daß Unterschiede nicht uneingeschränkt auf die verschiedenen Stimulationsverfahren zurückgeführt werden dürfen. Entsprechend dem Trend von wissenschaftlichen Erkenntnissen sollte man bei abgebauten Vakuumverlusten im Melkzeug vorzugsweise mit 60 Z/min und 70 v. H. S arbeiten (15). Da diese Variante auch bei derzeitiger Technik gut melkt (27), wurde sie für die Handstimulation eingesetzt, und ist auch für die Vibrationspulsation sinnvoll. Dagegen stößt eine verlängerte Saugphase bei den Druckluftvarianten aufgrund der verlängerten Pulsflanken a und c (siehe Abb. 9) auf Schwierigkeiten. Um die umfangreichen Veröffentlichungen zur Druckluftstimulation nutzen zu können, wurden die beiden Druckluftvarianten mit unveränderten Parametern übernommen. Diese Vorgehensweise erschien als der beste Kompromiß, macht aber eine geringfügige Korrektur der Daten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Pulsation erforderlich; die Literatur gibt in Abhängigkeit von der Pulsierung einen um 5 bis 15 prozentigen Unterschied im Milchfluß an (15). In diesen Rahmen fügen sich die Angaben von RABOLD 1967 (27), bezogen auf den höchsten Milchfluß; für das durchschnittliche Minutengemelk werden nur

marginale Unterschiede angegeben. Die DDR-Fachliteratur z. B. HOFFMANN und TREBUS 1980 (17) zu den Druckluftvarianten spricht sich jedoch für die Pulsation mit 50 Z/min und 50 v. H. S aus und beschreibt die Wirkungen auf den Milchfluß als untergeordnet. Wie im späteren Kapitel 4.1.3.1 abgeleitet, sollten für die vorliegende Arbeit ca. 35 v. H. der Unterschiede auf die Pulsierung und ca. 65 v. H. auf die Stimulation zurückgeführt werden. Durch dieses Vorgehen wird der Stimulationsanteil sicher nicht überbewertet.

Die Ergebnisse einer Varianzanalyse, welche die vier Stimulationsvarianten des Versuches miteinander vergleicht, sind in Tabelle 7 anhand der üblichen Melkbarkeitsmerkmale zusammengefaßt.

Tab. 7: Melkbarkeitsmerkmale der verschiedenen Stimulationsmethoden

Merkmal	Dim.	Behandlung			
		Hand-stim.	Vibr.-puls.	Druckluft-puls.	Intervall-Druck-luftpuls.
MGG	kg	9,99^{a}	10,14^{a}	10,21^{a}	10,01^{a}
MHG	kg	9,17^{a}	9,19^{a}	9,45^{a}	9,28^{a}
MNG	kg	0,78^{a}	0,95^{b}	0,73^{a}	0,69^{a}
tMGG	min	7,08^{a}	6,92^{a}	7,76^{b}	9,19^{c}
tMHG	min	5,17^{b}	4,71^{a}	5,85^{c}	7,32^{d}
tMNG	min	1,57^{a}	1,90^{b}	1,65^{a}	1,56^{a}
DMHG	kg/min	1,82^{b}	1,97^{a}	1,63^{c}	1,28^{d}
DMG	kg/min	1,57^{a}	1,53^{a}	1,39^{b}	1,16^{c}
HMF	kg/min	2,65^{a}	2,57^{a}	2,12^{b}	1,91^{c}
tHMF	min	1,17^{a}	1,69^{b}	1,76^{b}	3,25^{c}

Mittelwerte mit denselben Buchstaben $^{(a,b,c,d)}$ in einer Zeile sind nicht signifikant unterschiedlich ($p>0,05$) nach dem multiplen t-Test für die verschiedenen Stimulationsmethoden.

Die angegebenen Merkmale sind als Mittelwerte von fünf Kühen aus jeweils sieben Melkzeiten je Behandlung berechnet. Dabei sind bereits die Zeit- und Flußmerkmale der Vibrations- und Druckluftpulsation um die einminütige Vorphase korrigiert. Eine Überprüfung auf signifikante Unterschiede der Stimulationsvarianten erfolgte mittels Grenzdifferenzen nach dem multiplen t-Test.
Die Behandlungen fanden in der angegebenen Reihenfolge von links nach rechts statt. Wie aus Kurzzeitversuchen von anderen Autoren (z. B. GERSTER 1977 (12)) bereits berichtet worden ist, reagieren Kühe auf eine bessere Stimulation erst längerfristig im Maschinengesamtgemelk. So ergaben sich auch in diesem Versuch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stimulationsmethoden und den Maschinengesamtgemelken. Ein Rückgang der Milchmenge trat aufgrund der im Plateau befindlichen Laktationskurven der verwendeten Tiere nicht auf. Gleichermaßen ergaben sich im Maschinenhauptgemelk keine signifikanten Unterschiede, da die Maschinennachgemelke, abgesehen von der Vibrationspulsation, über die Behandlungen ebenso in etwa gleich waren. Wie später noch eingehender erläutert wird (siehe Kapitel 4.1.1.2), liegen die Werte untypisch hoch. Das signifikant höhere Nachgemelk der Vibrationspulsation ist auf steuertechnische Unvollkommenheiten der Versuchsmaschine (Ansetzen bei normaler Vakuumapplikation und erst dann Umschalten auf die Stimulationsphase) zurückzuführen.

Beim Vergleich der Zeitparameter ist die geringste Gesamtgemelk- und Hauptgemelkzeit bei der Vibrationspulsation besonders interessant, die in diesen Merkmalen sogar als einziges maschinelles Stimulationsverfahren die Handstimulation übertraf und auch signifikant schneller als die Druckluftpulsation war. Das Intervall-Druckluftverfahren schnitt dagegen in allen Zeit- und Milchflußmerkmalen mit Ausnahme der Nachgemelkzeit am weitaus schlechtesten ab.
Die zwischen den verschiedenen Stimulationsverfahren stark unterschiedliche Melkdauer bei etwa unveränderten Milchmengen, ergibt logischerweise auch größere Unterschiede in den Flußparametern.
Die in Tab. 7 ausgewiesenen Werte ergeben keine vollkommene rechnerische Übereinstimmung, da ein meßtechnisch bedingtes Blindgemelk von ca. 0,2 kg unberücksichtigt blieb und bei der Mittelung im Computer Rundungsfehler auftreten.

4.1.1 Mengenmerkmale

4.1.1.1 Maschinengesamtgemelk und Maschinenhauptgemelk einschließlich Fettgehalt

Die Maschinengesamtgemelke, deren Fettgehalte und das Maschinenhauptgemelk der einzelnen Kühe (1, 2, 3, 4, 5) in den verschiedenen Behandlungen sind als Mittelwert je Melkzeit in den Tabellen 8, 9 und 10 zusammengefaßt. In der letzten Spalte sind jeweils die Gruppenmittelwerte von allen fünf Kühen je Behandlung angegeben und über die Grenzdifferenzen, die nach dem multiplen t-Test ermittelt wurden, statistisch bewertet.

Tab. 8: Maschinengesamtgemelke in kg/Melkzeit

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	10,79	9,04	10,33	9,27	10,51	9,99[a]
Vibrationspuls.	10,76	9,04	10,33	9,17	11,20	10,14[a]
Druckluftpuls.	10,09	9,36	11,13	9,56	10,93	10,21[a]
Intervall-Druckluftpulsation	10,33	8,73	10,71	9,37	10,91	10,01[a]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,343 0,01 = 0,455 0,001 = 0,587
Differenzen im Gruppenmittel, die mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, weisen keine Signifikanz ($p > 0,05$) auf.

Mit einem Durchschnittswert von etwas über 10 kg je Kuh und Melkzeit bei einer Abweichung von ca. $\pm$1 kg entsprechen die ausgewählten Tiere den an Kühe im mittleren Laktationsstadium zu stellenden Anforderungen. Im Gruppenmittel je Behandlung zeigten sich keine signifikanten Unterschiede beim Maschinengesamtgemelk, obwohl sich einzelne Kühe davon abweichend verhielten. Desgleichen unterschieden sich die Behandlungen im Maschinenhauptgemelk (Tab. 9) und Fettgehalt der Milch (Tab. 10) nicht signifikant voneinander. Demgegenüber berichten SAGI et al. 1980 (34) von einem hochsignifikant niedrigen Milchfettgehalt der Druckluftpulsation im Vergleich

zur Handstimulation.

Tab. 9: Maschinenhauptgemelke in kg/Melkzeit

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	10,69	8,84	9,23	8,16	8,91	9,17[a]
Vibrationspuls.	10,60	8,74	9,50	7,20	9,93	9,19[a]
Druckluftpuls.	10,07	9,13	10,11	8,17	9,77	9,45[a]
Intervall-Druck-luftpulsation	10,21	8,61	9,73	7,54	10,29	9,28[a]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,433 0,01 = 0,575 0,001 = 0,741
Grenzdifferenzen im Gruppenmittel, die mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, weisen keine Signifikanz ($p>0,05$) auf.

Tab. 10: Fettgehalt der Milch in v. H.

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	3,61	3,61	4,10	3,91	4,63	3,97[a]
Vibrationspuls.	3,62	3,69	4,00	3,96	4,21	3,90[a]
Druckluftpuls.	3,67	3,66	3,93	4,10	4,24	3,92[a]
Intervall-Druck-luftpulsation	3,44	3,67	4,29	3,93	3,77	3,82[a]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,182 0,01 = 0,242 0,001 = 0,311
Grenzdifferenzen im Gruppenmittel, die mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, weisen keine Signifikanz ($p>0,05$) auf.

Der Grund für die unbedeutenden Unterschiede zwischen den Behandlungen in den genannten Merkmalen läßt auf einen unwesentlichen Abfall der Laktationskurve bei den Versuchstieren schließen. Daraus kann man für die nachgenannten im Rahmen der vorliegenden Arbeit aussagekräftigen Mengen-, Zeit- und Flußmerkmale

folgern, daß sie ohne Berücksichtigung des Zeiteffektes interpretiert werden dürfen.

4.1.1.2 Maschinennachgemelk

Eine Betrachtung der Nachgemelksmenge ist von besonderem Interesse, weil die Gewinnung des Nachgemelks über die Nachgemelkszeit (vgl. Kapitel 4.1.2.2) einen nicht unerheblichen Anteil der Routinezeiten beim Melken ausmacht bzw. - wenn nicht nachgemolken wird - zu Leistungseinbußen führen kann.

Tab. 11: Maschinennachgemelk in kg/Melkzeit

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	0,05	0,18	1,05	1,07	1,54	0,78[a]
Vibrationspuls.	0,09	0,27	1,19	1,95	1,26	0,95[b]
Druckluftpuls.	0,01	0,18	0,97	1,38	1,15	0,73[a]
Intervall-Druckluftpulsation	0,05	0,05	0,94	1,78	0,63	0,69[a]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,203 0,01 = 0,269 0,001 = 0,347
Grenzdifferenzen mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant ($p<0,05$), mit gleichen Buchstaben jedoch nicht signifikant ($p>0,05$).

Insgesamt fällt auf, daß sich die Maschinennachgemelke mit Mittelwerten um 0,80 kg/Melkzeit je Kuh und Behandlung wesentlich über dem Niveau bewegen, das WORSTORFF 1983 (69) für Braunvieh mit $\bar{x}$=0,38 kg, s=0,56 kg angibt. Für diese Abweichung ist das extrem schlechte Nachgemelksverhalten der Kühe 3, 4 und 5 verantwortlich, während die Tiere 1 und 2 sehr niedrige Werte zeigten; das schränkt die Interpretation der Nachgemelksdaten im vorliegenden Material stark ein. Bemerkenswert ist nur das bei vier von fünf Kühen relativ hohe Nachgemelk der Vibrationspulsation. Als Grund dafür ist eine steuertechnisch bei dieser

Variante (Experimenttyp) leicht zu behebende Schwierigkeit ausschlaggebend gewesen: das Melkzeug mußte bei normaler Melkvakuum-Applikation angesetzt werden und konnte erst dann auf die maschinelle Stimulationsphase umgeschaltet werden. Beim Ansetzen des Melkzeuges an die noch schlaffen Zitzen verursachte dies aber die Voraussetzung für ein frühzeitiges Klettern der Melkbecher und demzufolge ein höheres Nachgemelk. Dieser Nachteil ließe sich umgehen, indem man das Melkzeug bereits unter Anwendung der erhöhten Stimulations-Pulsfrequenz bei weitaus geschlossenem Zitzengummi ansetzt.

Die genannte Problematik trifft grundsätzlich auch bei den beiden Druckluftvarianten zu, jedoch besteht dort prinzipiell nicht die Möglichkeit das Melkzeug anders anzusetzen als mit normaler Melkvakuum-Applikation, weil der Zitzengummi in der Entlastungsphase mit 50 kPa Druckluft zusammengedrückt wird.

4.1.2 Zeitmerkmale

4.1.2.1 Dauer von Maschinengesamtgemelk und Maschinenhauptgemelk

Zwischen den Behandlungen traten ausgeprägte Unterschiede in der Maschinengesamtgemelkzeit (Tab. 12) hervor, die mit Ausnahme der ähnlichen Werte von Handstimulation und Vibrationspulsation - die auch am schnellsten molken - höchstsignifikant ($p<0,001$) waren.

Tab. 12: Maschinengesamtgemelkzeit in min/Melkzeit

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	4,51	5,04	8,06	8,06	9,73	7,08[a]
Vibrationspuls.	4,61	4,74	8,20	7,89	9,14	6,92[a]
Druckluftpuls.	4,77	5,50	9,76	9,09	9,67	7,76[b]
Intervall-Druckluftpulsation	6,44	6,14	12,14	10,00	11,24	9,19[c]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,321 0,01 = 0,427 0,001 = 0,550

Grenzdifferenzen mit denselben Buchstaben sind nicht signifikant ($p>0,05$); mit verschiedenen Buchstaben jedoch höchstsignifikant ($p<0,001$).

Den beiden erstgenannten Stimulationsmethoden folgt die Druckluftpulsation, und - im deutlichen Abstand von über zwei Minuten (+31 v. H.) - die Intervall-Druckluftpulsation. Die 10 v. H. längere Maschinengesamtgemelkszeit der Druckluftpulsation im Vergleich zur Handstimulation ist identisch mit den Ergebnissen von SAGI et al. 1980 (34), obwohl dort einheitlich mit 60 Z/min und 70 v. H. S gemolken wurde. Zieht man die 60 s aufgewendete Routinezeit für eine vollwertige Handstimulation incl. Euterreinigung in die Betrachtung mit ein, so dürfte die maschinelle Vorstimulation insbesondere mit der Vibrationspulsation bzw. - bei sonst gleicher Wirkung - auch die Druckluftpulsation eine zunehmende praktische Bedeutung gewinnen: zum einen befreien sie den Melker weitgehend von körperlicher Anstrengung in oft unbequemer Haltung und erreichen trotzdem eine vollwertige Stimulation; daneben ließe sich das schädliche Blindmelken vermeiden bzw. einschränken, weil Routinezeiten von der Maschine übernommen werden und somit - bei unveränderter Anzahl von Melkeinheiten - dem Melker als Rastzeit bzw. für andere Arbeiten zugute kommen.

Grundsätzlich ergibt sich bei der Maschinenhauptgemelkszeit (Tab. 13) ein ähnliches Bild; nur war dort die Vibrationspulsation den anderen drei Behandlungen hochsignifikant und durchgehend bei allen Kühen, mit Ausnahme von Kuh 1, überlegen.

Tab. 13: Maschinenhauptgemelkszeit in min/Melkzeit

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	3,84	3,97	5,87	5,23	6,91	$5,17^{b}$
Vibrationspuls.	3,90	3,49	5,77	4,27	6,11	$4,71^{a}$
Druckluftpuls.	4,34	4,47	7,57	5,87	6,99	$5,85^{c}$
Intervall-Druckluftpulsation	5,83	5,33	9,73	6,43	9,29	$7,32^{d}$

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,288 0,01 = 0,383 0,001 = 0,493
Grenzdifferenzen mit denselben Buchstaben sind nicht signifikant (p>0,05); mit verschiedenen Buchstaben jedoch hochsignifikant (p<0,01).

Die Dauer für die Gewinnung des Maschinenhauptgemelks ist im vorliegenden Material besonders aussagekräftig, weil das Nachgemelkverhalten der Tiere unnormal war. Eine kurze Maschinenhauptgemelkzeit ist unter sonst gleichen Bedingungen als Zeichen für eine gute Stimulation zu bewerten. Außerdem könnte die Milchhergabe beeinträchtigt gewesen sein, indem das gute Stimulationspotential der Handstimulation bzw. Vibrationspulsation in Verbindung mit einem konventionellen Melkzeug und hochverlegter Melkleitung nicht voll ausgeschöpft wurde (15).

4.1.2.2 Nachgemelkzeit

Tab. 14: Maschinennachgemelkzeit in min/Melkzeit

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	0,27	0,69	1,94	2,41	2,53	1,57[a]
Vibrationspuls.	0,47	0,93	2,16	3,33	2,60	1,90[b]
Druckluftpuls.	0,09	0,76	1,90	3,06	2,43	1,65[a]
Intervall-Druckluftpulsation	0,30	0,29	2,19	3,39	1,63	1,56[a]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,256 0,01 = 0,340 0,001 = 0,438
Grenzdifferenzen mit denselben Buchstaben sind nicht signifikant (p>0,05); mit verschiedenen Buchstaben jedoch hochsignifikant (p<0,01).

Wie bereits in den Kapiteln 4.1 und 4.1.1.2 erläutert, sind aufgrund von Tiereigenheiten und steuertechnischen Einflüssen die Nachgemelkwerte nur stark eingeschränkt aussagefähig, so daß auf Unterschiede zwischen den Behandlungen nicht näher

eingegangen werden soll.
Beim Maschinennachmelken erwies sich das Intervall-Druckluftverfahren als äußerst unpraktisch. Bei den gleichzeitigen Nachmelkgriffen des Melkers in der Druckluftphase drohte das Melkzeug wegen der schlechten Haftreibung abzufallen, womit sich die Nachgemelkszeit zusätzlich verlängerte.

4.1.3 Flußmerkmale

4.1.3.1 Durchschnittliches Minutenhauptgemelk

Tab. 15: Durchschnittliches Minutenhauptgemelk in kg/min

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	2,70	2,14	1,53	1,51	1,21	1,82[b]
Vibrationspuls.	2,57	2,37	1,61	1,69	1,59	1,97[a]
Druckluftpuls.	2,20	1,89	1,31	1,37	1,37	1,63[c]
Intervall-Druckluftpulsation	1,69	1,54	0,97	1,16	1,06	1,28[d]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,071 0,01 = 0,095 0,001 = 0,122
Grenzdifferenzen mit unterschiedlich bezeichneten Buchstaben weisen höchstsignifikante Grenzdifferenzen ($p<0,001$) zwischen allen Behandlungen auf.

Die Vibrationspulsation lieferte den höchsten Wert im durchschnittlichen Minutenhauptgemelk. Setzt man die herkömmlich für optimal befundene 60 s Handstimulation bzw. Druckluftpulsation mit 100 v. H., so ergeben sich aus den absoluten Gruppenmitteln folgende relative Werte zwischen den vier Stimulationsmethoden:

Tab. 16: Durchschnittliches Minutenhauptgemelk absolut (kg/min) und relativ (v. H.) zur unterschiedlichen Behandlung und Pulsierung

Behandlung	absolut (kg/min)	rel.(v.H.)	rel.(v.H.)
Handstimulation	1,82	100	111,7
Vibrationspuls.	1,97	108,2	120,9
Druckluftpuls.	1,63	89,6	100
Intervall-Druck-luftpulsation	1,28	70,3	78,5

Eindeutig läßt sich der um 8,2 v. H. höchstsignifikant höhere Milchfluß der Vibrationspulsation gegenüber der Handstimulation - bei gleicher Vakuum-Applikation - auf die effizientere maschinelle Vorstimulation zurückführen. Die schwebende Bewegung des Zitzengummis bei ca. 300 Z/min in fast geschlossenem Zustand in der maschinellen Stimulationsphase scheint sich äußerst positiv auf die weitere Milchhergabe auszuwirken. Diesbezüglich wären künftig die leistungsbiologischen Auswirkungen der Stimulation auf die Milch- und Fetterträge von Interesse, die in Langzeitversuchen an vielen Tieren getestet werden sollten.

Bereits in Kapitel 4.1 wurde erwähnt, daß das vorliegende Material "confounded" ist. Um diese Effekte zu bewerten, eignen sich vor allem die Parameter "durchschnittliches Maschinenhauptgemelk" und "höchster Milchfluß", da sie ein gutes Maß für die Melkkraft der Maschinen geben und nicht durch das tierindividuelle Nachgemelksverhalten verfälscht werden. Setzt man die Druckluftpulsation mit 100 v. H. an (Tab. 16), beträgt der relative Wert für das durchschnittliche Maschinenhauptgemelk der Handstimulation 111,7 v. H..

Die Literatur (15, 27) gibt ca. 5 bis 15 v. H. als Unterschied zwischen den Pulsierungen 50 Z/min bei 50 v. H. S und 60 Z/min bei 70 v. H. S an. Nach den Arbeiten von HOFFMANN 1977, unveröffentlicht, zitiert bei HOFFMANN und TREBUS 1980 (17), betragen die Unterschiede jedoch weniger als 5 v. H.. Ein Ansatz von 5 v. H. als Bonus für die 70 v. H. Pulsierung würde den Wert

der Druckluftpulsation im Merkmal "durchschnittliches Minutenhauptgemelk" auf 105 v. H. anheben. Bei dieser Betrachtung ist allerdings unterstellt, daß Differenzen in der stimulationsbedingten Milchhergabe nicht bestehen. Eine Analyse der Milchflußkurven zwischen Handstimulation und Druckluftpulsation im Hinblick auf das Vorkommen bimodaler Milchflußkurven ergab jedoch folgende Ergebnisse:

	Handstimulation	Druckluftpulsation
Anzahl bimodaler Kurven	0 von 35	8 von 35

Die acht bimodalen Kurven der Druckluftpulsation zeigten sich bei zwei Kühen jeweils an vier von sieben Melkzeiten. Daraus geht hervor, daß die Druckluftpulsation im vorliegenden Versuch nicht als ein der Handstimulation gleichwertiges Stimulationsverfahren anzusehen ist (auf diesen Punkt wird weiter bei den Ocytocinergebnissen in 4.2 eingegangen). Aus den genannten Gründen wird der Stimulationseffekt in der vorliegenden Arbeit nicht überbewertet, wenn ca. 35 v. H. der Pulsierung und ca. 65 v. H. der Stimulation zugeordnet werden. Somit würden annähernd 4 v. H. des höheren durchschnittlichen Minutengemelks in Tab. 16 auf die weite Pulsierung und etwa 8 v. H. bei der Handstimulation bzw. 17 v. H. bei der Vibrationspulsation zugunsten der besseren Stimulationseigenschaften ausfallen.

Ein Vergleich der Druckluft- mit der Intervall-Druckluftpulsation in Tab. 16 zeigt einen um 21,5 v. H. wesentlich geringeren Milchfluß für das letztgenannte Verfahren. Die Druckluftapplikation von 50 kPa in der Entlastungsphase ist mit 20 s/min offensichtlich zu Melkbeginn nicht ausreichend stimulierend (kaum Vorstimulation) dagegen in der Hauptphase milchflußsenkend gewesen, wobei möglicherweise eine unzureichende "Kooperation" der Kühe als Ursache in Frage kommt.

4.1.3.2 Durchschnittliches Minutengemelk

Das durchschnittliche Minutengemelk beinhaltet neben dem Hauptgemelk auch das Nachgemelk und ist deshalb niedriger als das durchschnittliche Minutenhauptgemelk. In den dargestellten Versuchen ist dieses Merkmal vom hohen Nachgemelk der Kühe 3, 4 und 5 etwas gesenkt worden (vgl. Kapitel 4.1.1.2).

Tab. 17: Durchschnittliches Minutengemelk in kg/min

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	2,51	1,83	1,27	1,16	1,06	1,57[a]
Vibrationspuls.	2,20	1,80	1,27	1,16	1,21	1,53[a]
Druckluftpuls.	2,00	1,59	1,16	1,04	1,14	1,39[b]
Intervall-Druckluftpulsation	1,61	1,47	0,86	0,90	0,94	1,16[c]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,051 0,01 = 0,068 0,001 = 0,087
Grenzdifferenzen mit unterschiedlichen Buchstaben sind höchstsignifikant ($p<0,001$), mit gleichen Buchstaben jedoch nicht signifikant ($p>0,05$).

Trotz des relativ schlechten Nachgemelkverhaltens der Versuchstiere bei der Vibrationspulsation (siehe Tab. 11 und 14), erreicht diese Stimulationsmethode durch das hohe durchschnittliche Minutenhauptgemelk ein der Handstimulation ebenbürtiges durchschnittliches Minutengemelk. Das um 13 v. H. höhere durchschnittliche Minutengemelk der Handstimulation im Vergleich zur Druckluftpulsation ist entsprechend dem Unterschied im durchschnittlichen Minutenhauptgemelk (+11,7 v. H.) zu interpretieren und entspricht dem Versuch von SAGI et al. 1980 (34), die die Differenz mit 13,5 v. H. beziffern. Am ungünstigsten schneidet abermals die Intervall-Druckluftpulsation ab, die von allen Behandlungen das geringste durchschnittliche Minutengemelk hatte.

4.1.3.3 Höchster Milchfluß und Zeit bis zum Erreichen des höchsten Milchflusses

Der höchste Milchfluß gibt in dieser Arbeit den maximalen Milchstrom je Viertelminute an. Er ist unter Voraussetzung optimaler Vakuumapplikation der Melkverfahren - Maschine kann abmelken, was Kuh bereitstellt - als Ausdruck völliger Entspannung beim Tier zu verstehen, der sich bei größtmöglicher Dehnung des Schließmuskels einstellt.

Tab. 18: Höchster Milchfluß in kg/min - gemessen über 15 s - und relativ zwischen den Behandlungen

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel	relativ (v. H.)
Handstimulation	3,20	3,06	2,27	2,77	1,97	$2,65^{a}$	100
Vibrationspuls.	2,91	3,00	2,31	2,41	2,20	$2,57^{a}$	97
Druckluftpuls.	2,57	2,51	1,80	1,94	1,77	$2,12^{b}$	80
Intervall-Druckluftpulsation	2,23	2,30	1,61	1,83	1,60	$1,91^{c}$	72

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,101 0,01 = 0,134 0,001 = 0,173
Grenzdifferenzen mit unterschiedlichen Buchstaben sind höchstsignifikant ($p<0,001$), mit gleichen Buchstaben jedoch nicht signifikant ($p>0,05$).

Ähnlich wie beim durchschnittlichen Minutengemelk unterscheiden sich Handstimulation und Vibrationspulsation nicht signifikant ($p>0,05$) voneinander. Dagegen weist die Druckluftpulsation einen um 20 v. H. und die Intervall-Druckluftpulsation sogar einen um 28 v. H. geringeren höchsten Milchfluß als die Handstimulation auf. Unter Betrachtung der Ergebnisse von durchschnittlichem Minutenhauptgemelk und durchschnittlichem Minutengemelk können schätzungsweise 7 v. H. der Differenz der engeren Pulsierung und der verbleibende Rest von 13 v. H. bei der Druckluftpulsation und 21 v. H. bei der Intervall-Druckluftpulsation

der schlechteren Stimulation zugeordnet werden. SAGI et al. 1980 (34) geben mit einem um 12,2 v. H. geringeren höchsten Milchfluß bei der Druckluftpulsation im Vergleich zur Handstimulation dieselbe Größenordnung an.

Von Interesse ist in diesem Zusammenhang die Frage nach der Zeit, bis der höchste Milchfluß erreicht wird; Tabelle 19 zeigt hierzu näheres.

Tab. 19: Zeit zum Erreichen des höchsten Milchflusses in min

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	1,74	0,73	1,49	0,66	1,21	1,17[a]
Vibrationspuls.	2,46	1,11	1,94	1,54	1,39	1,69[b]
Druckluftpuls.	1,71	1,04	2,54	1,47	2,01	1,76[b]
Intervall-Druckluftpulsation	3,31	2,11	4,46	3,10	3,24	3,25[c]

Grenzdifferenzen: 0,05 = 0,288 0,01 = 0,382 0,001 = 0,493
Grenzdifferenzen mit unterschiedlichen Buchstaben sind höchstsignifikant ($p<0,001$), mit gleichen Buchstaben nicht signifikant ($p>0,05$).

Für dieses Merkmal benötigte die Handstimulation, vor den etwa gleichwertigen Verfahren der Vibrations- und Druckluftpulsation, die geringste Zeit bis zum höchsten Milchfluß. Die weitaus längste Zeit beanspruchte die Intervall-Druckluftpulsation. Diese Feststellung ist jedoch für die Beurteilung eines Melkverfahrens von eingeschränkter Aussagekraft, weil vor Erreichen des absoluten Spitzenflusses die Milchflußkurve in der Regel ein mehr oder weniger ausgeprägtes Plateau aufweist (vgl. Abb. 11). Aus diesem Grunde wird vorgeschlagen, das Auswerteprogramm MIKANP in Weihenstephan um ein weiteres Merkmal zu ergänzen, das den Zeitpunkt bis zum Erreichen von z. B. 80 bis 90 v. H. des höchsten Milchflusses angibt. Damit wären wirkliche Unterschiede in der Milchhergabe genauer erfaßbar, und das Problem größerer

aber melktechnisch nicht bedeutender Zeitverschiebungen infolge des annähernd waagerechten Verlaufes des Milchflußplateaus gelöst.

Bei Anwendung der vorgeschlagenen Betrachtungsweise sind die Verfahren "Handstimulation", "Vibrationspulsation" und "Druckluftpulsation" als annähernd gleichwertig zu betrachten. Die Intervall-Druckluftpulsation dagegen erreicht den höchsten Milchfluß deutlich später.

4.1.4 Prozentuale Milchmengenverteilung

Von der prozentualen Milchmengenverteilung interessiert in erster Linie die während der maschinellen Stimulationsphase bzw. nach der Handstimulation abgemolkene relative Milchmenge. In Tabelle 20 sind dafür die Ergebnisse dieses Versuches für jede Kuh und die Gruppenmittel von allen Kühen je Behandlung genannt.

Tab. 20: Prozentualer Anteil der Milchmenge in der ersten Minute

Behandlung	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	24,29	28,86	17,29	26,71	14,57	22,34^{a}
Vibrationspuls.	5,14	5,71	0,71	1,00	1,71	2,84^{c}
Druckluftpuls.	5,19	7,43	0,00	1,00	1,86	3,11^{c}
Intervall-Druckluftpulsation	7,86	11,00	0,14	2,43	4,29	5,14^{b}

Grenzdifferenzen: 0,05 = 1,160 0,01 = 1,541 0,001 = 1,987
Grenzdifferenzen mit unterschiedlichen Buchstaben sind höchstsignifikant ($p<0,001$), mit gleichen Buchstaben nicht signifikant ($p>0,05$).

Ein annähernd gleicher Anteil der in der maschinellen Vorstimulation abgemolkenen Milchmenge von den Varianten "Vibrationspulsation" und "Druckluftpulsation" ist bei allen Tieren

festzustellen. Die leichtmelkenden Kühe 1 und 2 hatten sich dabei einen größeren Anteil ihrer Milch entziehen lassen als die drei schwermelkenden Kühe. Auch hier ist auf die Unzulänglichkeiten beim Ansetzen vor Vibrationspulsation (vgl. S. 70) zu verweisen.

Den Vorteil bereits stimulierter Kühe zu Beginn der Hauptmelkphase zeigt der Vergleich zwischen 60 s Handstimulation (22,34 v. H.) und Intervall-Druckluftpulsation (5,14 v. H.) sehr ausgeprägt im Milchmengenanteil der ersten Minute. Obwohl bei der letzteren Variante durch die intervallmäßige Applikation von 50 kPa Druckluft in der Entlastungsphase eine Stimulationsperiode von aufaddiert 20 s in der ersten Minute stattfindet, wird im viermal 10 s dauernden Melkintervall nur ca. 2 v. H. mehr Milch entzogen gegenüber der permanenten einminütigen Druckluftapplikation.
Die komplette prozentuale Milchmengenverteilung über zehn Minuten in Abhängigkeit von der Stimulation stellt Abbildung 12 dar.

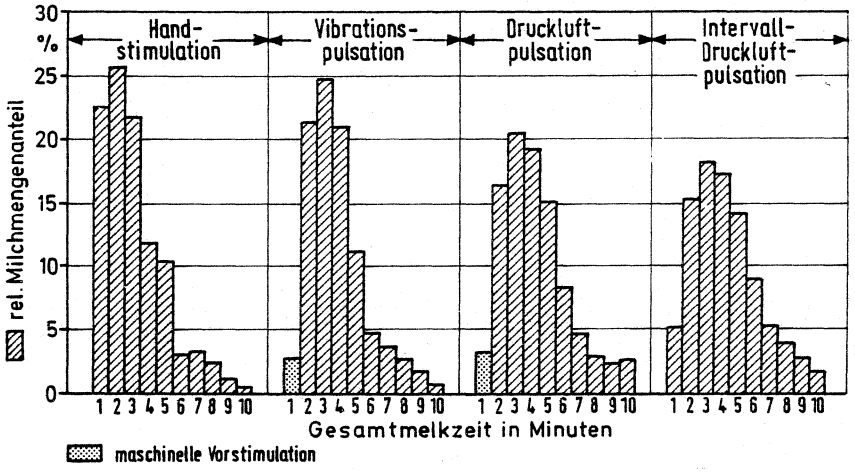


Abb. 12: Prozentuale Verteilung der Milchmenge in Abhängigkeit von der Stimulation (5 Kühe, 7 Melkzeiten)

Festzuhalten bleibt der hohe Anteil der Milchmenge in den ersten drei Minuten der Hauptmelkphase bei der Handstimulation bzw. Vibrationspulsation, sowie der danach schnelle Rückgang der Milchmengenanteile je Minute. Im Unterschied dazu läßt sich vom Anteil der Milchmenge je Melkminute bei der Intervall-Druckluftpulsation ableiten, daß die maschinelle Stimulation offenbar

nicht zur richtigen Zeitperiode und mit unzureichender Intensität ausgeführt wurde; ebenso wie bei der einminütigen Druckluftpulsation nahm nach der halben Melkzeit der Milchanteil je Minute nur langsam ab.

4.2 Auswirkungen der Stimulation auf die Ocytocinfreisetzung

Der Effekt von Stimulationsbemühungen führt zu neurohormonellen Abläufen, die Ocytocin aus der Neurohypophyse in die Blutbahn freisetzen. Die in bestimmten Abständen aus der vena jugularis entnommenen und mit einem RIA gemessenen Ocytocinkonzentrationen im Blutplasma ergaben charakteristische Kurvenverläufe, die tierindividuellen Variationen unterlagen. Die Reaktionen der fünf Kühe auf die einzelnen Behandlungen zu je sieben Melkzeiten sind in Abb. 13 als Mittelwert für den Zeitraum vor und nach Melkbeginn (t=-360 s bis t=120 s) graphisch dargestellt.

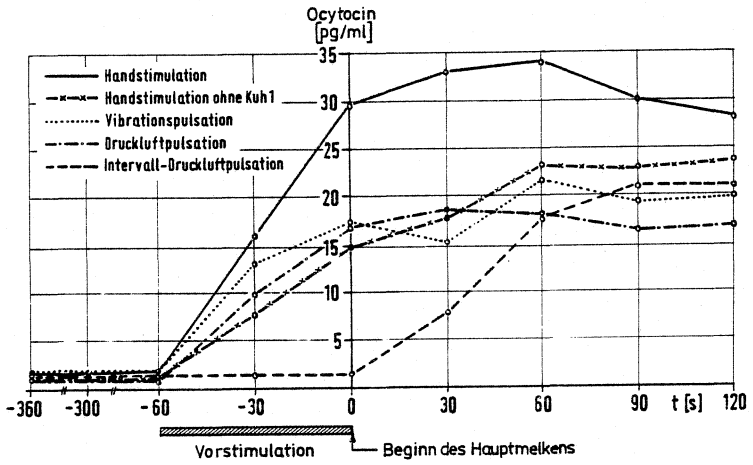


Abb. 13: Ocytocinausschüttung vor und nach Melkbeginn in Abhängigkeit der Stimulation (je Behandlung 5 Kühe, 7 Melkzeiten, RIA)

Zunächst fällt auf, daß alle Kühe ein niedriges, als Basiskonzentration bezeichnetes Plateau (t=-360 s bis t=-60 s bzw. t=-300 s bis t=0 s) aufweisen. Dies deutet auf keine bedingt reflektorischen Freisetzungen von Ocytocin vor dem Einsetzen der

Vorstimulation bzw. des Melkens (bei der Intervall-Druckluftpulsation) hin. Damit deckt sich diese Feststellung mit den umfangreichen Analysen (ca. 700 Ocytocinprofilen) von MAYER 1983 (23) und zeigt, daß in der Regel auf eine Vorstimulation nicht verzichtet werden darf.

Erst nach Verabreichung manueller bzw. maschineller Stimulationsreize an den Zitzen und dem einsetzenden Milchfluß fanden beträchtliche Erhöhungen der zunächst noch niedrigen Ausgangswerte von 1 bis 2 pg/ml Ocytocin im Plasma statt. Mit der einminütigen Handstimulation beginnt gleichzeitig der durchschnittlich steilste Anstieg des Ocytocins auf ca. 30 pg/ml bis zum Beginn des Hauptmelkens (t=0 s). Im Vergleich dazu bringt die Anwendung der Vibrationspulsation in den ersten 30 s (t=-60 s bis t=-30 s) einen etwas steileren Anstieg als die Druckluftpulsation, der jedoch nicht wie bei der Handstimulation linear anhält, sondern sich beidemals abschwächt und sich nach 60 s Stimulation (t=0 s) auf eine Konzentration von ca. 17 bzw. 16 pg/ml Ocytocin im Plasma einpendelt. Die ausgesprochen hohe Ocytocinfreisetzung bei der Handstimulation ist allerdings maßgeblich von den sehr hohen Konzentrationen der Kuh 1 bestimmt worden, die auf diese Stimulationsmethode äußerst positiv reagierte (siehe später Abb. 14). Ohne Berücksichtigung von Kuh 1 bei der Handstimulation ergibt sich ein Ocytocinanstieg in der Stimulationsphase, welcher den beiden anderen maschinellen Vorstimulationsvarianten ähnlich ist.

Demgegenüber setzte man beim Verfahren "Intervall-Druckluftpulsation" zum Zeitpunkt t=0 s das Melkzeug an, ohne zuvor die Zitzen stimuliert zu haben. Dafür wird abwechselnd während der gesamten Melkzeit 5 s mit 50 kPa Druckluft in der Entlastungsphase stimuliert und in den nächsten 10 s normal gemolken (atmosphärische Luft in der Entlastungsphase). Der große Unterschied zu den Varianten mit Vorstimulation besteht darin, daß bereits normal gemolken wird, obwohl noch keine Ocytocinfreisetzung erfolgte. Die gemessene Ocytocinfreisetzung steigt zwar vor allem 30 bis 60 s nach dem Melkbeginn an und erreicht ein ebenso hohes Niveau wie die anderen drei Stimulationsmethoden; der Nachteil einer unterlassenen Vorstimulation hinsichtlich des

Milchhergabeverhaltens zeigte sich jedoch am geringeren Milchfluß und der wesentlich längeren Melkzeit (vgl. Tab. 7). Diesen Mangel an Vorstimulation konnte die intervallmäßige Druckluftstimulation anscheinend auch während des Melkens nicht mehr aufholen, zumal dadurch der Milchfluß - erkennbar am sägezahnartigen Verlauf - zusätzlich mechanisch behindert wurde.

Die Abbildung 13 ist folglich durch einen gleichartigen Ocytocinanstieg der vier geprüften Stimulationsvarianten gekennzeichnet, welcher aber bei der Intervall-Druckluftpulsation zeitlich um 1 min verspätet beginnt.

Dieser allgemeinen Übersicht sollen im Anschluß daran die tierindividuellen Reaktionen auf die vier Stimulationsmethoden folgen, denn bei begrenztem Material sind Durchschnittswerte nur eingeschränkt aussagekräftig.

4.2.1 Einzeltierbetrachtung

Ebenso wie in Abb. 13 für den Durchschnitt über alle Tiere sind für jede einzelne Kuh dieses Versuchs die jeweiligen Ocytocinprofile aus den 7 Melkzeiten je Behandlung vor dem Melkbeginn bis 2 min danach aufgezeichnet:

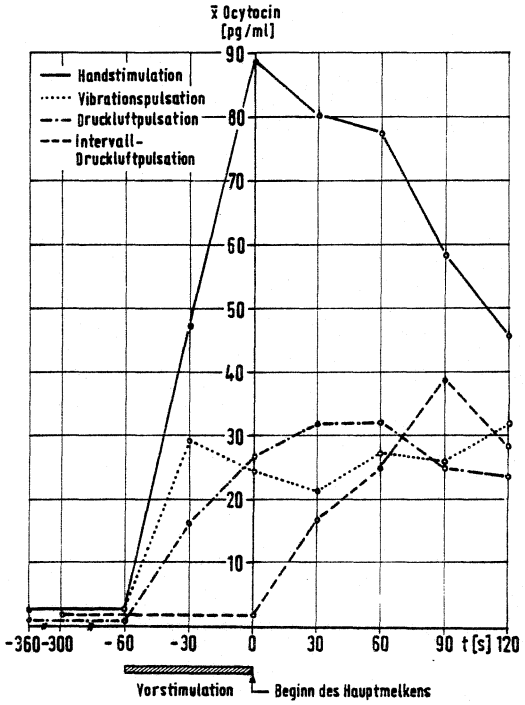


Abb. 14: Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 1, 1. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)

Kuh 1 (Abb. 14) hat nach 1 min Handstimulation einen Anstieg des Ocytocins von 2,5 pg/ml auf 89 pg/ml zu registrieren. Diesen hohen Mittelwert muß man allerdings unter Berücksichtigung der großen Standardabweichung von 61 pg/ml interpretieren. Grundsätzlich kann für alle abgebildeten Ocytocinkurven gesagt werden: je schneller die durchschnittliche Ocytocinkonzentration bis zum ersten "Peak" ansteigt, desto größer waren auch die Streuungen um diesen Wert bei den einzelnen Melkzeiten. Offensichtlich reichen bei Kuh 1 20 bis 30 pg/ml Ocytocin im Blutplasma aus, um ein gutes Milchhergabeverhalten - wie nach der Handstimulation - vorzuweisen. Kuh 1 hatte die beste Melkbarkeit der verwendeten Versuchstiere; der Milchfluß war bei jeder Behandlung von einem steilen Anstieg auf ein hohes Plateau gekennzeichnet, wonach ein geringes Nachgemelk den Melkvorgang relativ früh beendete. Die Druckluftpulsation zeigte einen etwas geringeren Anstieg als die Vibrationspulsation bzw. um 1 min parallel vor der Intervall-Druckluftpulsation beginnend.

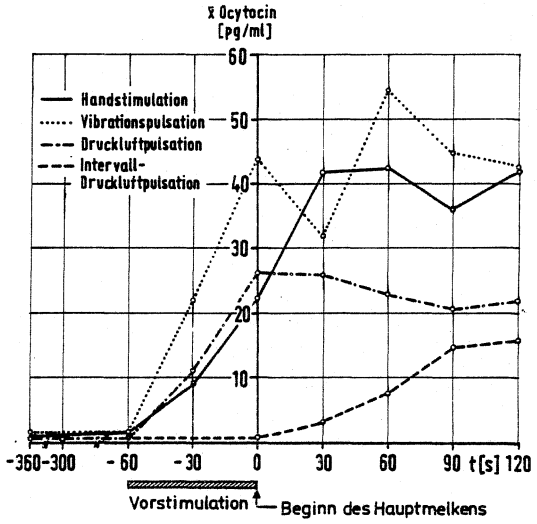


Abb. 15: Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 2, 1. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)

Bei Kuh 2 (Abb. 15) fällt auf, daß die Vibrationspulsation den steilsten Ocytocinanstieg verzeichnet, der - wie bei der Handstimulation - mit dem maschinellen Hauptmelken noch zunimmt. Die Druckluft- und vor allem Intervall-Druckluftpulsation wiesen demgegenüber einen niedrigeren Konzentrationsgrad an Ocytocin im Blutplasma auf.

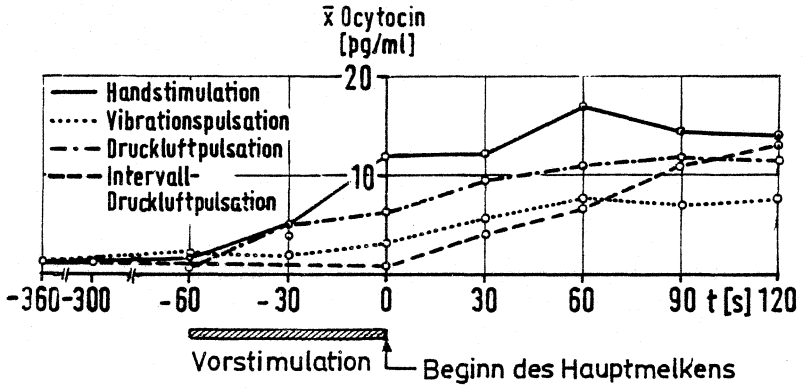


Abb. 16: Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 3, 3. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)

Kuh 3 (Abb. 16) erreichte bei der Vibrationspulsation einen im Mittel nahezu vernachlässigbaren Ocytocinanstieg, der bis 60 s nach dem Beginn des Hauptmelkens nur gering über den Werten der Intervall-Druckluftpulsation war, wobei letztere allerdings noch steigende Tendenz verzeichnete. Die Druckluftpulsation lag in der Ocytocinfreisetzung bei dieser Kuh zwischen den vorher genannten Varianten und dem hohen Ocytocinspiegel der Handstimulation.

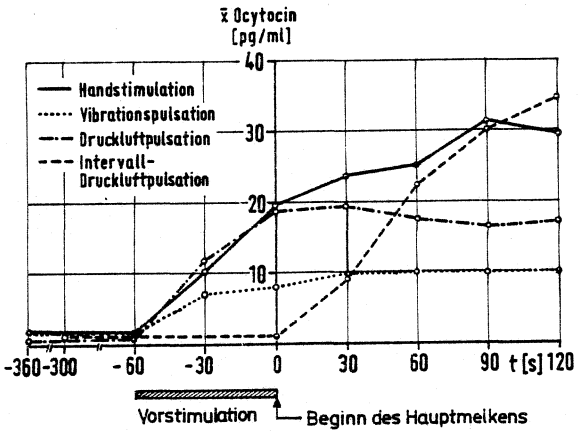


Abb. 17: Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 4, 2. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)

Analog zu Kuh 3, aber im Gegensatz zu Kuh 2, verlief die Ocytocinfreisetzung bei der Vibrationspulsation von Kuh 4 (Abb. 17) trotz eines beachtlichen Milchflusses, bei weniger als 10 pg/ml Ocytocin, am weitaus geringsten von den vier Behandlungen. Die drei anderen Methoden hatten einen gleichlaufenden Anstiegswinkel des Ocytocins ergeben.

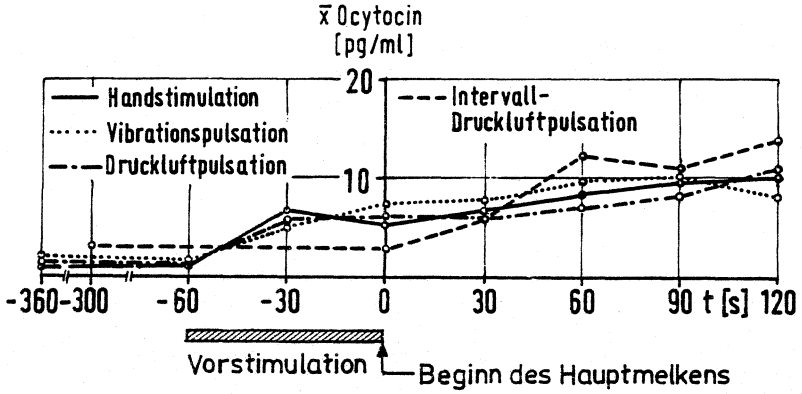


Abb. 18: Ocytocinausschüttung in Abhängigkeit von der Stimulation (Kuh 5, 7. Laktation, 7 Melkzeiten, RIA)

Die Ocytocinausschüttung bei Kuh 5 (Abb. 18) ist bei allen Stimulationsmethoden nicht sehr unterschiedlich sowie relativ gering ansteigend im Vergleich zu den anderen Kühen.

Die Ergebnisse der Einzelkuhbetrachtung lassen den Schluß zu, daß innerhalb und zwischen den Tieren ein unterschiedlich starker Ocytocinanstieg in der Stimulationsphase bzw. zu Beginn des Hauptmelkens vorherrscht, der zwischen den Behandlungen wie auch Melkzeiten von großen Variationen gekennzeichnet ist. Unter Einbeziehung der Auswertung der Melkbarkeitsmerkmale erscheint die große Reproduzierbarkeit der Milchflußkurven je Kuh sowie Behandlung und Melkzeit gegenüber der großen Streuung der dazugehörigen Ocytocinprofile etwas überraschend. Dieser Sachverhalt ist in Abb. 19 an Kuh 5 bei der Vibrationspulsation beispielhaft dargestellt:

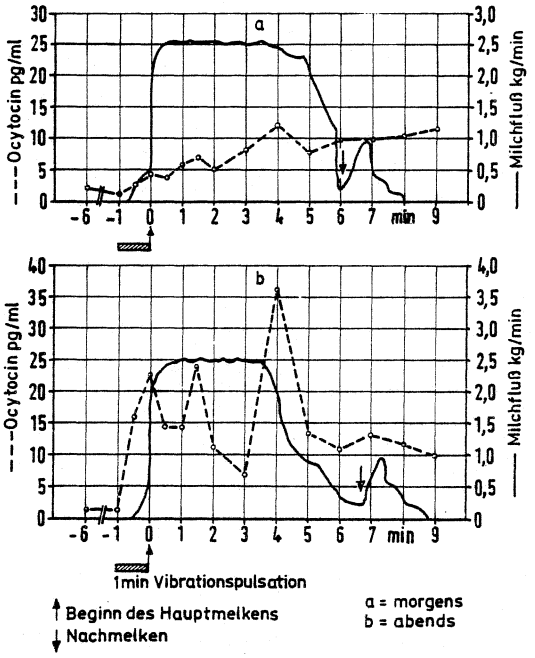


Abb. 19: Ocytocinprofile und Milchflußkurven aus 2 aufeinanderfolgenden Melkzeiten (a = morgens, b = abends) bei Kuh 5 mit 1 min Vibrationspulsation

So führte ein auch zu Beginn des Hauptmelkens geringer Anstieg des Ocytocins beim Morgengemelk (a) zu einer ähnlichen Milchflußkurve wie der steile Anstieg bei gleicher Behandlung am darauffolgenden Abendgemelk (b). Es findet also eine von der Stimulation induzierte regelmäßige Konzentrationserhöhung an Ocytocin statt. Das Überschreiten eines oft tierindividuell schon geringen und möglicherweise jeweils verschiedenen Schwellenwertes bewirkt dann offensichtlich den Ablauf der Milchejektion. Von einem typischen Verlauf des Ocytocinprofils während der Vorstimulation und des Melkens kann jedoch nicht gesprochen werden.

Der erste Freisetzungsakt des Ocytocins erreicht meist 60 bis 90 s nach der Vorstimulation bzw. dem Ansetzen des Melkzeuges (bei der Intervall-Druckluftpulsation) ein relatives Maximum. Danach setzte sich der Verlauf von Tier zu Tier, unabhängig von Behandlung bzw. Melkzeit, unterschiedlich stark oszillierend fort. Teilweise kam es auch bei einzelnen Kühen durch die maschinelle Vorstimulation zu einem später einsetzenden

niedrigen Milchfluß, der ein höheres maschinelles Nachgemelk verursachte:

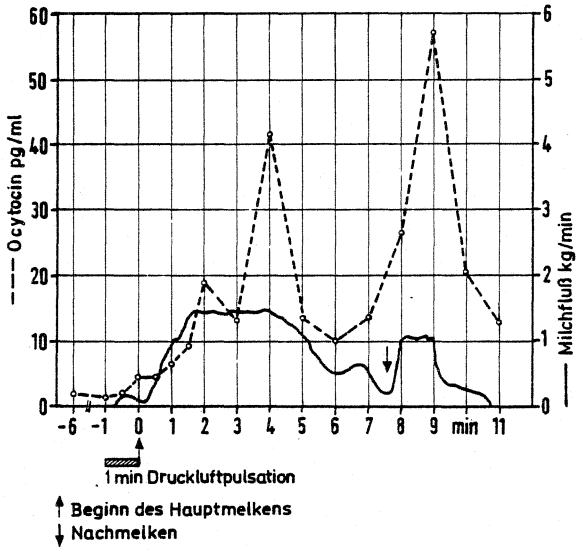


Abb. 20: Ocytocinprofil und Milchflußkurve der Kuh 5 bei der Druckluftpulsation

Während der Druckluftpulsationsphase von 60 s bei Kuh 5 (Abb. 20) wurde z. B. ein geringer Ocytocinanstieg gemessen, der den Schwellenwert zur Auslösung der Milchejektion, erkennbar am verzögerten und geringen Milchfluß, nicht überschritten hat. Mit fortschreitender Melkzeit steigt die Ocytocinkonzentration nach 4 min auf ein kurzfristiges Maximum an. Mit Beginn des langandauernden Nachmelkens ereignete sich dann eine nochmalige extreme Ocytocinfreisetzung, die infolge der für diese Kuh unzureichenden maschinellen Vorstimulation auf eine Zweitejektion während der kräftigen Hand-Nachmelkgriffe hindeutet.

4.2.1.1 Einfluß der Entnahme von Blutproben auf die Konzentration des gemessenen Ocytocins

Der nach dem ersten Ocytocinanstieg unterschiedlich stark streuende Verlauf der Ocytocinmeßwerte ist nicht nur auf pulsartige Freisetzungen sondern auch als Stichprobe des vom Hypothalamus-Hypophysenhinterlappen-System in den Blutkreislauf abgegebenen Ocytocins zu verstehen. Findet z. B. eine Ocytocinfreisetzung statt, so wäre vorstellbar, daß zufällig ein Ocytocinschwall gerade zu dieser Zeit die vena jugularis passiert, wenn Blutproben genommen werden. Damit würde die Blutprobe zur radioimmunologischen Bestimmung eine hohe Ocytocinkonzentration enthalten, bzw. kurz davor oder danach in etwas verdünnter Anreicherung vorliegen. Um diese Stichprobenlücken weitgehend zu schließen, wurde vom Stimulationsbeginn bis 2 min nach Beginn des Hauptmelkens alle 30 s eine Blutprobe entnommen. Auf diese Weise berücksichtigt man auch das besondere Interesse im Hinblick auf die Ocytocinfreisetzung bei der manuellen bzw. maschinellen Vorstimulation.

4.2.1.2 Einfluß des Alters auf die Ocytocinfreisetzung

Bei Betrachtung der Einzelkuh-Reaktionen in den Mittelwertkurven der Abbildungen 14 bis 18 scheint, daß - unabhängig von den verschiedenen Stimulationsmethoden - mit zunehmender Laktationsnummer die Ocytocinfreisetzung zurückgeht. Im Vergleich zu den leichtmelkenden Jungkühen 1 und 2 sind die Ocytocinkonzentrationen der Kühe 3 (3. Laktation), 4 (2. Laktation) und 5 (7. Laktation) als gering einzustufen. Weitere Versuche in verschiedenen Laktationsstadien und -nummern müßten beweisen, ob es mit häufigerem Stimulations- und Melkreiz zu einer sich abzeichnenden Desensibilisierung der Tiere kommt, oder ob die Mittelwertkurven der Ocytocinprofile mit ihrer starken Streuung je Behandlung und Melkzeit diesen Einfluß nur vortäuschen.

4.2.1.3 Auswirkungen einer modifizierten Vorstimulation auf die Ocytocinfreisetzung und Milchhergabe

Eine Besonderheit dieses Versuchs stellt die Abb. 21 dar, die das Ocytocinprofil und die dazugehörige Milchflußkurve der Kuh 5 bei 40 s Euterreinigung und 20 s Druckluftpulsation während der Behandlung mit 60 s Druckluftpulsation wiedergibt. Die Abweichung vom Versuchsplan war erforderlich, weil die Zitzen der Kuh derart schmutzig waren, daß ohne intensive Säuberung keine Milch hätte ermolken werden können. Die Ocytocinfreisetzung steigt in der Vorstimulationsphase (Abb. 21) steil an, und der parallel zur 20 s Druckluftpulsation einsetzende Milchfluß erreicht schnell ein hohes Niveau, wodurch ein für diese Kuh relativ kurzes Nachgemelk die Milchhergabe beendet.

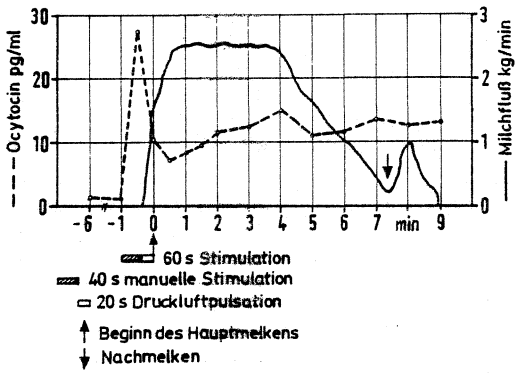


Abb. 21: Ocytocinprofil und Milchflußkurve bei 40 s Euterreinigung und 20 s Druckluftpulsation während der Behandlungsperiode 60 s Druckluftpulsation von Kuh 5

Betrachtet man dagegen in Abb. 18 die Mittelwertkurve mit der geringen Ocytocinfreisetzung von Kuh 5 bei der Druckluftpulsation und berücksichtigt den dabei häufig spät einsetzenden niedrigen Milchfluß mit langem Nachgemelk (siehe Abb. 20), so wird sehr deutlich, daß diese Kuh auf die Berührungsreize der Handstimulation äußerst sensibel reagiert. Offensichtlich verweigerte Kuh 5 mit ihren langen dicken Zitzen bei der Vorstimulation mit Druckluft in der Entlastungsphase die Milchhergabe, weil das

Zusammendrücken der Zitzen für sie unangenehm war. Damit wäre für diese Kuh eine manuelle Vorstimulation zur Schaffung einer guten Melkbereitschaft gegenüber der Druckluftpulsation vorzuziehen. Um die relative Vorzüglichkeit von Stimulationsvarianten in Kurzzeitversuchen zu prüfen, wäre es dienlich, die Reihenfolge der Behandlungen in einem weiteren Versuch umzudrehen.

4.2.2 Einfluß der Zitzenbeschaffenheit auf Ocytocinfreisetzung und Milchhergabe

Daß nicht nur eine schnelle Ocytocinfreisetzung nach erfolgter Vorstimulation von positiver Auswirkung auf die Milchhergabe ist, beweist folgende Tatsache: bei den Jungkühen 1 und 2 konnte man jeweils an 4 von 7 Melkzeiten am Ende der Druckluftpulsationsphase das Abmelken der Zisternenmilch feststellen. Von diesem Zeichen mangelnder Stimulation bei Druckluftapplikation in der Entlastungsphase waren ausschließlich Kühe mit kurzen dünnen Zitzen betroffen. Weiterhin bestätigen sich diese Beobachtungen bei der Intervall-Druckluftpulsation, wobei diese Variante viermal bei Kuh 1 und zweimal bei Kuh 2 das Abmelken der Zisternenmilch erkennen ließ. Mit zweimaligem Vorkommen bei Kuh 2 war die Vibrationspulsation von den maschinellen Stimulationsvarianten relativ am besten. Nach der einminütigen Handstimulation ereignete sich dagegen kein einziges Mal dieser als allgemein unerwünscht zu bezeichnende Vorgang. Die Zusammenhänge lassen vermuten, daß das Melkvakuum in der Druckluft-Stimulationsphase den gut melkenden Jungkühen die Zisternenmilch entzieht, aber deren kleine Zitzen nur unzureichend von der Keilkraft des Zitzengummis massiert werden können. In Abb. 22 ist die dazugehörige Ocytocinkurve der Kuh 1 zum Abmelken der Zisternenmilch bei der Druckluftpulsation dargestellt.

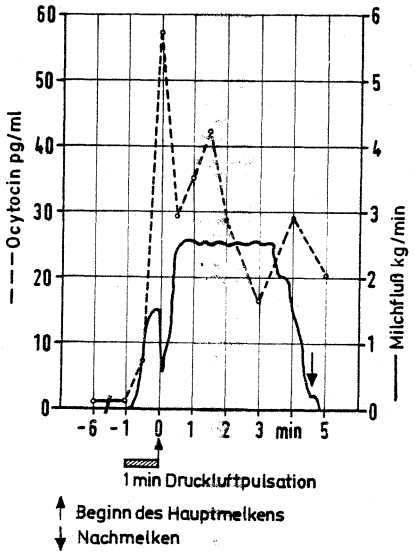


Abb. 22: Ocytocinprofil und Milchflußkurve zum Abmelken der Zisternenmilch in der Druckluftpulsationsphase bei Kuh 1

Erstaunlich ist, daß trotz der geringen maschinellen Berührungsreize an den kleinen Zitzen ein so steiler Ocytocinanstieg in der Druckluft-Stimulationsphase stattfand, aber dennoch die Zisternenmilch abgemolken wurde. Eigentlich deutet ein schnell erreichtes hohes Ocytocinniveau auf eine ausreichende Stimulation und folglich Melkbereitschaft der Kuh hin, die von einem lückenlosen Übergang der Zisternen- und Alveolarmilch gekennzeichnet ist. Demnach wird bei der Druckluftpulsation den leichtmelkenden Tieren in der einminütigen Stimulationsphase die Zisternenmilch abgemolken, weil das in die Blutbahn freigegebene Ocytocin zwar an der vena jugularis (Halsvene) in hochkonzentrierter Form gemessen wurde, aber in der kurzen Zeit noch nicht die spezifischen Rezeptoren im Euter zur Milchejektion veranlaßte. Dieser Sachverhalt gilt ebenfalls für das Abmelken der Zisternenmilch bei der Intervall-Druckluftpulsation. Im Gegensatz dazu konstruierte man die Vibrationspulsation absichtlich so, daß bei fast zusammengedrücktem vibrierendem Zitzengummi nicht richtig gemolken wird, und somit die Zisternenmilch in der Regel nicht vor Einschießen der Alveolarmilch, also zu Beginn des Hauptmelkens, vollständig entzogen wird. Die manuelle Vorstimulation von 60 s schaffte dagegen ausnahmslos eine vollwertige Milchejektion,

weshalb der Übergang von der Zisternen- zur Alveolarmilch zu Beginn des Hauptmelkens an den Milchflußkurven nicht sichtbar wurde.

Eine andere Erklärung für das Abmelken der Zisternenmilch wäre: in der Entlastungsphase mit Druckluft wird die Zitzenspitze nur teilweise fest zusammengepreßt, und das Melkvakuum in der Saugphase entzieht den leichtmelkenden Jungkühen die Zisternenmilch, wobei diese Vorgänge zur Ocytocinfreisetzung beitragen. Diese Theorie stimmt mit den Beobachtungen von WEHOWSKY et al. 1982 (59) überein, die den Stimulationseffekt der Pulsierung an der signifikant erhöhten ejizierten Alveolarmilchmenge nachweisen konnten. Ob allerdings das Melkvakuum selbst, die ausströmende Zisternenmilch und/oder ein geringer Druckabfall in der Milchdrüse die Stimulation begünstigen, bleibt noch zu klären. In diesem Zusammenhang spielt als Nebeneffekt der Vorstimulation offensichtlich die Beschaffenheit der Zitzen eine wichtige Rolle für die optimale maschinelle Milchgewinnung. Beispielsweise bewirkten die Euterreinigung und Massage der Zitzen bei der Handstimulation nicht nur den steilsten Ocytocinanstieg, sondern induzierten neben dem zunehmenden Euterinnendruck eine verstärkte Blut- und Lymphversorgung der Zitzen, die sie in einen erektionsartigen Zustand versetzte. Auf diese Weise wird der Sitz und die Haftung des Melkbechers verbessert sowie insbesondere dem Klettern und der damit verbundenen frühzeitigen mechanischen Einschränkung des Milchflusses entgegengewirkt. Den Nachweis dieses "mechano-physiologische" Komplexes, der für den optimalen Einsatz der modernen Melktechnik bedeutend ist, lieferten SCHAMS et al. 1983 (40). Es gelang ihnen die Milchejektion auszulösen, indem sie den Kühen physiologische Mengen an Ocytocin injizierten, gleichzeitig aber auf eine taktile Stimulation verzichteten. Trotz der hohen Ocytocinkonzentration im Blut lag das hiermit erzielbare Milchhergabeverhalten weit hinter dem des Melkens nach manueller Vorstimulation zurück. Diesbezügliche Probleme in den maschinellen Stimulationsphasen erhärtet auch die Feststellung, daß von 7 Melkzeiten

- zweimal Kuh 2 bei der Vibrationspulsation
- einmal Kuh 1 bei der Druckluftpulsation

- dreimal Kuh 4, einmal Kuh 1 und einmal Kuh 2 bei der Intervall-Druckluftpulsation

jeweils ein Melkbecher Luft ansaugte und folglich abzufallen drohte.

Das Vorkommen von Leckluft ereignete sich wieder vorwiegend an den kurzen dünnen Zitzen von Jungkühen, was sicherlich durch die schlechte Haftung des Melkzeuges hervorgerufen wurde. Auf der anderen Seite war die Druckluftpulsation für die älteren schwermelkenden Kühe 3 und 5 aufgrund ihrer langen dicken Zitzen vermutlich nicht ganz schmerzlos: die Zitzen dieser Tiere waren nach dem Melken rötlich gefärbt und oval zusammengedrückt. Dies läßt auf eine manifeste mechanische Überbeanspruchung der Zitzen infolge der hohen Keilkraft des Zitzengummis bei Druckluftapplikation und relativ hohem Melkvakuum (50 kPa) schließen. Kuh 3 untermauerte diese These, da sie - vor allem bei der Intervall-Druckluftpulsation - öfters versuchte, das Melkzeug abzuschlagen.

4.3 Auswirkungen der Stimulation auf die Residualmilch und deren Fettgehalt

Um einen Anhaltspunkt für den Ausmelkgrad der unterschiedlichen Stimulationsmethoden zu bekommen, wurde im vorliegenden Versuch am letzten Abendgemelk der jeweiligen Behandlung mit 20 IE Oxytocin i.v. die Residualmilch gewonnen sowie deren Fettgehalt bestimmt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tab. 21: Anteil der Residualmilch (v. H. RM) und deren Fettgehalt (v. H. F) nach Tier und Behandlung

Behandlung	Merkmal	Kuh Nr. 1	2	3	4	5	Gruppenmittel
Handstimulation	(v.H. RM)	5,74	6,86	11,10	23,57	23,72	14,20
	(v.H. F)	6,30	5,40	5,70	11,10	11,40	8,55
Vibrationspulsation	(v.H. RM)	7,89	6,18	7,80	14,70	15,42	10,40
	(v.H. F)	7,80	5,76	7,68	9,90	10,20	8,27
Druckluftpulsation	(v.H. RM)	4,14	6,17	15,70	11,53	16,15	10,74
	(v.H. F)	6,30	6,00	8,40	9,30	11,55	8,31
Intervall-Druckluftpulsation	(v.H. RM)	5,52	6,29	10,43	10,91	19,90	10,57
	(v.H. F)	6,90	6,45	8,55	8,10	9,00	7,80

Eine statistische Auswertung der Ergebnisse mit dem paarweisen t-Test von AUERNHAMMER 1978 (73) ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stimulationsmethoden bezüglich des Anteils an Residualmilch und dessen Fettgehalt.
Überraschend ist der vergleichsweise hohe Residualmilchanteil bei der Handstimulation, den die Kühe 4 und 5 maßgeblich beeinflußten. Beim Betrachten der Einzelkühe fällt auf: je älter die Kühe sind (Kuh 3, 4 und 5), umso höher ist der Anteil der Residualmilch und deren Fettgehalt. Zum selben Ergebnis kamen auch ANDREAE et al. 1972 (2) in ihren Untersuchungen.
Die Gruppenmittel der drei maschinellen Stimulationsvarianten zeigen in Tab. 21 untereinander nur geringe Abweichungen bei den Gradmessern der Euterentleerung. Der Unterschied war jedoch nicht einmal zwischen der Handstimulation und allen anderen Stimulationsmethoden statistisch signifikant. Davon ist in erster Linie die große Streuung bei nur einmaliger Erfassung dieser Merkmale je Behandlung und Kuh im vorliegenden Kurzzeitversuch ausschlaggebend gewesen. Somit wäre es aussagekräftiger, die relative Größe des Residualgemelks und ihres Fettgehaltes

in Versuchen mit mehrmaliger Bestimmung dieser Merkmale anzustreben, um daraus genauere Erkenntnisse über den Einfluß der Stimulation auf den Euterentleerungsgrad zu gewinnen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden drei maschinelle Stimulationsvarianten - 60 s Vibrationspulsation, 60 s Druckluftpulsation bzw. Intervall-Druckluftpulsation - mit der herkömmlich für optimal angesehenen 60 s Handstimulation hinsichtlich der Milchhergabe und Ocytocinfreisetzung verglichen.
Die einminütige maschinelle "Vibrationspulsation" stimulierte die Zitzen, indem der Pulsator bei ca. 300 Zyklen/min das Zitzengummi in fast geschlossenem Zustand vibrieren ließ. Das anschließende Hauptmelken erfolgte analog zur "Handstimulation" (Euterreinigung, Vormelken, Abtrocknen, Scheinmelkgriffe) mit 60 Zyklen/min und 70 v. H. Saugphase. Um den Massagedruck des Zitzengummis während der Entlastungsphase zur Erzielung von Stimulationseffekten zu verstärken, wurden bei der "Druckluftpulsation" unmittelbar nach dem Ansetzen des Melkzeuges zeitgesteuert (1 min) und zyklisch 50 kPa Druckluft über den Pulsator der Melkmaschine in den Pulsraum eingeleitet. Eine neuere Stimulationsvariante mit Druckluft - die "Intervall-Druckluftpulsation" - applizierte nicht konzentriert vor dem Melken oder zu Melkbeginn, sondern intervallmäßig in der Entlastungsphase je 5 s Druckluft (50 kPa), gefolgt von 10 s atmosphärischer Luft im Wechsel mit Vakuum während des gesamten Melkprozesses. Die beiden Druckluftvarianten arbeiteten verfahrensspezifisch mit der Pulsierung von 50 Zyklen/min und 50 v. H. Saugphase. Das Melkvakuum blieb bei allen vier Stimulationsvarianten konstant bei 50 kPa Nennvakuum.

Jede der vier Behandlungsperioden setzte sich aus einer Eingewöhnungszeit von 9 Melkzeiten und dem anschließenden Hauptversuch von 7 Melkzeiten zusammen. Beim letzteren wurden neben den regelmäßigen Aufzeichnungen der Milchflußkurven auch die Blutproben für die radioimmunologische Bestimmung des Ocytocins und der Fettgehalt erfaßt. Die Ergebnisse stammen von 5 Braunviehkühen, die sich im mittleren Laktationsstadium befanden. Das Leistungsniveau der Tiere lag etwas über 10 kg je Kuh und Melkzeit bei einer Abweichung von ca. $\pm$1 kg.

Im Maschinengesamtgemelk, dessen Fettgehalt wie auch im Maschinenhauptgemelk wiesen - wie im Kurzzeit-Versuch zu erwarten - die vier Behandlungen nur unbedeutende Unterschiede auf. Das Maschinennachgemelk und der Arbeitsaufwand hierfür waren durch einige schwermelkende Kühe bei allen Stimulationsvarianten untypisch hoch ausgefallen. Somit scheint die Betrachtung des arbeitswirtschaftlich außerordentlich wichtigen Nachgemelkverhaltens für das vorliegende Material nicht angebracht.

Die kürzeste Gesamtgemelk- bzw. Hauptgemelkzeit verzeichnete die Vibrationspulsation, die sogar geringfügig schneller als die Handstimulation und signifikant kürzer als die Druckluftpulsation melkte. Die weitaus längste Zeit benötigte das Melkzeug mit intervallmäßiger Druckluftpulsation.

Von den vorgenannten Mengen- und Zeitmerkmalen leitet sich insbesondere das durchschnittliche Minutenhauptgemelk ab, worin zwischen allen Behandlungen signifikante Unterschiede auftraten. Da dieses Merkmal unabhängig vom nicht repräsentativen Nachgemelkverhalten errechnet wird, besitzt es eine relativ große Bedeutung in der vorliegenden Arbeit. Hierbei erreichte - um Pulsationsunterschiede korrigiert - die Vibrationspulsation einen um 17 v. H. bzw. die Handstimulation einen um 8 v. H. höheren Wert als die Druckluftpulsation. Den geringsten Milchfluß in der Hauptgemelkphase hatte die Intervall-Druckluftpulsation, der sogar um 21,5 v. H. niedriger als bei der Druckluftpulsation war.

Beim durchschnittlichen Minutengemelk sowie höchsten Milchfluß wiesen Handstimulation und Vibrationspulsation ziemlich gleichwertige Ergebnisse auf, denen mit deutlicher Verschlechterung die Druckluftpulsation und letztlich die Intervall-Druckluftpulsation folgten. Die Zeit bis zum Erreichen des höchsten Milchflusses brachte bei Vibrations- und Druckluftpulsation nahezu dieselben Werte, wogegen die Handstimulation vergleichsweise weniger bzw. die Intervall-Druckluftpulsation mehr Zeit beanspruchte.

Die radioimmunologische Bestimmung des Ocytocins vor Beginn der Stimulation ließ in keinem Fall auf bedingt reflektorische Ocytocinfreisetzungen schließen: erst nach Verabreichung manueller bzw. maschineller Zitzenstimulation und dem einsetzenden Milchfluß fanden beträchtliche Erhöhungen der niedrigen Basiswerte (1 bis 2 pg/ml) statt. Den durchschnittlich steilsten Ocytocinanstieg verzeichnete die Handstimulation, der jedoch maßgeblich von den sehr hohen Konzentrationen einer Kuh beeinflußt war. Ohne Berücksichtigung dieser sensiblen Kuh bei der Handstimulation ergaben sich analog zur Vibrations- bzw. Druckluftpulsation zu Beginn des Hauptmelkens 15 bis 17,5 pg/ml Ocytocin im Plasma. Dieselbe Ocytocinkonzentration erreichte die Intervall-Druckluftpulsation, nur war der Anstieg aufgrund der unterlassenen Vorstimulation um eine Minute verspätet, was sich entsprechend ungünstig auf das Milchhergabeverhalten auswirkte. Innerhalb und zwischen den Tieren war ein regelmäßiger, aber unterschiedlich starker Ocytocinanstieg während der Stimulationsphase bzw. zu Melkbeginn festzustellen. Offensichtlich bewirkt das Überschreiten eines tierindividuellen und möglicherweise jeweils verschiedenen Schwellenwertes den Ablauf der Milchejektion. Im Vergleich zur hohen Reproduzierbarkeit der Milchflußkurven je Kuh sowie Behandlung und Melkzeit streuten die dazugehörigen Ocytocinprofile relativ stark.

Obwohl eine beachtliche Ocytocinfreisetzung in der maschinellen Stimulationsphase stattfand, wurde bei leichtmelkenden Jungkühen häufig die Zisternenmilch abgemolken. Demnach war die Melkkraft zu Beginn der Druckluft- bzw. Intervall-Druckluftpulsation so groß, daß noch vor der Wirkung des Ocytocins - dem Einschießen der Alveolarmilch - der Milchfluß den unerwünschten Einbruch (bimodalen Verlauf) zeigte. Seltener ereignete sich dieser Vorgang bei der Vibrationspulsation, da die "schwebende" Bewegung des Zitzengummis ein normales Melken verhinderte.

Je nach Beschaffenheit der Zitzen traten unterschiedliche Auswirkungen der maschinellen Stimulationsvarianten hervor; die kurzen dünnen Zitzen der leichtmelkenden Jungkühe wurden zwar

weniger kräftig vom Zitzengummi massiert, jedoch entzog ihnen das möglicherweise zusätzlich stimulierende Melkvakuum zügig die Milch. Die meist älteren Kühe mit langen dicken Zitzen sperrten dagegen die Milchhergabe während der Druckluftphase. Eine längere intervallmäßige Anwendung von Druckluft unterdrückte den Milchfluß, führte zu längeren Melkzeiten, erschwerte das Maschinennachgemelk und deformierte die Zitzen oval.

Die Kontrolle des Ausmelkgrades anhand des Residualmilchanteils und dessen Fettgehalt erbrachte keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Behandlungen, was vermutlich auf den relativ kurzen Zeitraum in Verbindung mit nur einmaliger Probeentnahme zurückzuführen ist.

Insgesamt zeigen die durchgeführten Versuche, daß eine vollwertige maschinelle Vorstimulation auf in das Melkzeug integriertem Wege zu erreichen ist. Diese Aussage trifft insbesondere auf das Verfahren der Vibrationspulsation zu, und gilt hinsichtlich der Ocytocinfreisetzung auch teilweise für die Druckluftpulsation. Demgegenüber erscheint die Intervall-Druckluftpulsation deutlich unterlegen.

Weitere Versuche sollten durchgeführt werden, um die Langzeitwirkungen der Verfahren zu überprüfen, wobei auch Kriterien wie "Zitzenkondition" und "Leistungsverhalten" mit in die Betrachtungen einzubeziehen sind. Ebenso ist die Frage der mechanischen Stimulierbarkeit kleiner Zitzen bei guter Melkzeughaftung sicherzustellen.

6 Literaturverzeichnis

1. ANDERSON, R. R., G. A. HINDERY, V. PARKASH und C. W. TURNER: Effectivness of subcutaneously administrated Ocytocin upon removal of residual milk. J. of Dairy Sci. 51 (1968), S. 601 - 605

2. ANDREAE, U. und U.-E. PFLEIDERER: Überprüfung der Euterentleerung durch Residualgemelke von Kühen bei Anbindestall- und Boxenlaufstallhaltung. Milchwissenschaft 27 (1972) Heft 10, S. 629 - 634

3. ARMSTRONG, D. V. und T. W. WEGNER: The effect of compressed air stimulation on several parameters of milk production. American Dairy Science Association annual meeting, Blacksburg, 15 - 18. June (1980)

4. AUERNHAMMER, H.: Verfahrenswerte für die Milchviehhaltung. Sonderdruck aus: Tätigkeitsbericht 1981, Berichte über die Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan am 11. Nov. (1981), S. 106.- 122

5. BRANDSMA, S.: The relation between milking, residual milk and milk yield. Proceedings of the international Symposium on Machine Milking Louisville, National Mastitis Council Washington/DC, USA (1978), S. 47 - 56

6. BUCHHOLZ, C.: Der Euterinnendruck als Merkmal für die Beurteilung der Qualität des maschinellen Milchentzugs. Diss., Stuttgart (1977)

7. EBENDORFF, W., G. WEHOWSKY, K.-H. STORCH und H. LOHR: Auswirkungen eines zeitweiligen Unterlassens des Nachmelkens bei Kühen. Monatshefte für Veterinärmedizin 35 (1980), S. 907 - 912

8. EBENDORFF, W.: Richtiges Ausmelken sichert hohe und stabile Milchleistungen. Tierzucht 36 (1982) Heft 5, S. 230 - 231

9. FROMMHOLD, W.: Untersuchungen zum Einfluß von Druck- und Temperaturreizen auf Geschwindigkeit und Vollständigkeit des maschinellen Milchentzuges. Tierzucht 27 (1973) Heft 2, S. 76 - 78

10. FROMMHOLD, W. und G. WEHOWSKY: The automation of stimulation and stripping. Proceedings of the international Symposium on Machine Milking Louisville, National Mastitis Council Washington/DC, USA (1978), S. 378 - 387

11. GERBER: Butyrometrische Fettbestimmung. Aus: F. Kiermaier und E. Lechner in: "Milch und Milcherzeugnisse", Verlag Paul Parey, Berlin Hamburg (1973), S. 229 - 230

12. GERSTER, G.: Über die Wirkung unterschiedlicher Applikationsformen von Ocytocin auf die Erfassbarkeit, Genauigkeit und Ausprägung der Residualmilch. Diss., Stuttgart (1977)

13. GOFF, K. R. und G. H. SCHMIDT: Effect of eleminating machine stripping of dairy cows on milk production, residual milk and mastitis, J. of Dairy Sci. 50 (1967) Heft 11, S. 1787 - 17 91

14. GRAF, R. und W. GEDEK: Melkmaschinenbedingte Läsionen der Zitzenenden des Rindes - Beziehungen zur Eutergesundheit. Tierärztliche Umschau 38 (1983), S. 75 - 80

15. HEINL, B.: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation. Diss., TU-München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik (1981)

16. HOFFMANN, H.-W. und A. HEINZE: Untersuchungen zur Stimulationswirkung von Wärmereizen beim Melken von Kühen unter Anwendung erwärmter Einraumbecher. Monatshefte für Veterinärmedizin 34 (1979), S. 130 - 133

17. HOFFMANN, H.-W. und H. TREBUS: Vergleich von Pulsationsverhältnissen 50:50 und 70:30 %. Beiträge zum wissenschaftlichen Kolloquium der Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Univ. Leipzig und des VEB Anlagenbau Impulsa-Elsterverda im Kombinat Fortschritt Landmaschinen über "Aktuelle Fragen des maschinellen Melkens", Leipzig, 18. und 19. Juni (1980), S. 85 - 91

18. KATONA, F. und J. MÉSZÁROS: Veränderungen des Zitzenkanals im Euter der maschinell gemolkenen Kühe. Acta Vet. Hung. 21 (1977), S. 177 - 194

19. KOHLSCHMIDT, D., M. GABRIEL, G. WEHOWSKY, H. SCHULZE und J. LANDSMANN: Automatisierung des Nachmelkens bei Kühen. Deutsche Agrartechnik 21 (1971) Heft 4, S. 165 - 167

20. KOHLSCHMIDT, D., G. WEHOWSKY, J. LANDSMANN und A. HEINZE: Ergebnisse der Erprobung automatischer Nachmelkvorrichtungen unter Praxisbedingungen. Agrartechnik 28 (1978) Heft 11, S. 485 - 488

21. KOSHI, J. H. und W. E. PETERSEN: Complementary milk and its relationship to lactation. J. of Dairy Sci. 38 (1955), S. 788 - 794

22. MATTHES, H.-D. und H. SCHWIDERSKI: Ergebnisse und Erfahrungen bei der Anwendung der Druckluftstimulation in der Milchviehanlage Dedelow. Tierzucht 29 (1975) Heft 9, S. 410 - 412

23. MAYER, H.: Untersuchungen über die Ocytocinfreisetzung beim Rind während des Melkvorgangs unter besonderer Berücksichtigung der Vorstimulation. Diss., TU München-Weihenstephan: Institut für Physiologie der Laktation und Fortpflanzung (1983)

24. MIELKE, H.: Neue Ergebnisse der Untersuchungen über Milchejektionshemmungen. Monatshefte für Veterinärmedizin 36 (1981) Heft 14, S. 525 - 530

25. PHILLIPS, D. S. M.: Changes in intramammary pressure and distribution of milk in the udder due to withdrawal at varying intervalls after establishment of the ejection reponse. New Zealand Journal of agricultural Research 11 (1968) Heft 47

26. PHILLIPS, D. S. M.: The role of environmental factors in stimulating the milk ejection reflex. Proceeding of the international Symposium on Machine Milking Louseville, National Mastitis Council, Washington/DC, USA (1978), S. 34 - 46

27. RABOLD, K.: Untersuchungen an Milchkühen über die Wirkung der Faktoren Pulsfrequenz, Pulsverhältnis und Melkvakuum beim maschinellen Melken auf Melkarbeit und Merkmale der Melkbarkeit. Habilitationsschrift, Stuttgart-Hohenheim (1967)

28. RABOLD, K., C. BUCHHOLZ, M. MAYNTZ und P. HUCK: Über die Ausprägung von Maschinennachgemelken und ihre Auswirkung beim maschinellen Milchentzug. Die Milchpraxis 15 (1977) Heft 5, S. 28 - 33

29. RABOLD, K., E. NEUMEISTER und J. HASCHKA: Melken, Milchgewinnung und Milchqualität. Schriftenreihe der Niederösterreichischen Landwirtschaftskammer, Wien (1981)

30. RABOLD, K.: Milchgewinnung. Aus: Die Milch; Hrsg. H. O. Gravert, Ulmer-Verlag, Stuttgart (1983), S. 165 - 210

31. REINHARDT, F., L. DEMPFLE, M. SANTOS-CRISTAL: How to include milkability in dairy cattle breeding. European Association of Animal Production-Commission on Animal Genetics, Paper for the meeting in Leningrad (1982)

32. RUDOWSKY, H.-J., G. WEHOWSKY, W. BEUCHE und W. EBENDORFF: Vergleichende Untersuchungen zum Nachmelken. Monatshefte für Veterinärmedizin 33 (1978) Heft 6, S. 223 - 226

33. SAGI, R., R. C. GOREWIT, W. G. MERRILL und D. B. WILSON: Premilking stimulation effects on milking performance and ocytocin and prolactin release in cows. J. of Dairy Sci. 63 (1980) Heft 5, S. 800 - 806

34. SAGI, R., N. R. SCOTT und R. C. GOREWIT: Interaction between stimulation and machine milking. American Society of Agricultural Engeneers at the Summer Meeting, 15. bis 17. Juni (1980), San Antonio USA

35. SAGI, R., R. C. GOREWIT und S. A. ZINN: Milk ejection in cows mechanically stimulated during late lactation. J. of Dairy Sci. 63 (1980) Heft 11, S. 1957 - 1960

36. SCHAMS, D. und S. BÖHM: Einfluß von Melkreiz, Manipulationen am Euter, Genitalreizung und exogener Ocytocinzufuhr auf den Blutspiegel von Prolaktin beim Rind. Milchwissenschaft 27 (1972) Heft 5, S. 300 - 305

37. SCHAMS, D., B. SCHMIDT-POLEX und V. KRUSE: Ocytocin determination by RIA in cattle; I. Method and preliminary physiological data. Acta Endocrinolog. 92 (1979), S. 251 - 270

38. SCHAMS, D. und H. MAYER: Persönliche Mitteilung (1983), unveröffentlichtes Manuskript

39. SCHAMS, D.: Milchbildung. In: Die Milch; Hrsg. H. O. Gravert, Ulmer-Verlag (1983), S. 139 - 164

40. SCHAMS, D., H. MAYER und H. WORSTORFF: Hormone und Melken. Der Tierzüchter 35 (1983) Heft 4, S. 137 - 144

41. SCHAMS, D.: Ocytocin determination by radioimmunoassay; III. improvement to subpicogram sensitivity and application to cyclic blood levels in cattle. Acta Endocrinolog. (Kopenhagen), im Druck 1983

42. SCHMIDT-POLEX, B., D. SCHAMS und H. KARG: Prolaktin - neben Ocytocin ein Indikatorhormon für neuroendokrine Vorgänge bei der Stimulation der Milchdrüse. Deutsche Molkereizeitung, Sonderdruck (1976)

43. SCHMIDT-POLEX, B.: Untersuchungen über Prolaktin als Parameter bei der Zitzenstimulation und beim Melkvorgang sowie als essentielles Hormon für die Laktationsinduktion beim Rind. Diss., TU München-Weihenstephan (1977)

44. SCHWIDERSKY, H. und H.-D. MATTHES: Untersuchungen zum Anrüstbedarf bei Milchkühen. Tierzucht 26 (1972), S. 254 - 257

45. SENFT, B., F. KLOBAS und U. E. PFLEIDERER: Physiologische und umweltbedingte Einflüsse auf den Anteil an Komplementärmilch bei Kühen, Züchtungskunde 46 (1974) Heft 4, S. 265 - 273

46. SMITH, J. H., R. E. PEARSON und P. D. THOMPSON: Eliminating stripping in machine milking. J. of Dairy Sci. 7 (1977) Heft 9, S. 781 - 787

47. STANZEL, H. und D. SCHULZ: Melkwagen. Bau- und Funktionsbeschreibung, Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan (1980), unveröffentlicht

48. SWANSON, E. W. und S. A. HINTON: Residual milk from ocytocin injections throughout the lactation. J. of Dairy Sci. 34 (1951), S. 419 - 425

49. THALHEIM, C., F. UHLMANN, H. LOHR und G. WEHOWSKY: Auswirkungen unterschiedlicher Latenzzeiten beim Milchejektionsreflex zwischen Kühen einer Herde auf die automatische Stimulierung der Tiere. Monatshefte für Veterinärmedizin 28 (1973) Heft 10, S. 371 - 375

50. THUM, E., J. VOIGT und F. UHLMANN: Verfahren zur Bestimmung der Euterreinheit. Beiträge zum wissenschaftlichen Kolloquium der Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Univ. Leipzig und des VEB Anlagenbau Impulsa-Elsterverda im Kombinat Fortschritt Landmaschinen über "Aktuelle Fragen des maschinellen Melkens", Leipzig, 18. und 19. Juni (1980), S. 93 - 99

51. TOLLE, A. und J. HAMANN: Der pulsierungsfreie Milchentzug mit Mantelluftstrompolster im Einraumsaugbecher. Berichte über Landwirtschaft, 190. Sonderheft (1975), S. 72 - 92

52. TOLLE, A.: Hygiene der Milch. Aus: Die Milch; Hrsg. H. O. Gravert, Stuttgart, Ulmer-Verlag (1983), S. 211 - 306

53. TÓTH, L.: Technische und biologische Voraussetzungen für das maschinelle Melken von Kuhbeständen hoher Milchleistung. Beiträge zum wissenschaftlichen Kolloquium der Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Univ. Leipzig und des VEB Anlagenbau Impulsa-Elsterverda im Kombinat Fortschritt Landmaschinen über "Aktuelle Fragen des maschinellen Melkens", Leipzig, 18. und 19. Juni (1980), S. 59 - 68

54. TRÖGER, F.: Wirksame Stimulation zur Auslösung des Milchejektionsreflexes ("Anrüsten") als Voraussetzung für hohe Milcherträge und gesunde Euter. Monatshefte für Veterinärmedizin 36 (1981) Heft 15, S. 521 - 525

55. TUCKER H. A.: The role of physiological factors in stimulating the milk ejection reflex. Proceedings of the international Symposium on Machine Milking Louisville, National Mastitis Council, Washington/DC, USA (1978), S. 21 - 33

56. VELITOK, I. G.: Physiology of milk secretion in machine milking. Kiew (1974), Edit. V. S. Kothekar, Springfield, USA (1977)

57. WEHOWSKY, G., D. KOHLSCHMIDT und H.-W. HOFFMANN: Modellvorstellungen über die Entstehung und Gewinnungsmöglichkeiten von Nachmilch und Ergebnisse eines Versuches mit automatischer Nachmelkvorrichtung. Monatshefte für Veterinärmedizin 28 (1973), S. 733 - 738

58. WEHOWSKY, G., F. TRÖGER, H. LOHR und W. FROMMHOLD: Über die Auswirkungen des Arbeitsganges "Stimulieren" zur Auslösung des Milchejektionsreflexes beim maschinellen Melken. Monatshefte für Veterinärmedizin 29 (1974) Heft 15, S. 581 - 586

59. WEHOWSKY, G., F. TRÖGER, H. LOHR, P. MORITZ, D. BOTHUR und H.-W. HOFFMANN: Einfluß biotechnischer Maßnahmen auf Milchejektion und Laktation. Wiss.-Zeitung der Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.- Naturwiss. R. 31 (1982) Heft 5, S. 440 - 448

60. WEHOWSKY, G., D. BOTHUR, R. LANDGRAF, P. MORITZ und A. SCHUMANN: Intervall-Druckluftpulsation - Eine neue Stimulationsvariante insbesondere für Stallmelkanlagen. Monatshefte für Veterinärmedizin 37 (1982), S. 543 - 548

61. WHITTLESTONE, W. G.: Intramammary pressure changes in the lactating cow. Journal of Dairy Research 21 (1954) Heft 19

62. WHITTLESTONE, W. G.: The physiology of lactation. Proceedings of the international Symposium on Machine Milking, Louisville USA (1978), S. 3 - 20

63. WHITTLESTONE, W. G.: Stimulation and milk production. Milchwissenschaft 35 (1980) Heft 5, S. 166 - 170

64. WHITTLESTONE, W. G.: Stimulation und Mechanisierung des Melkens. Monatshefte für Veterinärmedizin 35 (1980), S. 898 - 901

65. WHITTLESTONE, W. G., G. WEHOWSKY, F. TRÖGER, W. KEWEY und W. FROMMHOLD: Neuseeländische Untersuchungen zur Wirkung der Druckluft-Pulsation auf Milchertrag und Eutergesundheit. Monatshefte für Veterinärmedizin 35 (1980), S. 902 - 907

66. WÖRLE, L.: Schätzung genetischer Parameter bei Hauptgemelk und maschinellem Nachgemelk am Fleckvieh; Bericht über den Stand des Versuchs und erste Ergebnisse. Institutsbericht des Lehrstuhls für Tierzucht Weihenstephan (1978), unveröffentlichtes Manuskript

67. WÖRLE, L.: Schätzung genetischer Parameter bei Hauptgemelk und maschinellem Nachgemelk an Fleckvieh unter Einbeziehung von Eutermaßen; Bericht über den Stand der Auswertungen. Institutsbericht des Lehrstuhls für Tierzucht Weihenstephan (1982), unveröffentlichtes Manuskript

68. WORSTORFF, H., D. SCHAMS, A. PREDIGER und H. AUERNHAMMER: Zur Bedeutung der Stimulation beim Melken. Milchwissenschaft 35 (1980) Heft 3, S. 141 - 144

69. WORSTORFF, H.: Persönliche Mitteilung (1983), unveröffentlichtes Manuskript

70. ZAKS, M. G.: The motor apparatus of the mammary gland. Edit. A. T. Cowie; Charle C. Thomas, Springfield, II, USA (1962)

71. ZINN, S. A., R. C. GOREWIT und R. SAGI: Milking responses of cows given premilking stimulation at four lactational stages. J. of Dairy Sci. 65 (1982), S. 668 - 871

72. -- DIN ISO 3918: Melkanlagen, Begriffe. Normenausschuß Maschinenbau im Deutschen Institut für Normung, Vorlage 3.82 (1983)

73. -- DIN ISO 5707: Melkanlagen, Konstruktion und Leistung. Normenausschuß im Deutschen Institut für Normung, Vorlage Jan. (1983)

EDV-Programme:

74. AUERNHAMMER, H.: TTESTP (paarweiser t-Test). Programmbibliothek Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan (1978)

75. AUERNHAMMER, H.: MIKANP. Programm zur Milchflußkurvenanalyse. Programmbibliothek Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan (1979)

76. BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN: Varianzanalyse. Programmbibliothek Institut für Landtechnik, TU München-Weihenstephan