

Morphologie der Zitze und melktechnische Parameter

Prof. Dr. S. Geidel & K. Graff, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)

Zusammenfassung

Die züchterischen und melktechnischen Parameter im Hinblick auf die Zitzenmorphologie müssen zukünftig in stärkerem Zusammenhang gesehen werden. Eine Verkürzung der Zitzen unter 5 cm sowie eine Verringerung des Durchmessers ist nicht anzustreben, da diese Veränderungen technisch nicht abfassbar sind. Kürzere Zitzen (mit einem ebenfalls kürzeren Strichkanal) weisen einen höheren Saugphasenanteil mit einem höheren Milchfluss aus. Die ausgewiesene bessere Melkbarkeit wird oftmals allein durch eine verkürzte Entlastungszeit erreicht. Aus diesem Grund können in der Beratung die Auswertung von Milchflusskurven im Zusammenhang mit einer Bonitierung der Zitzen sinnvoll sein. Aufgrund der starken Differenzierungen bei Zitzenlänge und Zitzendurchmesser innerhalb einer Herde sind Beratungen zum richtigen Zitzengummieinsatz weiterhin von Bedeutung.

1. Morphologische Merkmale der Zitze

Die Bedeutung der Zitzenmorphologie für den Prozess des maschinellen Milchentzuges ergibt sich durch die möglichen Probleme bei abweichenden Strichmaßen. So führt es bei kurzen und dünnen Strichen vermehrt zu Lufteinbrüchen und Rückspray mit einer Erhöhung des Infektionsrisikos. Lange Striche besitzen nachweislich eine schlechtere Eutergesundheit. Die Problematik der Lufteinbrüche tritt ebenfalls bei weit stehenden Zitzen (überwiegend der Vorderstriche) und bei sehr eng stehenden Strichen (Hinterstriche) auf. Bei den engstehenden und stark abgewinkelten Strichen kommt es außerdem zu Ansetzproblemen beim Roboter melken. Weitere Bedeutungen der Zitzenmorphologie liegen in ihren Beziehungen zur Eutergesundheit (u.a. Strichkanal und Zellzahl (Naumann 2001)) und Melkbarkeit (u.a. Strichkanal und höchster Milchfluss (Naumann 2001)) sowie in den Beziehungen der morphologischen Merkmale untereinander (Korrelationen zwischen Strichmaßen und Strichkanallänge). Als die wichtigsten morphologischen Merkmale der Zitze werden die Zitzenlänge, der Zitzendurchmesser, die Wandstärke, die Zitzenform und Kuppenformausbildung sowie die Ausprägung des Strichkanals in seiner Länge, Breite und Form angesehen. Auf einen Großteil dieser Merkmale wird im Kommenden eingegangen. Natürlich besitzen viele weitere Merkmale der Eutergestaltung einen Einfluss auf melktechnische Parameter; diese werden jedoch in dieser Abhandlung nicht genauer berücksichtigt. Als optimale Zitzenmaße werden folgenden Kennzahlen in Tabelle 1 angegeben. Der Bodenabstand der Zitzen sollte nach Wendt (2000) nicht weniger als 40 cm betragen und der Euterbodenabstand sollte größer als 49 cm sein

(Rudovsky et al. 1984). Wendt (2000) gibt als weiteres negatives Kriterium eine Zitzenwinkelung von über 10° vor.

Tabelle 1: optimale Zitzenmaße

	Wendt 2000	Rudovsky et al. 1984 Zitzendurchmesser
Zitzendurchmesser	25 – 35 mm	> 23 mm
Zitzenlänge	5 – 7 cm	> 6 cm
Abstand vorn	10 – 20 cm	
Abstand hinten	3 – 15 cm	

In ersten eigenen Untersuchungen in einer Herde (Schwarzbunt und Fleckvieh) ergaben sich folgende Maße (Tabelle 2). Aus diesen ersten Ergebnissen ergibt sich bereits die Tendenz, dass der Zitzendurchmesser bei den schwarzbunten Tieren bereits an der unteren Grenze der Empfehlung liegt und bei allen Tieren die Zitzenlänge um den empfohlenen Minimalwert schwankt. Es ergibt sich ebenfalls, dass die hinteren Zitzen im Durchschnitt 1 cm kürzer sind als die Vorderzitzen und somit bereits unterhalb des Minimalwertes von Wendt (2000) liegen. Für das Merkmal Zitzenabstand ergibt sich allein bei den Tieren der Rasse Fleckvieh eine Überschreitung des maximal empfohlenen Abstandes der Vorderstriche, welches u.a. zu Ansetzproblemen und Luft-einbrüchen führen kann.

Tabelle 2: Ergebnisse der ersten eigenen Untersuchungen (n=101)

	SB vorn	SB hinten	FV vorn	FV hinten
Zitzendurchmesser	24,4 mm	23,7 mm	26,8 mm	26,6 mm
Zitzenlänge	5,5 cm	4,3 cm	5,7 cm	4,6 cm
Zitzenabstand	17,8 cm	9,5 cm	21,2 cm	12,0 cm

Naumann (2001) führte u.a. Untersuchungen der Wandstärke an der Fürstenberg'schen Rosette und 10 mm oberhalb dieser sowie der Strichkanallänge per Ultraschall (n = 60) durch. Dabei ergaben sich geringere Wandstärken der Hinterzitzen gegenüber den Vorderzitzen, eine Verringerung der Wandstärken von der Fürstenberg'schen Rosette in Richtung Zitzenbasis sowie eine Verdickung der Wandstärken durch den Melkprozess, wobei sich die Hinterzitzen stärker als die Vorderzitzen verdicken. Die ermittelten Längen des Strichkanals sind in Tabelle 3 aufgezeigt.

Tabelle 3: Strichkanallängen vor und nach dem Melken (in mm)

		Mittelwert	Minimum	Maximum	Streuung
vorn	vor dem Melken	11,56	7,88	15,23	1,88
	nach dem Melken	13,53	9,49	16,89	2,03
hinten	vor dem Melken	10,87	6,58	14,76	2,31
	nach dem Melken	13,57	8,78	18,26	2,19

Auch bei der Strichkanallänge verdeutlicht sich der Zusammenhang zwischen den Vorderzitzen und den Hinterzitzen – die Strichkanallängen verhalten sich vergleichbar zu den Strichlängen. Dieser Zusammenhang wird durch eine mittlere Korrelation beider Merkmale bestätigt. Aus den Differenzen vor und nach dem Melken ergibt sich eine stärkere Verlängerung der Strichkanäle an den Hinterstrichen (2,2 – 3,5 mm) gegenüber den Vorderstrichen (1,6 – 1,9 mm).

2. Züchterische Bedeutung der Zitzenmorphologie

Neben melktechnischen Forderungen ergibt sich die Bedeutung der morphologischen Zitzenmerkmale für die Zucht aus den bestehenden Korrelationen zu anderen Zitzenmerkmalen, welche die Eutergesundheit und Melkbarkeit beeinflussen. Bei der Betrachtung der derzeitigen Wichtung der morphologischen Merkmale im Euterindex fällt auf, dass von den wichtigen morphologischen Zitzenmerkmalen nur die Strichlänge und die Strichplatzierung mit geringen Prozentanteilen in die züchterische Bewertung einfließt. Bei einer Auswertung der aktuellen Zuchtwerte anhand einer Stichprobe von 23 Bullen (SRV, September 2001) ergibt sich ein sehr differenziertes Bild in der Schwankungsbreite der betrachteten Merkmale. Dies wird als negativ gewertet, da durch die hohe Differenzierung der Merkmale eine Anpassung der Technologie nicht möglich ist. Die Schwankungen sind derzeit bei der Strichlänge am deutlichsten ausgeprägt (Streuung des Zuchtwertes Strichlänge von 69 bis 125), wobei sich der Mittelwert mit 100,08 gut an dem Zuchtziel (Zuchtwert 100 bis 110) orientiert. Die folgenden Korrelationen (mit $p < 0,01$) zwischen unterschiedlichen Zitzenmerkmalen wurden anhand von Erkenntnissen von Hebel (1978) in Tabelle 4 zusammengestellt. Aus den ermittelten Korrelationen ergibt sich eine Verlängerung des Strichkanals bei einer Verlängerung der Zitze bzw. bei einer Erhöhung des Zitzendurchmessers. Dieser Zusammenhang wird unterstützt durch die positive Korrelation zwischen Länge und Durchmesser der Zitze. Die Strichkanallänge besitzt eine geringe positive Korrelation zu Wandstärke und zum Strichkanaldurchmesser.

Tabelle 4: Korrelationen zwischen Zitzenmerkmalen

Zitzenlänge	:	Strichkanallänge	r = 0,494
Zitzendurchmesser	:	Strichkanallänge	r = 0,451
Wanddicke	:	Strichkanallänge	r = 0,270
Zitzenlänge	:	Zitzendurchmesser	r = 0,571
Strichkanallänge	:	Strichkanaldurchmesser	r = 0,285

Durch die bekannten Korrelationen und die aktuelle Streuung innerhalb der Zuchtwerte für Zitzenlänge ergibt sich gleichsam ein sehr differenziertes Bild bei dem Zitzendurchmesser, (welcher entscheidend für die Wahl des Zitzengummis ist) und bei der Ausprägung des Strichkanals (entscheidend für die Eutergesundheit und Melkbarkeit).

3. Zitzenmorphologie und Melkbarkeit

Eine der ersten umfangreichen Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen der Melkbarkeit (Leicht- und Schwermelker) und den Zitzenmerkmalen führte Luppnow (1959) durch. Die Zusammenhänge wurden in Tabelle 5 dargestellt. Die Melkbarkeit definierte er anhand des höchsten Minutengemelks (HMG) in Abhängigkeit von der Gesamtmilchmenge des Viertels (GMV). Bei 2 l GMV wird ein HMG von < 0,4 kg / min als schwermelkend und > 0,8 kg / min als leichtmelkend eingestuft. Bei 4 l gilt ein HMG von < 0,6 kg / min als schwermelkend und > 1,2 kg / min als leichtmelkend.

Tabelle 5: Morphologie und Melkbarkeit

	Schwermelker	Leichtmelker
Durchmesser Zitzenzisterne	geringer	größer
Wandstärke	größer	geringer
Strichkanallänge	länger	kürzer
Zitzenkuppenform	rund, Teller	spitz, Trichter
Zisternenkuppenform	Trichter	abgerundet
Strichkanal umgebendes Gewebe	größer	geringer

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der Wandstärke und der Milchflussparameter durch Naumann (2001) ergaben sich nachfolgenden Beziehungen, durch die die bereits erwähnten Beziehungen zwischen der Morphologie und der Melkbarkeit verdeutlicht werden.

- Wandstärke an der Fürstenberg'schen Rosette (vor Melken):
 - negative Beziehung zum höchsten Milchfluss ($r = - 0,48$)
 - negative Beziehung zum durchschnittliches Minutengemelk ($r = - 0,48$)
- Wandstärke 10 mm über Fürstenberg'schen Rosette (vor Melken)
 - negative Beziehung zur Plateaudauer ($r = - 0,55$)
 - positive Beziehung zur Abstiegsdauer ($r = 0,60$)
- Wandstärke an der Fürstenberg'schen Rosette (nach Melken)
 - negative Beziehung zur Plateaudauer ($r = - 0,48$)
 - positive Beziehung zur Abstiegsdauer ($r = 0,43$)

4. Zitzenmorphologie und Melktechnik

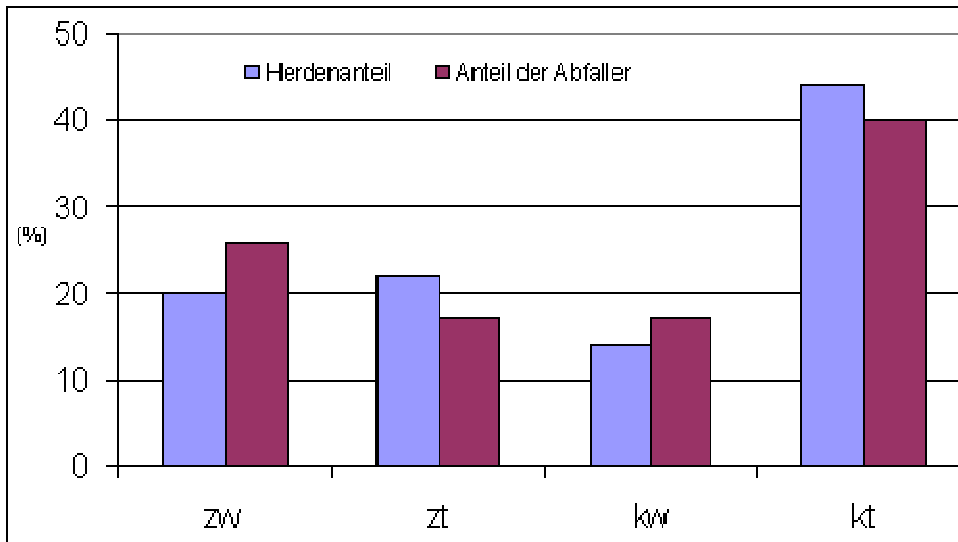
Bei den Zusammenhängen zwischen der Morphologie und der Melktechnik ergeben sich drei Komplexe, auf die näher eingegangen werden soll.

- Haftung der Melkzeuge
- Auswirkungen des Vakuums
- Auswirkungen der Pulsierung

Zu dem Haftungsverhalten der Melkzeuge (Anzahl der Lufteinbrüche) sind nur wenige Auswertungen vorhanden. Nach Rudovsky, Färber, Billhardt & Schulze (1984) ist die Haftfähigkeit der Melkzeuge einerseits von technischen Parametern wie Zitzengummischichtweite (Zusammenhang zu Eindringtiefe), Form und Abmessungen des Zitzengummikopfes, das Vakuum unter der Zitze sowie das Gewicht des Melkzeuges und andererseits von den Eutermerkmalen Zitzenlänge, Zitzendurchmesser, Zitzenform, Zitzenabstand, Zitzenstellung, Milchfluss (beeinflusst die Vakuumverhältnisse unter der Zitze und damit das Falten des Zitzengummis) und Euterbodenneigung abhängig. Genauere Untersuchungen zur Wirkung der Zitzenform auf die Haftfähigkeit wurden von Rudovsky, Färber, Billhardt & Schulze (1984) durchgeführt. Bei der Verwendung von leichten Melkzeugen ergaben sich durchschnittliche Abfallraten von 1,1 – 2,1 %; bei schwereren Melkzeugen stiegen die Abfallraten auf 3,2 – 5,8 %. Die Verteilung der Zitzenformen sowie die relative Häufigkeit der Abfälle je Zitzenform wird im folgenden Diagramm veranschaulicht.

Die Zitzen wurden dabei nach Schaft- und Basisform in 4 Kategorien eingeordnet:

- zw = zylindrischer Schaft mit winkliger Basis
- zt = zylindrischer Schaft mit trichterförmiger Basis
- kw = konischer Schaft mit winkliger Basis
- kt = konischer Schaft mit trichterförmiger Basis



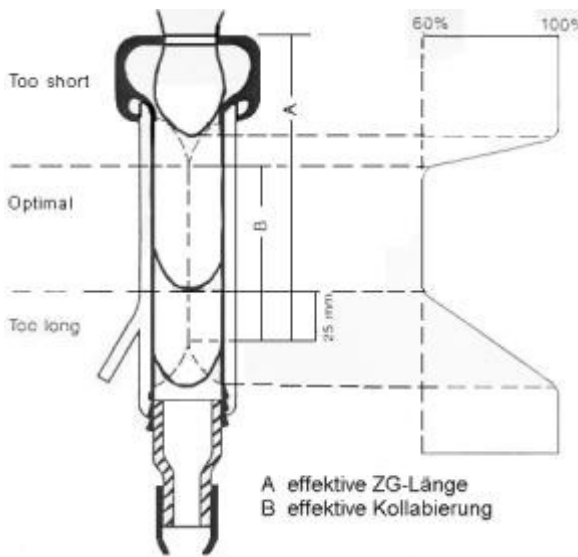
Die Auswirkungen des Vakuums an der Zitze werden durch Dimensionsänderungen und Gewebeveränderungen sichtbar. Innerhalb der ersten 30 Sekunden nach dem Ansetzen des Melkzeuges erfährt die Zitze eine Streckung. Zu dieser Thematik führte Mellinger (1988) grundlegende Untersuchungen mit verschiedenen Vakuumniveaus durch. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Tabelle 6: Auswirkungen von Vakuumunterschieden auf die Zitzenlänge

	43 kPa	53 kPa
gesamte Länge	40 %	50 %
distales Ende	50 %	70 %
Differenz vor – nach Melken:	+ 1 - +5 %	+8 %
gesamte Länge distales Ende	+ 6 - + 10 %	+ 23 %

Gleichzeitig zu der Verlängerung der Zitze erfolgt eine radiäre Ausdehnung um 15 – 35 Prozent. Die Volumenzunahme des Zitzengewebes wird durch Flüssigkeitsansammlungen (Lymphe, Blut) hervorgerufen. Die Ansammlungen der Flüssigkeiten wird üblicherweise durch Kontraktionen des Zitzengewebes abgebaut, diese Kontraktionen treten bei Vakuumapplikationen von 16 – 22 kPa (bei maschinellem Milchentzug) nicht mehr auf. Neben der Veränderung der Zitzenlänge und des



Durchmessers ist auch der Strichkanal mit seinen Dimensionen von der Vakuumeinwirkung betroffen – die Länge des Strichkanals nimmt zu; die Breite nimmt mit der Volumenzunahme der Zitzenspitze ab. Mellinger (1988) ermittelte bei einem vergleichbarem Volumen der Zitzenspitze eine größere Öffnung des Strichkanals bei 53 kPa gegenüber 43 kPa. Weiterhin ist bei gleichem Melkvakuum (43 kPa) die Einengung des Strichkanals durch die Volumenzunahme der Zitzenspitze bei einer Überdruckapplikation (20 kPa) in der Entlastungsphase geringer als ohne Überdruckapplikation. Der Pulsator ist u.a. verantwortlich für die Steuerung des Vakuums und somit die Schaffung der Pulsphasen. Die Länge der einzelnen Phasen hat Auswirkung auf die Melkbarkeit (Saugphase) und die Eutergesundheit (Entlastungsphase). Mit einer Verlängerung der Entlastungsphase ergibt sich eine signifikante Verringerung der Zitzenläsionen sowie der Zellzahl (Hamann, Osteras, Mayntz & Woyke 1994) – damit besitzt die Länge der Druckphase einen statistisch negativen Einfluss auf die Eutergesundheit. Somit resultiert aus einer längeren Druckphase eine bessere Eutergesundheit (geringere Zellzahl und Zitzenläsionen). Gleichfalls verringert sich die Rate der Neuinfektionen, was den positiven Einfluss der Druckphase auf die Eutergesundheit bestätigt (Reitsma et al. 1981). Mit sinkender Pulszahl je Zeiteinheit bei einer konstanten Vakuumapplikation ergibt sich eine signifikante Steigerung der somatischen Zellzahl (geometrisches Mittel eines Jahres) – die Eutergesundheit verschlechtert sich (Hamann, Osteras, Mayntz & Woyke 1994). Dies resultiert aus der längeren Anliegezeit des Vakuums an der Zitze. Die Wirkung des Pulsators und des Zitzengummis ist u.a. abhängig von der Zitzenlänge. Die optimale Zitzenlänge (Grafik) umfasst den Bereich, in dem der Zitzengummi seine effektive Kollabierung erfährt. Die untersten 25 mm werden benötigt, um die vollständige Schließung des Zitzengummis zu erreichen. Befindet sich die Zitzenkuppe in diesem optimalen Bereich, so ist die eingestellte Pulsierung in vollem Umfang wirksam und es bestehen optimale Entlastungs- und Massagemöglichkeiten für die Zitze. Ist die Zitze jedoch zu kurz und dringt somit nicht in den Bereich der effektiven Kollabierung des Zitzengummis ein, besteht keine bzw. nur eine ungenügende Berührungsfläche zwischen Zitze und Zitzengummi, so dass der Rücktransport von Gewebeflüssigkeit und Blut eingeschränkt ist. Weiterhin kommt es zu einer Verschiebung des Pulsverhältnisses in Richtung 100 : 0, welches zu einer erhöhten Gewebebelastung führt. Dieser Sachverhalt tritt ebenfalls bei einer zu langen Zitze auf. Die Zitzenkuppe ist dem ständigen Vakuum unterworfen und so einer erhöhten Belastung ausgesetzt.



5. Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die Forschung

Anhand der Literaturstudien zu dieser Thematik ergibt sich, dass bestehende unterschiedlichste Untersuchungsergebnisse zur Verfügung stehen, diese jedoch durch die Technikentwicklung und Zuchtarbeit der letzten Jahrzehnte überwiegend ihre Gültigkeit verloren haben und auf aktuelle Sachverhalte nur sehr begrenzt übertragbar sind. In der aktuelleren Literatur wird sich überwiegend mit der inneren Morphologie der Zitzen beschäftigt, deren Ergebnisse jedoch nur eingeschränkt auf die Population zu übertragen sind. Die äußere Morphologie der Zitzen wird nur mit wenigen Merkmalen innerhalb der Zuchtarbeit erfasst. Diese Merkmale werden linear beschrieben, so dass die Beziehung zu den absoluten Maßen fehlt. Die absoluten Zitzenmaße (überwiegend Länge und Durchmesser der Zitzen) sind jedoch von großer Bedeutung für die Melktechnik (Dimensionen der Zitzengummis) und Eutergesundheit. Aufgrund der fehlenden Kenntnisse über Zitzenmaße ist es derzeit nicht möglich, die Tiere und die Melktechnik aneinander anzupassen. In geplanten Untersuchungen im Zeitraum 2001 – 2002 werden an ca. 2000 Tieren der Rasse Deutsches Holstein aktuelle Zitzenmaße mit Hilfe von Bonitierungen aufgenommen. Zu den ausgewählten Parametern zählen neben der Zitzenlänge und dem Durchmesser auch die Form der Zitze und der Zitzenkuppe, der Bodenabstand der Zitze und der Abstand der Zitzen untereinander. Weiterhin erfolgt die Bonitierung auf Gewebereaktionen in Form von Hyperkeratosen. Durch die statistische Aufarbeitung der Morphologiedaten mit der Eutergesundheit (bakteriologische Untersuchung und somatische Zellzahlen) sowie der Melkbarkeit (Milchflusskurven) sollen die Auswirkungen unterschiedlichster morphologischer Eigenschaften ermittelt werden. Die Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen der Morphologie, der Eutergesundheit und der Melkbarkeit sollen innerhalb der Züchtung, Managemententscheidungen und Beratungsarbeit Einsatz finden.

Das Quellenverzeichnis liegt den Autoren vor.