

5. Zusammenfassung

Für viele Schlepper wird es nötig sein, die Hydraulikgeräusche zu vermindern. Die verschiedenen Möglichkeiten, die sich dazu anbieten, sind hier eingehend erläutert worden. Dazu gehört sowohl die Auswahl einer möglichst "leisen" Pumpe als auch die eines geeigneten Flüssigkeitsdämpfers zur Verhinderung der Weiterleitung von Druckschwankungen. Es geben **Tafel 1** für die Pumpen und **Tafel 2** für die gesamte Anlage noch einmal einen zusammenfassenden Überblick. Hierin werden für die Ursachen des Geräuschs und seiner Auswirkungen jeweils Maßnahmen angegeben, mit denen man die Intensität des Schalles u.U. verringern kann. Die mögliche Geräuschminderung dieser Maßnahmen bezieht sich nur auf die Hydraulikanlage. Das gesamte Schleppergeräusch hängt darüber hinaus — wie erwähnt — sehr erheblich von der Stärke der übrigen Schallquellen am Schlepper ab.

Es bedarf wohl keiner näheren Erläuterung, daß in diesem Beitrag nicht alle Probleme der Geräuschentwicklung und -minderung für die Schlepperhydraulik angesprochen sind, zumal bei jedem Schlepper immer wieder neue Probleme auftreten, die man nicht generell behandeln kann.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] *Harms, H.-H.*: Noise-level-deminution in hydraulic-systems of agricultural tractors. Vortrag, gehalten auf dem 9. Internationalen Kongreß für Landwirtschaftstechnik (CIGR) in East Lansing, 1979.
- [2] *Hoffmann, D.*: Die Dämpfung von Flüssigkeitsschwingungen in Ölhydraulikleitungen. VDI-Forschungsheft Nr. 575, Düsseldorf: VDI-Verlag 1976.
- [3] *Hoffmann, D. u. H.-H. Harms*: Wirkungsgrad und Pulsation von Zahnradpumpen hängen ab von den Betriebsgrößen. Maschinenmarkt Bd. 82 (1976) Nr. 93, S. 1804/07.
- [4] • *Hübner, E.*: Technische Schwingungslehre in ihren Grundzügen. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1957.
- [5] *Voigts, E.*: Der Einfluß der Rohrlänge von Hydraulikanlagen auf die Druckpulsation in der Anlage. Unveröffentlichte Diplomarbeit D 159 Hy/Ha Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig 1978.
- [6] *Gösele, R.*: Mechanismus der Geräuschentstehung in Hydro-systemen durch Förderstromschwankungen. Vortrag, gehalten auf dem 3. Aachener Fluidtechnischen Kolloquium, 1978.

Die Messung der Milchttemperatur als Mittel zur Überwachung der Tiergesundheit und zur Steuerung des Milchentzuges

Von Wolfgang Paul und Hermann Speckmann,
Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 637.12:621.317.39:536.53

Die Verbesserung der Qualität von Milch und Milchprodukten mit dem Ziel, den Verbraucher mit qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln preisgünstig zu versorgen, kann geschehen, indem bei der Milchproduktion ein hygienisch hochwertiger Standard eingehalten und die Gesundheit der Tiere laufend überwacht wird. Von maßgeblichem Einfluß auf den hygienischen Standard ist das Infektionsrisiko bei fehlerhafter Melkroutine. Ziel des Beitrages ist deshalb, ein einfaches und bedienungsneutrales Überwachungssystem zu entwickeln und vorzustellen, welches sowohl Signale für die Melkroutine als auch eine Anzeige bei Krankheit oder sonstigen Abweichungen vom Normalzustand des Tieres liefert. Die Realisierung geschieht durch Messen der Milchttemperatur im Melkbecher während des Milchentzuges. Im Beitrag wird die Meßtechnik vorgestellt, und die erreichbaren Ergebnisse werden diskutiert.

Die Verfasser danken Herrn *W. Janßen* für die Mitarbeit beim Bau der Meßschaltung sowie für die Durchführung der Versuche.

*) *Dr.-Ing. W. Paul* und *Dipl.-Ing. H. Speckmann* sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: *Prof. Dr.-Ing. W. Batel*) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

1. Einleitung

Technische Hilfsmittel zur Steuerung und Überwachung von Produktionsabläufen finden insbesondere in der Milchproduktion zunehmend Beachtung. Die recht vielschichtigen Aufgaben hierbei beinhalten z.B. die leistungsangepaßte Futterzuteilung oder die Überwachung der Tiergesundheit zur Erhaltung des Bestandes und zur Sicherung der Milchqualität.

Für die Überwachung der Tiergesundheit gibt es viele Indikatoren, von denen sich für technische Maßnahmen vor allem die Körpertemperatur anbietet.

Bei Milchkühen liegt die normale Körpertemperatur bei etwa 38,5–39 °C, wobei je nach Tageszeit, Trächtigkeit, Futteraufnahme, geleisteter Arbeit und Umweltbedingungen geringfügige Abweichungen auftreten. Abweichungen werden ferner bei Erkrankungen oder bei Brunst beobachtet. Bei Temperaturen über 39,5 °C ist nach *Barnickel* [1] mit größter Wahrscheinlichkeit auf eine Erkrankung zu schließen.

Für die Messung der Körpertemperatur stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung [1, 2, 3]. Eingang in die Praxis kann jedoch nur eine Meßmethode finden, die robust, preisgünstig und bedienungsneutral ist. So ist der Versuch zu verstehen, die Temperaturmessung automatisch an der ausströmenden Milch beim Melken vorzunehmen. Dazu sind in die vier Melkbecher eines Melkzeuges Temperatursensoren eingeklebt, die von der Milch umspült werden. Der Einsatz elektronischer Meßwertaufnehmer macht eine genaue und schnelle Temperaturmessung möglich. Aus dem zeitlichen Verlauf der Meßgröße können neben Maximalwerten weitere Kenndaten in bezug auf die Melkroutine gewonnen werden.

Im nachfolgenden Beitrag soll deshalb untersucht werden, inwieweit die Messung der Milchtemperatur der Körpertemperatur der Tiere entsprechende Werte liefert und damit eine Aussage über den Zustand der Kühe abgeben kann und welche Hinweise sich über den Milchfluß finden lassen. Die Temperaturüberwachung erstreckt sich sowohl auf den einzelnen Melkvorgang als auch auf die Temperaturentwicklung von Melkzeit zu Melkzeit.

Die Arbeiten geschehen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Betriebstechnik der FAL unter Fortsetzung der Versuche zur Messung der Körpertemperatur mittels Strahlungsthermometer.

2. Grundsätzliches zur Meßtechnik

Der maschinelle Milchentzug erfolgt in der Regel pulsierend durch ein pneumatisches System mit Saug- und Entlastungstakt. Damit ist auch der ermolzene Milchstrom pulsierend, d.h. die milchführenden Kanäle in und nach dem Melkbecher sind von einem Mehrphasensystem von Milch und Luft ausgefüllt. Das jeweils vorliegende Milch-Luft-Verhältnis ändert sich mit der Zeit und ist abhängig von der Geometrie des jeweiligen Melkzeuges, der Wirkungsweise der Maschine, den physiologischen Eigenschaften des Tieres und der abgegebenen Milchmenge.

Der diesem Mehrphasenstrom ausgesetzte Meßwertaufnehmer (Sensor) nimmt daher eine Temperatur an, die von einer Vielzahl von physikalischen Einflüssen abhängt. Eine rechnerische Bestimmung der Temperaturfehler ist sehr schwierig, so daß an dieser Stelle anhand eines vereinfachten Modelles die Wirkungen der Einflüsse auf den Meßwert qualitativ diskutiert und in den folgenden Abschnitten 3 und 4 experimentell überprüft werden.

Bild 1 zeigt in einem Blockschaltbild das Modell. Aus der Zitze (Z) fließt der Milchstrom \dot{V}_M mit der nahezu konstanten Temperatur T_{MZ} in den Melkbecher (B). Dieser Volumenstrom vermischt sich mit dem Strom der Nebenluft \dot{V}_L . Dabei wird die Milch durch Abgabe des Wärmestroms \dot{E}_{ML} (infolge Verdunstung und Konvektion) an die Luft und eines Konvektionswärmestroms an die Wandung des Melkbeckers abgekühlt. Maßgebend für den letzten Effekt ist die Temperatur des Beckers, die wiederum über den Wärmestrom an die Umgebung \dot{E}_{BU} , abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Melkbecher T_B und Umgebung T_U , beeinflusst wird. Zu Beginn des Melkvorganges erwärmt sich der Melkbecher von seiner Ausgangstemperatur T_{B0} auf die stationäre Temperatur T_B . Für den zeitlichen Ablauf dieses Übergangs (siehe Bild 12) sind hauptsächlich die Wärmekapazität des Beckers W_B und der mit dem Milchstrom \dot{V}_M verbundene Wärmestrom von Einfluß.

Auf den Sensor (S) mit der Temperatur T_S treffen Teilströme der Milch \dot{V}'_M , und der Luft \dot{V}'_L , und erwärmen den Fühler. Infolge der Wärmekapazität des Sensors und des pulsierenden Milchstromes ergibt sich ein dynamischer Verlauf für die Temperatur des Fühlers T_S (siehe Bild 12), auf den als Störgrößen die Temperatur

des Melkbeckers T_B , verbunden mit einem Wärmestrom \dot{E}_{SB} vom Sensor über die Befestigung zum Becher, und die mit der Meßwert-erfassung zugeführte elektrische Leistung \dot{E}_E wirken. Im Meßwert-aufnehmer stellt sich ein der Aufnehmertemperatur entsprechen-der Widerstandswert $R(T_S)$ ein.

Um die Auswirkungen der beschriebenen Störeinflüsse möglichst gering zu halten, muß die Meßstelle in der Nähe der Zitze liegen und der Aufnehmer mit einem wärmeisolierenden Material befestigt (eingeklebt) werden. Die zugeführte elektrische Leistung bei der Meßwertabfrage ist so gering wie möglich zu halten und zur Erkennung der dynamischen Vorgänge sollte ein Sensor mit geringer Wärmekapazität bei hoher Wärmeleitfähigkeit gewählt werden. Neben diesen Bedingungen ist sicherzustellen, daß die angeschlossene Meßelektronik in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur hinreichend geringe Fehlertoleranzen besitzt.

Nach der ausführlichen Besprechung der Meßtechnik in den folgenden Punkten von Abschnitt 2 wird deshalb in den Abschnitten 3 und 4 versucht, die Meßgenauigkeit experimentell auf der Grundlage obiger Diskussion zu bestimmen. Die Genauigkeit und Empfindlichkeit des Verfahrens ist anhand von Messungen im Wasserbad, Messungen an einer künstlichen Zitze und Messungen im realen Betrieb diskutiert. In Abschnitt 5 sind einige erste Meßergebnisse vorgestellt und Schlußfolgerungen in bezug auf die Einsatzfähigkeit für eine Steuerung von Melkmaschinen, für die Gesundheitsüberwachung und die Erkennung der Brunst hergeleitet.

2.1 Versuchsaufbau

Die Temperatur des Milchstroms wird am Ausgang der Melkbecher mittels eingeklebter Heißleiterwiderstände gemessen, **Bild 2 und 3**. Der Meßwiderstand zeigt die Temperatur seiner unmittelbaren Umgebung an, gleichgültig ob es sich dabei um die Temperatur einer gasförmigen oder flüssigen Phase handelt. Dieser Widerstand befindet sich in einer elektronischen Brückenschaltung, deren Brückendiagonalspannung U_T mittels Spannungs/Frequenz-Wandlung (U/f-Wandlung) digitalisiert, weiterverarbeitet und der Datensammelstation übergeben wird.

Das von den Meßumformern erzeugte analoge Signal wird zur Ver-ringerung der Meßfehler schon in der Nähe der Meßstelle digitalisiert. Digitale Meßsignale zeichnen sich durch einen sehr viel höheren Störabstand aus und lassen sich daher problemlos übertragen. Für die Empfindlichkeit der Messung und die Meßtoleranz ist nur das Auflösungsvermögen und die Güte des Analog/Digital-Wandlers entscheidend. Bei der Weiterverarbeitung tritt außerdem keine Einbuße an Genauigkeit auf. Schließlich ist die einfache Anpassung an Digitalgeräte und Rechner ein wesentlicher Vorteil und hat im Zeichen der modernen Mikrocomputer ein nicht zu unterschätzendes Gewicht. Wegen des einfachen Aufbaus, der geringen Kosten und ausreichender Schnelligkeit und Auflösung ist hier ein Weg über U/f-Wandler gewählt.

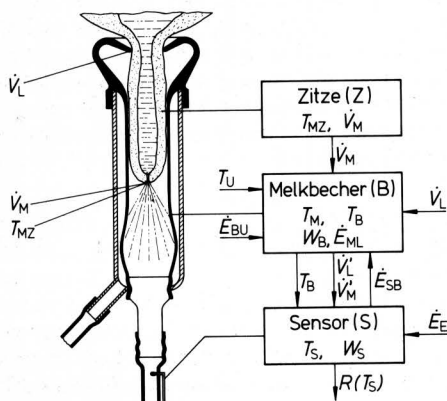


Bild 1. Modell der Milchtemperaturmessung.

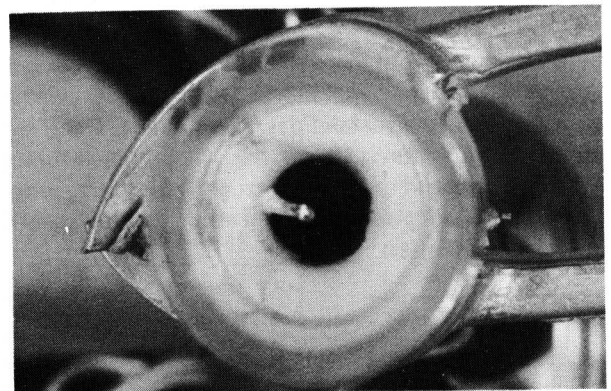


Bild 2. Lage des Temperaturfühlers bei Sicht von oben in den Melkbecher.

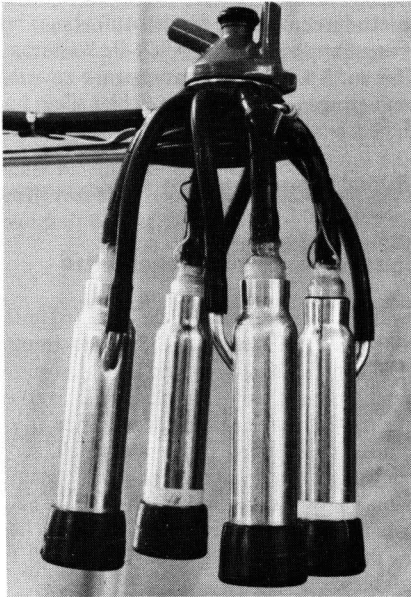


Bild 3. Lage der Temperaturfühler am Schauglas.

2.2 Auswahl der Meßwertaufnehmer

Als Meßwertaufnehmer bieten sich wegen der erforderlichen kleinen Abmaße Thermoelemente oder Thermistoren an. Thermoelemente sind gut austauschbar, sie geben eine Spannung ab, die der Temperaturdifferenz zwischen der Meßstelle und einer Vergleichsstelle proportional ist. Dennoch eignen sie sich für den angestrebten Einsatz nicht, da sich Probleme mit der Vergleichsstelle ergeben, die geringe Ausgangsspannung mit einfachen Verstärkern kein ausreichendes Auflösungsvermögen ergibt und infolge von Kontaktspannungen im Größenbereich der Meßspannung die Verkabelung nur mit Spezialsteckern möglich ist. Veränderungen der Thermoelemente durch aggressive Medien sollen leicht möglich sein [4].

Im Gegensatz dazu sind Thermistoren oder Heißleiter relativ unempfindlich gegen Störungen oder aggressive Umgebung, jedoch wegen der großen Streuungen der Eigenschaften der Einzelexemplare nicht so leicht austauschbar. Neuere Entwicklungen überwinden jedoch auch diesen Nachteil. Thermistoren sind wegen der doch überwiegenden Vorteile bei Regelschaltungen in der Konsumelektronik (Waschmaschinen, Kfz-Elektronik etc.) üblich.

Heißleiter sind elektrische Widerstände aus Halbleitermaterial mit stark negativem Temperaturkoeffizienten (auch NTC-Widerstände (Negative Temperature Coefficient) genannt), die hier von einem Glasmantel umgeben sind. Der Widerstand nimmt im Gegensatz zu Metallen mit steigender Temperatur stark ab, im interessierenden Temperaturbereich ca. $0,03 \text{ K}^{-1}$. Infolge der relativ großen Widerstandsänderung und der gewählten elektronischen Schaltung ergeben sich keine Schwierigkeiten durch die Länge der Kabel, Übergangswiderstände und Kontaktspannungen. Die Bauformen sind hinsichtlich max. Belastung, thermischen Zeitkonstanten und Widerstandsverhalten recht unterschiedlich. Die hier verwendeten Miniaturheißleiter zeichnen sich durch geringe Wärmekapazität aus [5].

Für die Widerstandsänderung der Heißleiter in Abhängigkeit von der Temperatur gilt näherungsweise:

$$R_T = A \exp(B/T).$$

B bestimmt dabei die Temperaturempfindlichkeit, A das Widerstandsniveau (in der Praxis wird meist der Widerstand bei $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ angegeben). Die Temperatur des Heißleiters wird vom durchfließenden elektrischen Strom beeinflusst. Er ist stets geeignet zu dimensionieren, so daß auch in ruhender Luft nur sehr kleine Verfälschungen eintreten können. Ebenfalls von Interesse ist die Abkühlzeitkonstante, die von der Wärmekapazität des gesamten Fühlers abhängt. Sie ist definiert als die Zeitspanne, die benötigt wird, um nach sprungförmiger Temperaturänderung in ruhender Luft 63,3 % der Temperaturdifferenz zu durchlaufen, und beträgt bei Miniaturheißleitern nur wenige Sekunden. Zu beachten sind ferner Alterungsvorgänge, die bei Halbleitern stets auftreten können.

2.3 Spannungs/Frequenz-Wandler

Der zur Verringerung der Meßtoleranz in einer Brückenschaltung befindliche Meßfühler verändert im interessierenden Temperaturbereich die Brückenspannung weitgehend linear. Diese Eingangsspannung wird mittels eines Spannungs/Frequenz-Wandlers, Bild 4, in eine Rechteckspannung umgewandelt, deren Frequenz proportional zur eingespeisten Spannungsdifferenz ist. So wird auf einfache Weise das Analogsignal in ein Digitalsignal, welches durch Aufzählen der Rechteckimpulse gewonnen wird, umgewandelt. Die Wandlung geschieht nur für einen genau einstellbaren Bereich der Eingangsspannung (Brückenspannung). Außerhalb dieses Spannungsbereichs ist der Oszillator nicht schwingfähig.

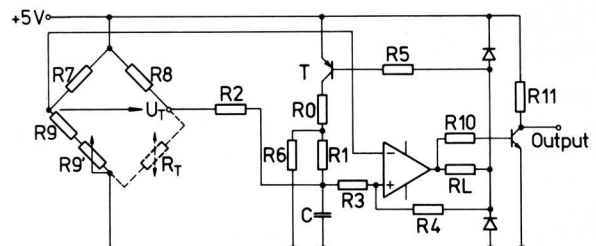


Bild 4. Schaltbild des Spannungs/Frequenz-Wandlers.

Die Funktion des Spannungs/Frequenz-Wandlers beruht auf der Mitkopplung und Gegenkopplung des Verstärkers über R4 bzw. R5, T, R0 etc. Im Schaltmoment (negative Flanke) des Verstärkers wird über die Mitkopplung R4 zunächst das Potential am nichtinvertierenden Eingang gesenkt. Gleichzeitig wird die Spannung über die Gegenkopplung am Kondensator gesteigert. Der Kondensator wirkt jedoch zeitverzögernd, so daß eine Einschaltphase für den Verstärker übrig bleibt. Ist der Kondensator aufgeladen und schaltet der Verstärker dadurch aus, so entlädt sich der Kondensator über R1 und R6, bis der Verstärker erneut anspricht und sich der Vorgang wiederholt. Die Brückenspannung U_T muß also stets zwischen der maximalen und minimalen Spannung (U_{Tmax} und U_{Tmin}) am Kondensator liegen. Die sich ergebenden Lade- und Entladezeiten des Kondensators sind umgekehrt proportional, und die Frequenz am Ausgang ist proportional zur Eingangsspannung U_T .

Aus Gründen der Meßgenauigkeit muß die Meßbrücke mit geregelter Spannung versorgt werden. Die Oszillatorschaltung muß unempfindlich sein gegenüber Schwankungen in der Umgebungstemperatur. Man erreicht dies durch Verwendung von Metallfilmwiderständen. Der negative Temperaturgang der Widerstände kann bei geschickter Auslegung den positiven Temperaturgang des Kondensators weitestgehend kompensieren.

2.4 Gesamtaufbau, Meßtoleranzen

Wie dargestellt, wird die temperaturabhängige Brückenspannung im nachfolgenden Spannungs/Frequenz-Wandler in Rechteckimpulse umgewandelt. Die Frequenz des Oszillators ist proportional der Analogspannung am Eingang. Entsprechend der Zahl der Melkbecher sind jeweils 4 Meßbrücken und nachfolgende U/f-Wandler auf einer Karte untergebracht. Eine Meßkarte bedient also ein Melkzeug. Ein nachfolgender Multiplexer wählt einen der 4 U/f-Wandler aus und schaltet ihn auf einen Zähler, Bild 5. Das übergeordnete Steuerwerk setzt bei Meßbeginn die Zähler zurück, wählt Multiplexer und Melkzeug aus und schaltet den Meßwert im Zähler auf den Datenbus, von wo er von der zentralen Auswerteinrichtung (Mikrocomputer) abgenommen wird. Der Mikrocomputer überwacht und setzt Anzeigen bei Sonderzuständen. Der U/f-Wandler arbeitet im Meßbereich zwischen 30 °C und 45 °C. Aus dem angestrebten Auflösungsvermögen bei der Temperaturmessung von 0,01 °C und der Meßzeit von 100 ms ergibt sich die mittlere Arbeitsfrequenz des U/f-Wandlers mit 15 000 Hz (Meßbereich $T = 15$ K, Auflösung 0,01 K). Offset und Empfindlichkeit gegen Umgebungstemperatur beeinträchtigen diese Genauigkeit bei geeigneter Auslegung nur gering.

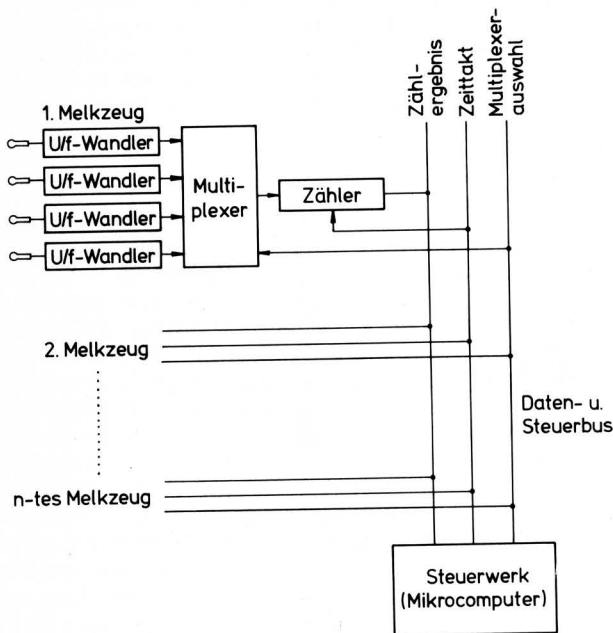


Bild 5. Blockschaltbild des Gesamtaufbaus der Meßtechnik.

Auch der Meßfehler durch Eigenerwärmung des Fühlers ist hinreichend klein, da der den Thermistor durchfließende Strom so gewählt wurde, daß er in ruhender Luft laut Datenblatt infolge der Eigenerwärmung nur zu einer Übertemperatur von 0,05 K führt. Beim praktischen Einsatz in strömender Milch verringert sich wegen des veränderten Wärmeübergangs dieser Fehler noch erheblich. Auch die Linearität ist für das angegebene kleine Temperaturintervall hinreichend gegeben.

3. Meßergebnisse im Wasserbad

Die Meßtoleranz von $\pm 0,1$ K wurde im angegebenen Temperaturintervall mit geeichtem Ausdehnungsthermometer überprüft und bestätigt.

Ebenso wurde der Temperaturgang der elektrischen Schaltung bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur überprüft. Es ergibt sich zwischen 0 °C und 50 °C maximal ein Einfluß von 0,1 K auf den Meßwert.

Interessant ist für die Messungen auch das Einschwingverhalten, hier charakterisiert durch die Zeit, die der Aufnehmer benötigt, um von Umgebungstemperatur (ca. 20 °C) die Wasserbadtemperatur von 38 °C bis auf 3 % der Temperaturspanne zu erreichen. Die Übergangszeiten betragen ca. 3 s für den Fühler allein und ca. 30 s für den im Melkbecher eingeklebten Fühler bei einer Durchströmung von ca. 0,5 l/min. Der zeitliche Verlauf war der Form nach eine Exponentialfunktion.

4. Meßergebnisse an einer künstlichen Zitze

Die Versuche wurden an einer künstlichen Zitze [6] unter kontrollierten Bedingungen mit Wasser von 38 °C (thermostatregelt) durchgeführt. Die künstlichen Zitzen sind aus massivem Acrylglas gefertigt und konnten nicht temperaturüberwacht werden. Beim Durchfluß durch die Bohrung der künstlichen Zitze erlitt das Wasser einen nicht meßbaren kleinen Temperaturabfall, der jedoch bei allen Messungen weitgehend konstant war. Nachfolgende Ergebnisse geben deshalb zwar qualitativ die Verhältnisse am natürlichen Euter wieder, die Fehler infolge des Versuchsaufbaus liegen in der Größenordnung der Meßgenauigkeit des Systems (0,1 K) und addieren sich zu dieser.

4.1 Abhängigkeit vom Durchfluß

Betrachtet werden der Temperaturfehler (Differenz von Wasserbadtemperatur und gemessener Temperatur im Melkzeug) nach 2 min Melkzeit, einer Zeit, nach der keine Änderung der Temperatur mehr festzustellen war, sowie die Einschwingzeit, definiert als die Zeitspanne, in der die gemessene Temperatur bis auf 0,2 K den im 2-min-Versuch beobachteten Höchstwert erreicht hat.

Den Einfluß des Durchflusses auf den Temperaturfehler gibt Bild 6 wieder. Man erkennt, daß innerhalb des beim Melken im Einzelbecher üblichen Durchflusses von ca. 0,5–1 l/min keine Abhängigkeit vom Durchfluß zu beobachten ist. Erst bei Durchflußwerten, die deutlich unterhalb des üblichen Milchflusses liegen, wird der Meßfehler größer.

Bild 7 zeigt die Abhängigkeit der Einschwingzeit des Gesamtsystems vom Durchfluß. Auch hier zeigt sich, daß bei üblichen Durchflüssen die Einschwingzeit im Verhältnis zur Melkdauer hinreichend kurz ist, so daß man auch hier beim praktischen Einsatz stets auf der sicheren Seite ist.

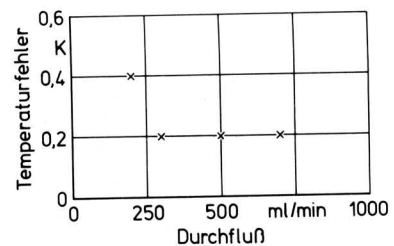


Bild 6. Temperaturfehler nach 2 min Meßdauer in Abhängigkeit vom Durchfluß bei 20 °C Umgebungstemperatur.

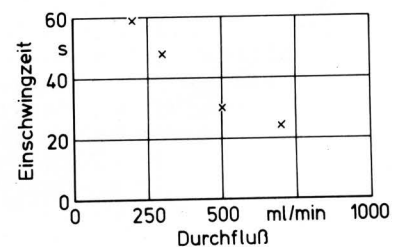


Bild 7. Einschwingzeit in Abhängigkeit vom Durchfluß bei 20 °C Umgebungstemperatur.

Ferner wurde der Einfluß des Taktverhältnisses untersucht. Es ergab sich, daß der Einfluß des Taktverhältnisses auf den Einfluß des sich mit dem Taktverhältnis ändernden Durchflusses zurückgeführt werden kann.

Eine weitere Meßreihe sollte klären, ob Meßgenauigkeit und Einschwingzeit von der Länge abhängig sind, mit der die Zitzen in den Melkbecher hineinragen. Es wurde jedoch bei Einhalten realistischer Verhältnisse kein nennenswerter Einfluß der Länge auf die Meßgenauigkeit beobachtet.

4.2 Einfluß unterschiedlicher Melkbechertemperatur

Bei einem Durchfluß von 0,5 l/min wurde der Einfluß unterschiedlicher Melkbechertemperaturen auf Meßgenauigkeit und Einschwingzeit untersucht. Dazu wurde das gesamte Melkzeug im Wasserbad über längere Zeit auf die angegebenen Temperaturen abgekühlt. In **Bild 8** erkennt man, wie die Einschwingzeit (Definition siehe 4.1) mit abnehmender Melkbechertemperatur länger wird, ohne jedoch das für den Meßvorgang zuträgliche Maß zu verlassen. Dieselbe Aussage gilt auch für die Meßgenauigkeit, **Bild 9**. Bei niedrigen Temperaturen liegt der Temperaturfehler nach 2 min Melkdauer nur um 0,1 K über den Werten bei warmer Umgebung und damit praktisch innerhalb des angestrebten Toleranzfeldes.

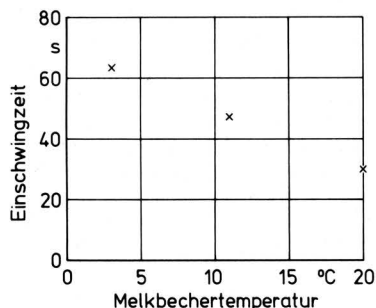


Bild 8. Einfluß der Melkbechertemperatur auf die Einschwingzeit bei 0,5 l/min Durchfluß.

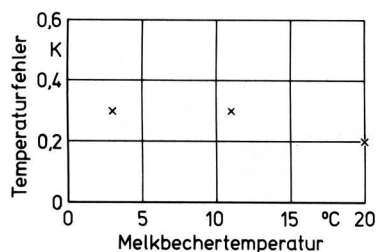


Bild 9. Temperaturfehler in Abhängigkeit von der Melkbechertemperatur bei 0,5 l/min Durchfluß.

4.3 Einfluß von Nebenluft

Den überragenden Einfluß auf die Meßgenauigkeit haben Undichtigkeiten am Melkbecher, also Nebenluft. Die Abhängigkeit des Temperaturfehlers von der durchgesetzten Nebenluft gibt für zwei unterschiedliche Flüssigkeitsströme **Bild 10** wieder. Schon bei kleinen Undichtigkeiten (10 l/min Nebenluft entsprechen bei 0,5 bar etwa einer Düse von ca. 1 mm Durchmesser) sind Fehler von 1 K und mehr zu beobachten, wobei der Fehler nur unwesentlich vom Milchfluß abhängt. Auch bei stärkstem Milchfluß führt ein kleiner Anteil von Nebenluft zu erheblichen Meßfehlern. Es soll aber schon an dieser Stelle angemerkt werden, daß bei der großen Zahl von praktischen Messungen dieser Nebenlufteinfluß kein einziges Mal am realen Objekt festgestellt wurde. Sofern also nicht konstruktiv bedingte Zwangsnebenluft vorhanden ist, ist der Einfluß von Nebenluft beim Melkvorgang für die Temperaturmessung nur von theoretischer Bedeutung.

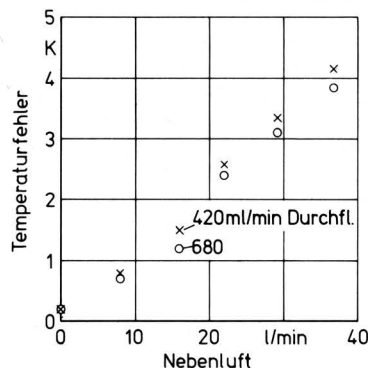


Bild 10. Temperaturfehler in Abhängigkeit vom Volumenstrom der Nebenluft bei 20 °C für zwei Flüssigkeitsströme.

5. Meßergebnisse beim Melken unter Praxisbedingungen

Die obige Diskussion hat ergeben, daß die Meßtoleranz der gesamten Meßstrecke einschließlich Melkzeug mit $\pm 0,2$ K angenommen werden kann. Die Auflösung der Anzeige beträgt 0,1 K. Es sollen im folgenden die Meßergebnisse am realen Objekt diskutiert werden, um zu sehen, inwieweit aus diesen Meßergebnissen Schlüsse in bezug auf Gesundheitsüberwachung und Steuerung des Melkvorganges gezogen werden können.

5.1 Normaler Temperaturverlauf während des Melkvorganges

Der Temperaturverlauf eines normalen Melkvorganges in Form von Abtastwerten ist in **Bild 11** und kontinuierlich aufgezeichnet in **Bild 12** wiedergegeben. Es handelt sich hier um einen Verlauf, wie er in der äußeren Form und Gleichmäßigkeit bei allen anderen Messungen ebenfalls auftritt. Man erkennt deutlich die Einschwingphase mit noch großen Temperaturschlägen zwischen Saugtakt mit Milchfluß und Entlastungstakt, die Phase der Hauptmelkzeit mit nahezu konstant anstehender Temperatur und das unterschiedliche Milchflußende der vier Euterviertel. Die Erklärung für den Temperaturverlauf ist einfach. Bei Beginn des Melkvorganges treffen einzelne Milchstrahlen auf die noch kalten Wandungen. Gemessen wird die noch kühle Luft oder die schon etwas abgekühlte Milch. Mit zunehmender Melkdauer nimmt der Milchstrom zu und wird gleichmäßiger. Der Temperaturfühler bleibt fast dauernd umspült. Die Temperaturverluste der Milch werden immer geringer, der Meßvorgang erreicht einen eingeschwungenen Zustand. Mit versiegendem Milchfluß sinkt die Temperatur an der Meßstelle dann wieder ab.

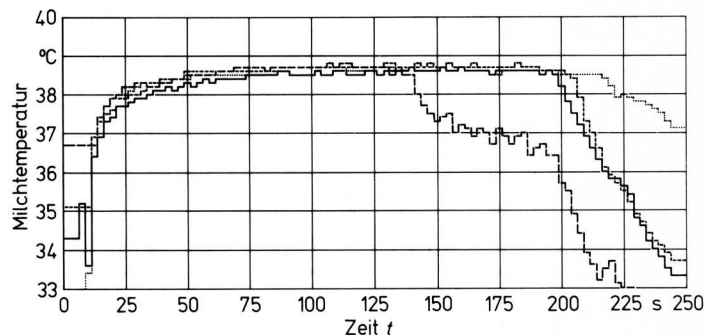


Bild 11. Abtastwerte des Temperaturverlaufs während eines normalen Melkvorganges.

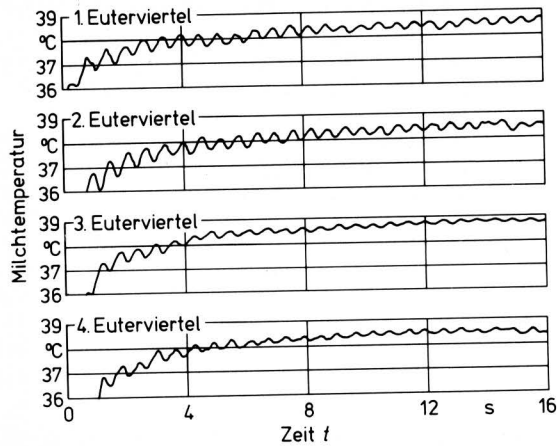


Bild 12. Kontinuierlicher Anfangsverlauf der Temperatur.

Es liegt nun nahe, aus der Temperaturkurve Informationen zur Steuerung des Melkvorganges zu gewinnen, z.B. Taktverhältnis und Vakuum während des Melkvorganges durch Auswertung der Temperaturkurve zu steuern. Beispielsweise läßt sich aus den großen Schwankungen im Temperaturverlauf zu Beginn des Melkvorganges, Bild 12, ein Steuersignal für ein schonendes Anmelken ableiten. Ganz sicher ist aus der Temperaturkurve das Ende des Milchflusses ablesbar. Bei vielen gemessenen Melkvorgängen schaltete die herkömmliche Automatik den Melkvorgang ab, obwohl erst die Milchströme von 3 Eutervierteln abgefallen waren. Dieses zu frühe Abschalten ist bei einer Steuerung über die Temperaturüberwachung ebenso sicher zu vermeiden wie ein unerwünschtes Blindmelken mit dem damit verbundenen Infektionsrisiko.

Die Frage, ob man mit dieser Meßtechnik auch Aussagen über den Milchstrom selbst und damit über die ermolzene Milchmenge machen kann, läßt sich derzeit noch nicht beantworten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß mit bestimmten strömungstechnischen oder wärmetechnischen Maßnahmen und einer entsprechenden Logik dieses Ziel erreicht werden kann.

5.2 Unterschied zwischen Rektaltemperatur und Milchtemperatur

Bei einer Reihe von Melkvorgängen wurde die Milchtemperatur mit der durch Fieberthermometer gemessenen Rektaltemperatur verglichen. Als Milchtemperatur wurden die maximalen Werte der Milchtemperaturkurve genommen, wenn sie bei einer Abtastrate von 2 Hz mindestens 6 mal auftauchten, also gesichert waren. Bei allen Messungen ergab sich, daß die Milchtemperatur stets 0,1 K bis 0,2 K unterhalb der Rektaltemperatur lag. Die Meßergebnisse decken sich mit dem in [2] angegebenen statistischen Durchschnittswert, wonach die Milchtemperatur im Sammelstück des Melkzeuges im Durchschnitt um 0,09 K unterhalb der Rektaltemperatur liegt. Die Meßfehler liegen ebenfalls innerhalb der an der künstlichen Zitze ermittelten Toleranz.

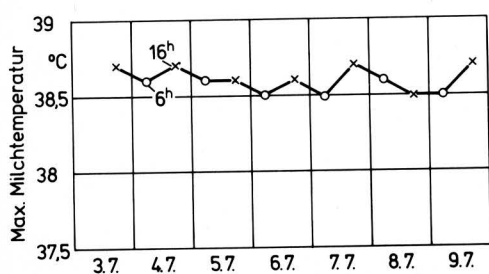


Bild 13. Temperaturverlauf über eine Woche für ein gesundes Tier.

5.3 Temperaturverlauf über mehrere Tage

Bild 13 zeigt einen normalen Temperaturverlauf einer Kuh des schwarzbunten Niederungsviehs über eine Woche. Die regelmäßige Abweichung von ca. 0,2 K zwischen Morgentemperatur und Abendtemperatur deckt sich mit den im Schrifttum [1, 2, 3] angegebenen Werten.

5.4 Allgemeine Erkrankung

Fieber ist bei Säugetieren ein guter Indikator für eine Abweichung vom Normalzustand. Eine deutliche Temperaturerhöhung von 2 K und mehr, wie in [3] für den Fall einer Infektion angegeben, oder aber auch das Überschreiten des Grenzwertes von 39,5 °C, was nach [1] ein sicheres Zeichen von Krankheit ist, sind mit der angegebenen Meßapparatur sicher und einwandfrei zu erfassen. Bei den Versuchen wurde ein Fall von schwerer Mastitis gemessen. Die rektal gemessene Körpertemperatur von 39,6 °C wurde trotz des sehr starken Rückgangs im Milchfluß auch als Milchtemperatur festgestellt.

5.5 Brunst

Bild 14 zeigt den Temperaturverlauf beim Rindern einer schwarzbunten Kuh. Der Temperaturunterschied betrug in den gemessenen Fällen zwischen 0,2 K und 0,4 K. Die im Schrifttum angegebenen Werte von bis zu 1 K als Temperatursprung beim Rindern wurden von den Versuchskühen auch nicht annähernd erreicht. Der Temperatursprung beim Rindern liegt hier nur knapp außerhalb der Größenordnung der Tagesvariationen. Die Erkennung der Brunst anhand der Temperaturkurven ist dem geschulten Auge möglich. Ob und inwieweit eine automatische Erkennung möglich ist, werden weitere Versuche ergeben.

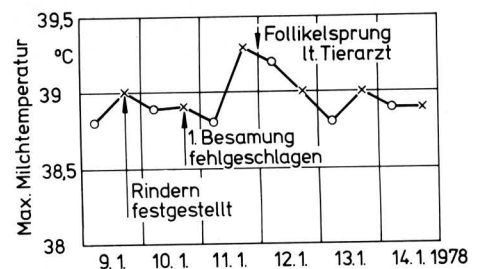


Bild 14. Temperaturverlauf während der Brunst.

5.6 Mastitis

Im Gegensatz zu allgemeinen Infektionen entwickelt sich eine Euterinfektion zunächst nur in dem befallenen Euterviertel. Die Vermutung, daß eine Euterentzündung auch unterschiedliche Milchtemperaturen zwischen gesundem und krankem Viertel nach sich zieht, galt es zu überprüfen. Bei einer künstlich induzierten Mastitis in zwei Eutervierteln wurde diese Vermutung nicht bestätigt. Die Temperaturen von gesunden und kranken Vierteln entwickelten sich ohne meßbaren Unterschied. Auch die allgemeine Temperaturerhöhung trat erst nach den lokal deutlich sichtbaren Zeichen der Schwellung und Verhärtung des Euters, verbunden mit einem scharfen Rückgang des Milchflusses, ein. Die Temperaturüberwachung der ermolkenen Milch ist also zur Früherkennung von Mastitis kaum geeignet.

6. Schwierigkeiten, Kosten

Im Versuchsbetrieb unter Praxisbedingungen traten häufig Leitungsbrüche auf. Es wird deshalb angestrebt, in einer künftigen Erprobungsphase hochflexible Drähte zu verwenden, die fest an den Milchschauch geschumpft werden. Die Einklebetchnik der Temperaturfühler in die Schaugläser der Melkbecher mit einem Silikonklebstoff erwies sich als problemlos und haltbar. Jedoch wurde beobachtet, daß der in die Milchleitung hineinragende Thermistor leichter zur Verschmutzung (Verkrustung) neigt als die Schlauchwände. Die Materialkosten der Meßtechnik, incl. Steuerung und Überwachung, belaufen sich auf ca. 200 DM pro Melkzeug.

Im übrigen ist anzumerken, daß die Auslegung der Temperaturmessung getrennt für jedes Euterviertel aus versuchstechnischen Erwägungen geschah. Als Variante bietet sich auch die Messung der Milchtemperatur an nur einer Meßstelle, z.B. im Sammelstück, an. Die Verkabelung wird in diesem Fall deutlich einfacher, die Kosten lassen sich senken, die Meßeinrichtung wird robuster.

7. Zusammenfassung

Die dargestellte Messung der Milchtemperatur während des Melkvorganges ist mit hoher Genauigkeit, preiswert und ohne jeglichen zusätzlichen Arbeitsaufwand durchführbar. Sie ist ein geeignetes Mittel zur Überwachung der Tiergesundheit sowie zur Steuerung euterschonender Melkroutinen und kann somit einen Beitrag liefern zur Verbesserung der Milchqualität.

Im einzelnen ist im Beitrag ausführlich dargelegt, daß im Normalfall die Meßgenauigkeit nur in sehr geringem Maße von den individuellen Umweltbedingungen wie Umgebungstemperatur, Milchfluß, Taktverhältnis etc. abhängt. Durch Fieber erhöhte Temperatur des Tieres ist sicher zu erkennen, auch das Rindern der Kuh zeigt sich im Normalfall anhand der Temperaturkurven, obwohl bei Versuchsmessungen in Ausnahmefällen auch das Fehlen eines Temperatursprunges bei der Brunst beobachtet wurde.

Die Informationen über den Ablauf des Milchentzuges sind deutlich. Anhand der Temperaturkurve lassen sich die Zustände Anfangsphase, Hauptgemelk, Blindmelken und Ansaugen von Nebenluft klar erkennen. Ob auch das Auftreten von Mastitis mit Hilfe von Temperaturmessungen erkannt werden kann, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Die verwendeten Bauelemente der Meßeinrichtung ähneln denen, wie sie in der Konsumelektronik bei Waschmaschinen etc. üblich sind, und können robust und preiswert ausgelegt werden.

Schrifttum

- [1] *Barnickel, G.:* Vergleichende Untersuchungen über die Rektal- und Zervikaltemperatur brünstiger Kühe und Färsen. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover 1968.
- [2] *Maatje, K. u. W. Rossing:* Detecting oestrus by measuring milk temperatures of dairy cows during milking. Research Report 76-1, Institute of Agricultural Engineering, Wageningen 1976.
- [3] *Seawright, G.L., D.M. Holm u. W.M. Sanders:* Remote Temperatur Monitoring and Electronic Identification in Food Animals. Report LA-UR 77-441, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos 1977.
- [4] *Weichert, L.:* Temperaturmeßtechnik heute. Ingenieur Digest, Frankfurt, Bd. 15 (1976) Nr. 7, S. 27/32.
- [5] *Bliek, L. u. M. Heitzmann:* Erwärmungsfehler und Zeitverhalten von Thermistor-Temperaturaufnehmern für medizinische Elektrothermometer. PTB-Mitteilung Bd. 86 (1976) Nr. 6, S. 399/405.
- [6] *Mejer, G.-J.:* Grundsätzliche physikalische Vorgänge beim pulsierenden und nicht pulsierenden Milchentzug. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 190 (1975) S. 93/118.

Auszüge aus wichtigen Patent-Auslegeschriften

Int. Cl.²: A 01 C 7/08
Auslegeschrift 24 06 702
Anmeldetag: 13.2.1974
Bekanntmachungstag: 16.12.1976

Drillmaschine

Anmelder: Amazonen-Werke H. Dreyer, 4507 Hasbergen

Die Erfindung betrifft eine Drillmaschine, die einen mit einem Schlepper kuppelbaren und mit einem zentralen Vorratsbehälter versehenen Mittelteil aufweist, an dem beiderseits mit in ihrem äußeren Bereich mit Stützrädern ausgestattete Ausleger in aufrechter Ebene schwenkbar angeordnet sind, wobei der Schwenkbereich nach unten durch je einen Anschlag begrenzt ist, und bei der sich sowohl am Mittelteil als auch an den Auslegern mit Austrittsöffnungen versehene und in aufrechter Ebene bewegbar angeordnete Schare befinden, denen das Saatgut von einer Verteileinrichtung über Leitungsschläuche zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausleger (8) zusätzlich noch in an sich bekannter Weise um jeweils annähernd aufrechte Achsen (9) schwenkbar sind, welche sowohl schräg zur Arbeitsrichtung (20) als auch zur Seite hin derart geneigt sind, daß sich die Ausleger (8) in Schwenkrichtung (42, 42') von ihrer Arbeits- in ihre Transportstellung zunehmend vom Boden abheben, wobei sich die Achsen mit den zu den Auslegern geführten Leitungsschläuchen (13) in der Arbeitsstellung der Ausleger, in der die Ausleger mit Hilfe je eines Verbindungselementes (22) festlegbar sind, zumindest annähernd schneiden.

