



Merkblatt 312

Prozesssteuerung in der Milchkuhhaltung

1 Einleitung

In der Milchviehhaltung vollzieht sich seit Jahren ein rapider Strukturwandel, der zu einer sinkenden Anzahl von Betrieben bei gleichzeitiger Vergrößerung der Tierbestände pro Betrieb führt. Daneben bestehen wachsende Anforderungen an die Produkt- und Prozessqualität, die sehr viele Elemente des Umwelt- und Tierschutzes beinhalten. Um wirtschaftliche Interessen, artge-

rechte Tierhaltung und möglichst geringe Arbeitsbelastung des Personals mit Loslösung von der engen Zeitbindung in Einklang zu bringen, gewinnen rechnergestützte Produktionsverfahren in der Landwirtschaft eine wachsende Bedeutung. Möglichkeiten zur computergestützten Steuerung der Abläufe in der Milchviehhaltung bestehen beispielsweise in der:

- Kalkulation bzw. Zuteilung von physiologisch und ökonomisch optimierten Futterrationen,
- leistungsgerechten, individuellen Tränke- und Kraftfuttermittelsversorgung in der Aufzucht,
- automatisierten Erfassung des Zyklus- und Fruchtbarkeitsgeschehens,
- gezielten Kontrolle von Leistungsparametern zur Gesundheitsüberwachung,
- Teil- und Vollautomatisierung des Milchentzugs sowie in der
- Dokumentation von Tierbehandlungen zum Nachweis der guten fachlichen Praxis oder zur Absicherung der Rückverfolgbarkeit der Entstehungsbedingungen.

Zu diesem Zweck sind in den vergangenen Jahren Sensoren und Werkzeuge entwickelt worden, die Entscheidungshilfen bei der täglichen Stallarbeit liefern können und Planungsgrundlagen für die Zukunft bereitstellen. Sie tragen somit dazu bei, das genetische Leistungspotential der Tiere auszuschöpfen, Gesundheit und Fruchtbarkeit zu verbessern, die gesamte Produktion zu optimieren und den Dokumentationspflichten Rechnung zu tragen.

2 Grundlagen der Prozesssteuerung in der Milchviehhaltung

Die Steuerung eines Prozesses beinhaltet, dass bestimmte Eingangsgrößen (z.B. Menge und Zusammensetzung der Futterration) in Abhängigkeit von definierten Zielgrößen (z.B. der aktuellen täglichen Milchleistung) unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen so eingestellt werden, dass ein optimales Produktionsergebnis erzielt wird (Abb. 1). Üblicherweise erfolgt diese Steuerung durch den

Menschen. Aufwand und Erfolg werden dabei weitgehend durch die Fähigkeiten und Kenntnisse der beteiligten Arbeitskräfte bestimmt. Bei wachsender Betriebs- und Bestandsgröße ergibt sich hier schnell eine Überforderung, die zu Fehlentscheidungen und wirtschaftlichen Verlusten führen kann. Die Folgen sind u.a. fehlerhafte Futterrationen, zu spät erkannte Erkrankungen oder Übersehen der Brünstigkeit bei einzelnen Kühen. Um dies zu vermeiden, werden mehr und mehr rechnergestützte Verfahren zur Herdenführung, Steuerung und Überwachung eingesetzt. Hierfür bieten sich verschiedene Ausbaustufen an, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Im ersten Schritt geht es um eine Verbesserung der **Herdenführung (Tab. 1; 1)**, wobei ein detaillierter Überblick über jedes Einzeltier, die Bestandsstruktur und die Futterplanung der Leistungsgruppen erarbeitet wird. Hier fließen Herdbuch-, Fruchtbarkeits- und Leistungsdaten sowie der Futterverbrauch mit ein, die täglich über geeignete Sensorik im Melkstand oder monatlich von den Landeskontrollverbänden (Milchleistungsprüfung) zur Verfügung gestellt werden können.

Dieser Wissensstand kann genutzt werden, um steuernd einzugreifen. Die individuelle **Kraftfuttermittelsversorgung (Tab. 1; 2)** an der Abruflstation gehört in kleinen Laufstallbetrieben zum Stand der Technik. Als steuernde Einheit wird entweder der vorhandene Betriebs-PC, ein autarker Prozessrechner oder eine Kombination aus beidem eingesetzt. Zu den Vorteilen der PC-Lösung gehört der günstige Anschaffungspreis, die Mehrfachnutzung für andere Büroarbeiten und die zentrale Steuerungsmöglichkeit. Ist der Einsatz des PCs im Dauerbetrieb notwendig, sollte eine unterbrechungsfreie

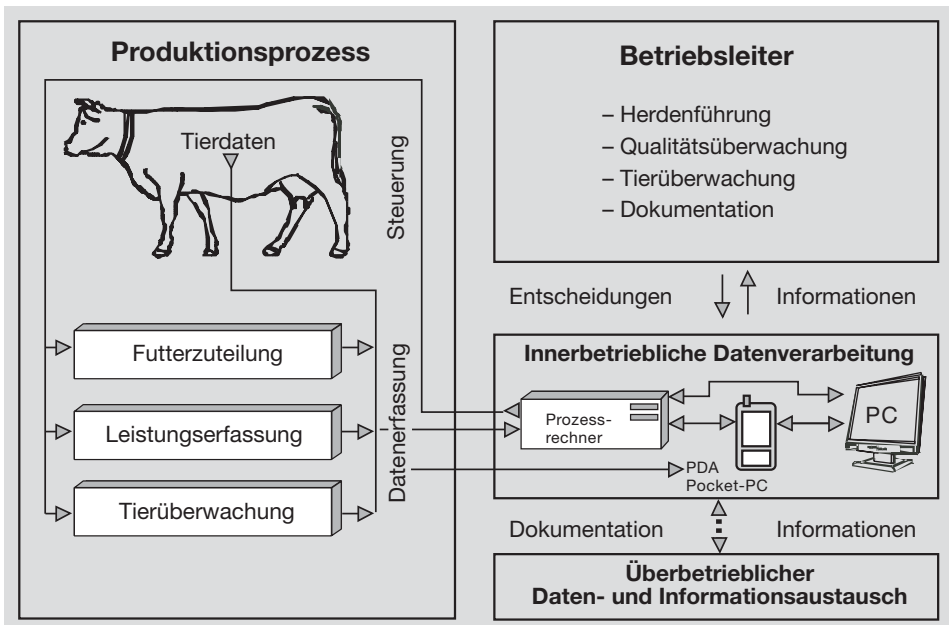


Abb. 1: Rechnergestütztes System zur Produktionssteuerung und -überwachung in der Milchviehhaltung

Stromversorgung (USV) eingesetzt werden, um kurzzeitige Stromausfälle zu kompensieren. Prozessrechnerlösungen haben den Vorteil, dass sie auch ohne die Funktion des PCs arbeiten; eine Datenaustauschmöglichkeit zwischen Prozessrechner und PC über den BUS-Standard „ISOagriNet“¹ sollte unbedingt bei der Anschaffung berücksichtigt werden.

Um die jeweiligen Vorzüge zu kombinieren, etablierten sich in den vergangenen Jahren auch Systeme am Markt, die sowohl eine autonome Prozessrechnereinheit als auch einen zentralen PC für Herdenmanagement und Gesamtsteuerung enthalten. Dies gewährleistet eine hohe Betriebssicherheit und einen angenehmen

Bedienungskomfort. Unter der Voraussetzung, dass die einzelnen Prozessrechner (Jobrechner) über eine genormte Schnittstelle (ISO 17532) verfügen, ist ein unkomplizierter, herstellerübergreifender Datenaustausch zwischen den Systemen möglich.

Die Zuteilung einer definierten Kraftfuttermenge über die Abrufstation erfolgt immer seltener nur nach Einschätzung des Betriebsleiters, sondern auf der Basis der elektronischen **Milchmengenerfassung** (Tab. 1; 3) im Betrieb oder als Reaktion auf überbetriebliche Auswertungen (z.B. Molkereidaten). Auf diesem Wege lassen sich die aktuelle Leistung und der Bedarf der Tiere besser aufeinander abstimmen.

¹ „ISOagriNet“ bezeichnet synonym zur ISO 17532 eine Daten- und Kommunikationsschnittstelle, die auf dem früheren „Bus Innenwirtschaft“ und dem Austauschformat „EDI Agrar“ (Electronic Data Interchange) aufbaut.

Tab. 1: Entwicklungsstufen der Prozesssteuerung in der Milchviehhaltung

	Ausbaustufe des Herdenmanagements	Komponenten / Hardware Voraussetzungen	Möglichkeiten / Ziele
1	Allgemeine Herdenführung	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebscomputer (PC) + Software 	<ul style="list-style-type: none"> • Planung der Futterration • Terminplanung (Kuhkalender) • Viehbestandsregister • Anpaarungsplanung (Zuchtdaten) • Bestandsstruktur (Leistungsgruppeneinteilung) • Arbeitsplanung • Betriebszweigabrechnung
2	Rechnergestützte Fütterung	<ul style="list-style-type: none"> • Prozessorner (autark) oder Betriebscomputer mit spezieller Einsteckkarte zur Gerätesteuerung • elektronische Tieridentifizierung • Kraftfutterabrufstation 	<ul style="list-style-type: none"> • individuelle Versorgung mit Kraftfutter
3	Milchmengen- erfassung	<ul style="list-style-type: none"> • Sensoren zur automatischen Milchmengenerfassung 	<ul style="list-style-type: none"> • Milchmenge, z. B. als Ausgangsgröße für die optimierte Fütterung und Gruppenzuordnung
4	Leistungs- abhängige Futtervorlage	<ul style="list-style-type: none"> • Technik zur individuellen oder gruppenbezogenen Futtervorlage von Kraftfutter, Grundfutter bzw. Totale-Misch-Ration (TMR) • Tierwaage 	<ul style="list-style-type: none"> • automatisierte Abstimmung von Futtervorlage und Milchleistung (unter Berücksichtigung der Tiermasse)
5	Gesundheits-, Qualitäts- und Fruchtbarkeits- überwachung	<ul style="list-style-type: none"> • Sensoren zur automatischen Erfassung physiologischer Parameter (Elektrische Leitfähigkeit der Milch, Pulsfrequenz, Tieraktivität, Viertelgemelksmenge, Farbmessung der Milch, Milchinhaltsstoffe) • Spezielle Software zur Datenaufbereitung 	<ul style="list-style-type: none"> • komplexe Unterstützung bei betrieblichen Managementaufgaben
6	Überbetriebliche Datenverbund- und Expertensysteme	<ul style="list-style-type: none"> • Anbindung an übergeordnete Datenbank • Integration von Expertenwissen für Problembereiche 	<ul style="list-style-type: none"> • überbetrieblicher Vergleich der Produktionsstrukturen und -ergebnisse, kurz- und längerfristige Produktionsoptimierung

Ergänzend hat die leistungsbezogene, differenzierte Grundfuttervorlage mit der Gruppenfütterung Einzug in die Praxis gefunden. Bei diesem Verfahren wird die Gesamtherde in verschiedene Leistungs-

gruppen mit angepasster Grundfutturmischung eingeteilt. Auf der Basis der aktuellen Leistung, des Laktationsstadiums oder der Körperkondition werden die Gruppen in regelmäßigen Abständen ent-

sprechend zusammengestellt. Jede Gruppe hat durch eine feste räumliche Zuordnung Zugang zu einem Abschnitt des Fressgitters und wird auf diesem Wege mit einer spezifischen Grundration versorgt. Die Umstallung einzelner Kühe in die nächste Leistungsgruppe ist mit vorübergehendem Stress der Eingliederung verbunden. In kleineren Beständen werden deshalb auch elektronisch gesteuerte Selektionstore zwischen Liege- und Fressbereich eingesetzt. So kann die Gruppe im Liegebereich als einheitliche Gruppe zusammenbleiben. Die Technik dient der gezielten Steuerung des Tierverkehrs zu bestimmten Fressplatzbereichen, um so die Vorteile der Totale Mischration (TMR-Fütterung).

Auf einigen Versuchs- und Zuchtstationen wird neben dem Kraffutter- auch der Grundfutterverzehr rechnergesteuert erfasst. Bei diesem Verfahren wird das Grundfutter in einem entsprechend ausgerüsteten Trog laufend gewogen. Gleichzeitig wird der Zutritt der Tiere mit Hilfe der Tiererkennung registriert, so dass eine automatische Zuordnung der aufgenommenen Futtermengen erfolgen kann. Mit dieser Entwicklung wird nicht nur die züchterische Selektion in Richtung Grundfutteraufnahme unterstützt, sondern es werden darüber hinaus vielfältige Auswertungen zur Futte- rakzeptanz, zum Tierverhalten, zur Rang- ordnung usw. möglich.

Seit einigen Jahren sind Sensorentwicklungen im Einsatz, die eine Messung der elek- trischen Leitfähigkeit der Milch, der Milch- temperatur sowie die automatisierte Erfas- sung der Tieraktivität ermöglichen. Beim automatischen Melken werden darüber hinaus Viertelgemelksmengenmessung, Farbmessung und weitere Sensoren einge- setzt. Diese genannten Parameter können eine wichtige Hilfestellung bei der **Gesund-**

heits- und Reproduktionskontrolle (Tab. 1; 5) darstellen. Aus praktischer Sicht sind hier vor allem Pedometer, d.h. elektro- nische Schrittzähler, zu nennen. Sensoren zur Farbmessung oder zur Bestimmung der Milchinhaltsstoffe sollen zukünftig eine **Qualitätssicherung** während des Melkpro- zesses gewährleisten.

Die etablierten Ausbaustufen der Prozess- steuerung können über die rein innerbe- triebliche Datenerfassung hinausgehen. Aktuelle Beispiele sind die Meldungen zur Veränderung des Tierbestandes bei der HIT-Datenbank, Weitergabe von Buchhal- tungsdaten an Steuerberater oder die Bear- beitung von Anträgen über das Internet zur Vergabe von Fördermitteln.

Weitergehende Ansätze bestehen darin, Informationen aus **Datenverbund- und Expertensystemen (Tab. 1; 6)** überbetrieb- lich mit Hilfe der modernen Kommunika- tionstechnik (Internet etc.) zur Verfügung zu stellen. Genutzt werden derzeit vor allem Diskussionsforen im Internet, in denen sich Fachjournalisten, Wissenschaftler und Prak- tiker austauschen können. Unter Berück- sichtigung des Datenschutzes kann in einer weiteren Ausbaustufe auch ein direkter Zu- griff auf betriebliche Daten erfolgen, um Problemlösungen zu erarbeiten, die schließ- lich sogar in die jeweiligen Softwaresysteme der Betriebe mit einfließen können.

3 Anwendungsbereiche der rechnergestützten Herdenführung

Zum besseren Verständnis der bisher dar- gestellten Grundlagen sollen im Folgenden einzelne Anwendungsbeispiele und Entwicklungstendenzen dargestellt werden.

3.1 Tiererkennung

Eine wichtige Basis für individuelle Maßnahmen in der Milchviehhaltung ist die automatische Identifizierung des Einzeltieres. Zu diesem Zweck werden seit mehr als 30 Jahren elektronische Erkennungssysteme in Form von Hals- oder Fußbändern am Tier befestigt. Die heute eingesetzten Transponder arbeiten wartungsfrei und batterieelos nach dem Induktionsprinzip (**Abb. 2**). Sie werden im elektromagnetischen Feld einer Antenne (z.B. an der Futterstation) mit Energie versorgt, die sie dazu nutzen, ein definiertes Signal an die Antenne zurückzuschicken. Dieses Signal wird decodiert und liefert damit den individuell zugeordneten Identifikationscode. Die Miniaturisierung der einzelnen Bauteile hat es inzwischen ermöglicht, neben Halsbändern alternative Applikationsformen zu entwickeln. Eingesetzt werden überwiegend elektronische Ohrmarken; nur selten Transponder, die ins

Körpergewebe injiziert (Injektat) oder als Pansenpille (Bolus) abgeschluckt werden, die dann dauerhaft im Pansen des Rindes verbleiben (**Tab. 2**).

Durch die internationalen Normen ISO 11784* und ISO 11785** sind Transponder für die elektronische Tieridentifikation weitgehend standardisiert. Damit ist eine wichtige Voraussetzung erfüllt, um diese Technik nicht nur innerbetrieblich einzusetzen. Vielmehr wird die übergeordnete Nutzung in den Bereichen Tierzucht, Leistungskontrolle, Vermarktung sowie Seuchen- und Prämienkontrolle grundsätzlich ermöglicht. In der Diskussion um lückenlose Rückverfolgbarkeit haben Transponder mit einer festen (fälschungssicheren) Verbindung zum Tier (Injektat oder Bolus) wesentliche Vorteile. Da sie jedoch keine für den Tierhalter „sichtbare“ Kennzeichnung darstellen, ist für die tägliche Stallarbeit eine zusätzliche visuelle Kennzeichnung notwendig.

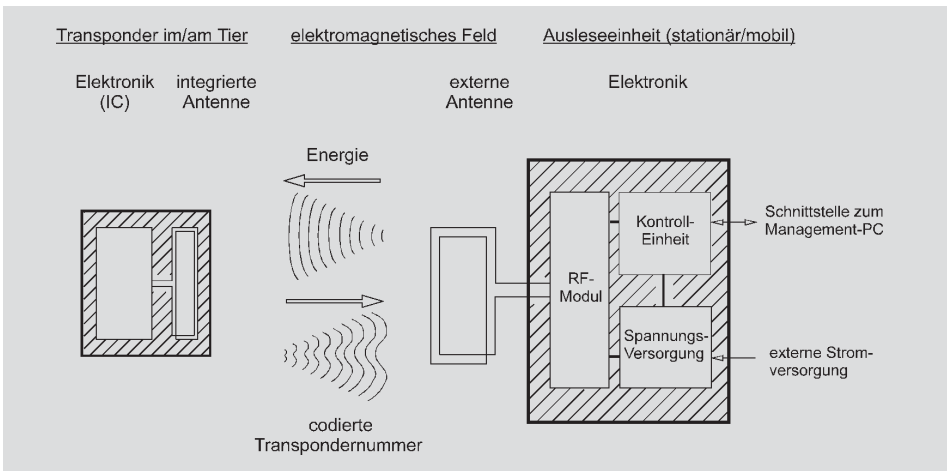
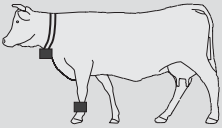


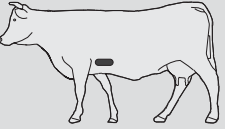


Abb. 2: Funktionsprinzip der elektronischen Tierkennzeichnung

* ISO 11784: Radio-frequency identification of animals - Code structure

** ISO 11785: Radio-frequency identification of animals - Technical concept

Tab. 2: Ausgewählte Transponderbauformen für die Kennzeichnung von Rindern,
 (* zu erwartender Zielpreis bei größeren Stückzahlen)

Bauart / Applikation	Anschaffungskosten [€/Einheit]	Einordnung
Halsband/Fußriemen 	40 - 60	Bewährtes Kennzeichnungsverfahren mit rel. hohen Anschaffungskosten. Umhängen von Tier zu Tier möglich, daher nicht fälschungssicher und nicht überbetrieblich nutzbar.
Elektronische Ohrmarke 	5 – 10 (2*)	Bekanntes Vorgehen bei der Kennzeichnung. Bei entsprechender mechanischer Ausführung in Kombination mit zentraler Datenbank fälschungssicher. Kombination mit konventioneller Sichtohrmarke möglich.
Injektat 	5 – 10 (2*)	In der Praxis wenig benutztes Verfahren. Kennzeichnung erfordert anatomische Grundkenntnisse und Anleitung. Hohe Fälschungssicherheit, aber Vorbehalte aus der Fleischindustrie. Kombination mit zusätzlichen Sensoren (u. a. zur Temperaturmessung) in Entwicklung.
Bolus mit integriertem Transponder 	5 – 10 (2*)	In der Praxis wenig benutztes Verfahren. Kennzeichnung erfolgt analog zur Eingabe anderer Behandlungs-Boli wobei die geringe Baugröße eine frühe Anwendung (ab ca. 50 kg Lebendgewicht) ermöglicht. Kennzeichnung erfordert anatomische Grundkenntnisse und Anleitung, sonst Verletzungsgefahr mit letalen Folgen. Hohe Fälschungssicherheit. Kombination mit zusätzlichen Sensoren (u. a. Temperatur) in Entwicklung.

3.2 Individuelle Futterzuteilung

Für die tierspezifische Kraftfuttermenge bei Rindern in **Laufstallsystemen** werden Abrufstationen eingesetzt. Sie bestehen neben der Baugruppe zur elektronischen Tiererkennung aus einer Fressschale, einem Vorratsbehälter und einer seitlichen Fressplatzbegrenzung. So können alle mit Transpondern versehenen Tiere die ihnen zugedachte Kraftfuttermenge selbstständig abrufen.

In Abhängigkeit vom Leistungs- und Laktationsstand der Tiere sowie der Struktur und Menge des Futters können bis 30 Tiere mit einer Abrufstation versorgt werden. Vorteilhaft sind Abrufstationen für mehrere Kraftfutterarten, um eine gezielte Dosierung von Futterenergie und Futtereiweiß innerhalb der Gesamtration zu ermöglichen. Bisher werden überwiegend Volumendosierer eingesetzt, die nach vorangehender Dichte-Kalibrierung des Futters eine ausreichende Genauigkeit aufweisen.

Für die an Bedeutung verlierende **Anbindehaltung** gibt es zur automatisierten Kraftfutterzuteilung schienengebundene Dosierwagen ohne und mit Tiererkennung. Bei den Verfahren ohne Tiererkennung erfolgt die individuelle Kraftfutterzuteilung über die Erfassung des jeweiligen Standplatzes. Auch hier können Transponder eingesetzt werden, die am Standplatz befestigt sind. Nachteilig ist, dass bei veränderlicher Reihenfolge der Tiere im Stall (z.B. wenn Tiere abends nach Weidegang wieder angebunden werden) eine neue Programmierung der zuzuteilenden Kraftfütteration notwendig wird. Mit der Nutzung einer elektronischen Kennzeichnung im Kopfbereich des Tieres (Halsband, Injektat, Ohrmarke) wird diese Anpassung

überflüssig. Anzumerken ist, dass hierbei eine entsprechende Anpassung der Lesenantenne notwendig ist, damit auch liegende oder zurück getretene Tiere zuverlässig vom vorbeifahrenden Dosierwagen erkannt werden.

3.3 Individuelle Leistungserfassung

Ein ökonomischer und umweltgerechter Futtereinsatz erfordert die ständige Erfassung der Tierleistung, um einerseits Mängel und andererseits Überversorgung zu vermeiden. Als wesentliche Kriterien für eine angepasste Fütterung in der Milchviehhaltung können die **Lebendmasse** (Tiergewicht) oder die Körperkondition in Verbindung mit der **Milchleistung** herangezogen werden. Einfließende Parameter sind jedoch indirekt auch die **Fruchtbarkeit** und der allgemeine **Gesundheitszustand** des einzelnen Tieres.

Die automatisierte Gewichtserfassung von Rindern wird seit vielen Jahren untersucht und auf Praxisbetrieben in unterschiedlichen Varianten eingesetzt (**Abb. 3**). Für die Erfassung der Lebendmasse muss zwischen sog. Durchlaufwaagen, die i.d.R. am Ausgang des Melkstandes installiert werden, und Standwaagen unterschieden werden, die häufig in die Bodenplatte des Kraftfutterstandes integriert sind. Die Bewertung der Körperkondition ist derzeit noch nicht elektronisch möglich; hier werden visuelle Boniturnoten für die Fettaufgabe und den Allgemeinzustand des Tieres (**Body-Condition-Scoring**, BCS bzw. **Body-Conditioning-Index**, BCI) vergeben.

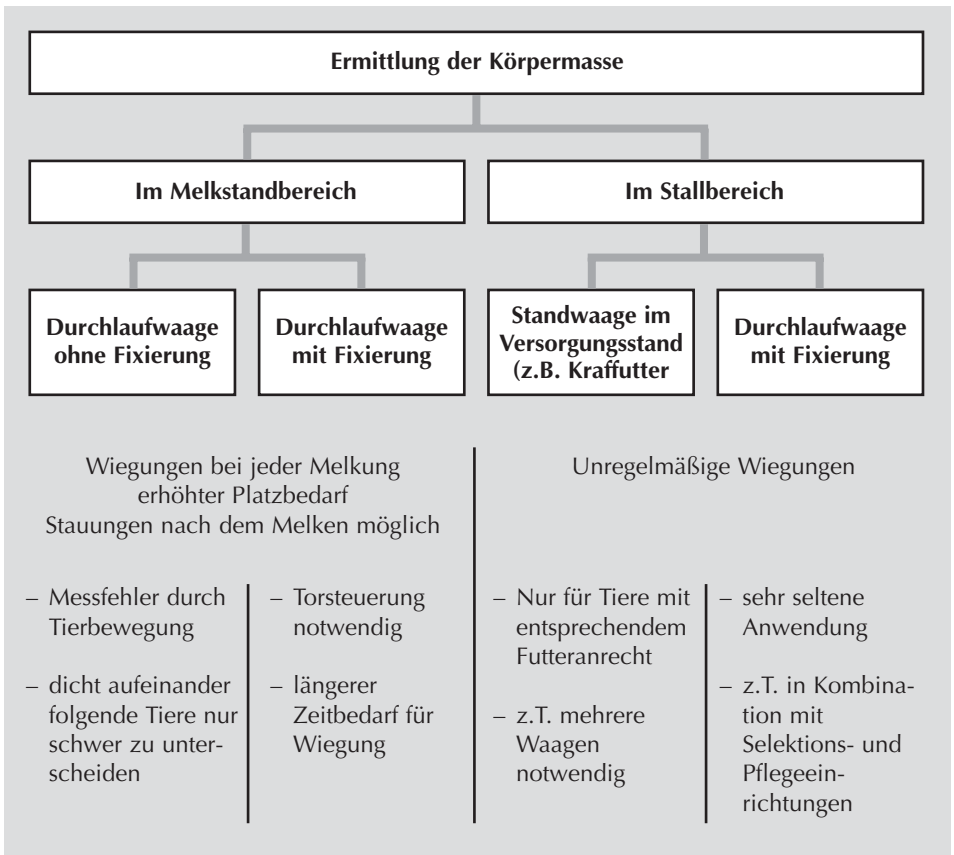


Abb. 3: Möglichkeiten zur automatisierten Gewichtserfassung von Kühen

Neben den vergleichend dargestellten Vor- und Nachteilen unterliegt das Tiergewicht Schwankungen im Tagesverlauf. Mit Blick auf die leistungs- und bedarfsgerechte Futtermittelversorgung der Tiere kommt der Bestimmung der täglichen Milchleistung damit die größere Bedeutung zu. Dabei können insgesamt geringere Anforderungen an die Messgenauigkeit der Sensoren ($\pm 5\%$) als bei der üblichen fünfwöchigen Milchkontrolle ($\pm 2,5\%$) gestellt werden.

Für die Aufgabe der automatisierten Milchmengenerfassung werden verschiedene Messverfahren eingesetzt (**Abb. 4**), die entweder absätzig oder kontinuierlich arbeiten. Alle eingesetzten Geräte sollten nach den Anforderungen des Internationalen Komitees für Leistungsprüfungen in der Tierzucht (ICAR) geprüft und anerkannt sein. Ihr Messbereich sollte von 0 bis 30 kg reichen, wobei Minutengemelke bis 9 kg/min erfasst werden müssen.

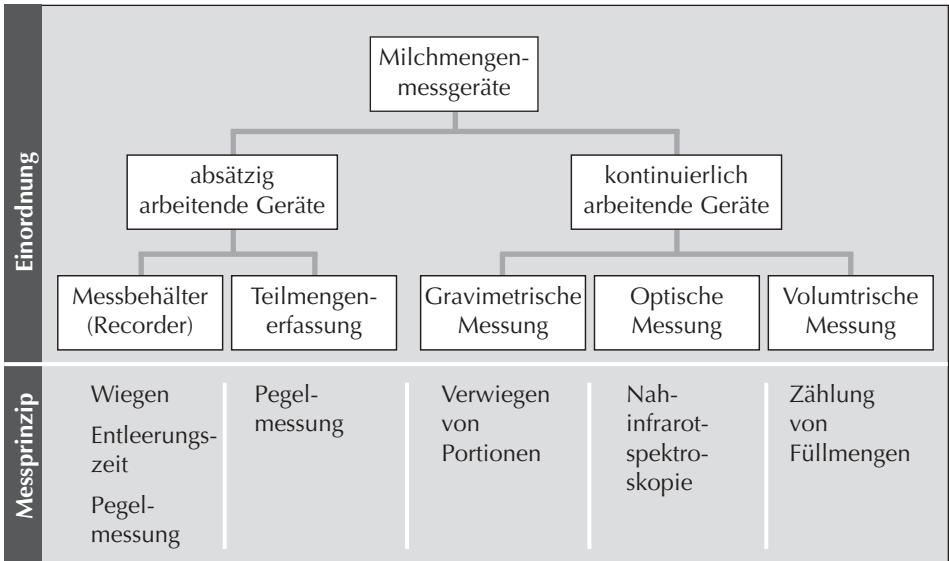


Abb. 4: Systematik von Milchmengenmessgeräten

Milchmengenmessgeräte werden nicht nur zur Bestimmung des Gesamtgemelks herangezogen. Vielmehr erlaubt die kontinuierliche Erfassung die Bestimmung des aktuellen Milchflusses. Bei Erreichen des unteren Grenzwertes zum Blindmelken (< 0,2 kg/min) kann so automatisch eine Steuerung des mechanischen Nachmelkens und der automatischen Melkzeugabnahme sowie Aus- und Einlass der Kühe bei AutoTandem-Melkständen nach Versiegen des Milchflusses erfolgen. Vorteilhaft ist darüber hinaus der mögliche Vergleich der aktuellen mit früheren Daten.

In Kombination mit weiteren Parametern können plötzliche Veränderungen (Abweichungen vom gleitenden, aktuellen Mittelwert) bei der Milchleistung oder der Milchzusammensetzung Hinweise auf gesundheitliche Störungen geben und bei der Brunsterkennung helfen. Um die Zuord-

nung von Melkparametern und Tieridentität zu gewährleisten, ist an jedem Melkplatz oder nur einmalig beim Betreten des Melkstandes eine Tiererkennung erforderlich. In Abhängigkeit der gewählten Ausführung ergeben sich für beide Varianten Vor- und Nachteile. Bei der Melkplatzidentifizierung ist ein erhöhter elektronischer Aufwand für Antennen und Leseelektroniken erforderlich, der in der Regel mit höheren Investitionen verbunden ist. Die Praxis zeigt, dass es trotz dieses Mehraufwands in Einzelfällen zu einer unsicheren Zuordnung kommen kann. Dies gilt beispielsweise, wenn Transponder in Form von Fußbändern angebracht sind und von der benachbarten Standplatzantenne registriert werden. Eine Durchgangserkennung am Eingang des Melkstandes ist i.d.R. kostengünstiger, da nur eine Lese-station pro Melkstandreihe notwendig ist.

Die Durchgangserkennung stellt insgesamt höhere Anforderungen an das Erkennungssystem, da sowohl größere Abstände zwischen Transponder und Leseantenne (>50 cm) als auch größere Passagegeschwindigkeiten (>3m/s) bei bewegten Tieren auftreten können. Werden einzelne Tiere bei der Passage nicht erkannt, erfolgt die Tier-Melkplatz-Zuordnung nicht korrekt. Die Prüfung der Übereinstimmung zwischen Melkplatzanzeige und Tiernummer beim letzten Tier der Gruppe ist notwendig, damit über die manuelle Zuordnung entschieden und diese durchgeführt werden kann. Für einen funktionsgerechten Zugang der Tiere in den Melkstand (verlängerter Eintreibebereich mit Ringantenne) ist häufig ein erhöhter Platzbedarf vor dem Melkstand zu berücksichtigen.

Bei der Planung von Um- und Neubaulösungen sollte außerdem zusätzlicher Raum für die automatische Selektion eingeplant werden. Selektionseinrichtungen unterstützen das tägliche Management und verbessern die Arbeitseffizienz. In Laufställen mit konventioneller Melktechnik erfolgt die Selektion üblicherweise nach dem Melkstand (Nachselektion). Bei automatischen Melksystemen werden auch Selektionseinrichtungen vor der Melkeinheit eingesetzt (Vorselektion). Ergänzend kann der Tierverkehr so gesteuert werden, dass Tiere erneut der Melkeinheit zugeführt werden (Rückselektion). Die Erkennung einzelner Tiere erfolgt dabei analog zur Eingangserkennung im Melkstand. Die Funktionssicherheit wird maßgeblich von der fehlerfreien Identifikation des richtigen Tieres bestimmt. Zusätzlich können mechanische Einrichtungen für die Vereinzelung der Tiere vor der Selektionseinrichtung eingesetzt werden. So wird verhindert, dass nachdrängende Tiere versehentlich mit selektiert werden.

3.4 Automatische Melksysteme

Eine vollständige Mechanisierung der Milchgewinnung wurde mit **automatischen Melksystemen (AMS)** erreicht. Diese Systeme übernehmen auf vielen Betrieben den gesamten Vorgang des Melkens von der Euterreinigung und -stimulation über das Ansetzen der Zitzenbecher bis zu deren Abnahme. Die Abbildung 5 zeigt exemplarisch den Aufbau eines typischen AMS mit einem Melkplatz. Prinzipiell wird der Zu- und Austritt der Tiere wie bei Auto-Tandem-Melkständen über elektronisch gesteuerte Tore realisiert. Anstelle des Melkers übernimmt jedoch ein Werkzeugarm die Reinigung und das anschließende Ansetzen, nachdem die Zitzenposition bestimmt wurde. Für die grobe Lokalisierung werden tastende und/oder kontaktlos arbeitende Sensoren eingesetzt. Die anschließend notwendige Feinabstimmung erfolgt bei den derzeit angebotenen Geräten entweder durch Ultraschallsensoren (z.B. System Prolion), ein Lasermesssystem (System Lely) oder bildverarbeitende Systeme (System DeLaval, Galaxy). Ergänzend werden diese Daten für das Einzeltier abgespeichert, um das Auffinden der Zitzen beim nächsten Besuch der Kuh in der Melkbox zu beschleunigen.

Generell wird bei automatischen Melksystemen ein höheres technisches Niveau bei der eingesetzten Sensortechnik realisiert, da hier nur 1 Melkzeug für jeweils ca. 50-70 Tiere ausgestattet werden muss. So erfassen die derzeit am Markt angebotenen Systeme neben der Milchmenge (teilweise auf Viertelenebene) auch die Leitfähigkeit der Milch. Daneben werden je nach Hersteller auch Informationen zum Milchfluss oder zur Milchfarbe erfasst.

Weitere Sensoren zur Erfassung von Qualitätsparametern oder Inhaltsstoffen befinden sich in Entwicklung. Durch die installierte Technik lassen sich bei den meisten Systemen die Melkbecher viertel-spezifisch abnehmen, so dass das Blind-

melken deutlich reduziert werden kann. Das System Lely ermöglicht darüber hinaus die Anpassung der Pulsation je Viertel. Durch das automatisierte Ansetzen des Melkzeugs sowie die Überwachung des Melkvorgangs ist das Melken erstmals

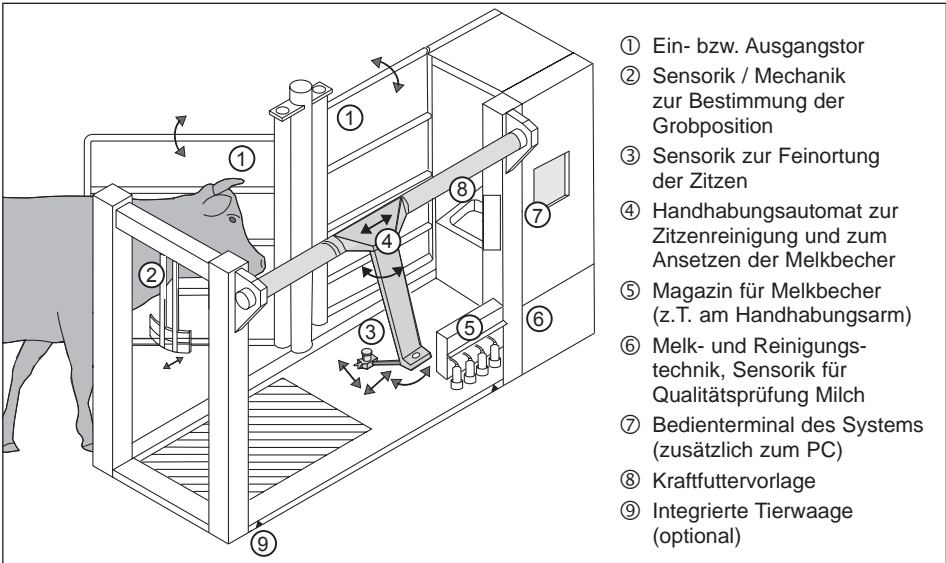


Abb. 5: Funktionelle Baugruppen eines automatischen Melksystems

unabhängig vom Arbeitsrhythmus des Menschen möglich. Neben einer Reduzierung des Arbeitsbedarfs lässt sich so die Melkfrequenz besser dem Tier anpassen. Da der Mensch beim Melkvorgang i.d.R. nicht mehr anwesend ist, kommt der Sensorik und den damit gewonnenen Daten eine größere Bedeutung zu als beim konventionellen Melken.

Das Gesamtsystem „Automatisches Melken“ besteht jedoch nicht nur aus der Melktechnik. Hinzu können Kraftfütterstationen, Waagen und Einrichtungen zum Tierumtrieb kommen. Diese Systeme haben einen teilweise erheblichen Einfluss

auf die erzielbare Leistung des automatischen Melksystems und sind daher in der Regel über die Prozesssteuerung auch eng mit diesem verzahnt.

3.5 Fruchtbarkeits- und Gesundheitsüberwachung

Neben der Milchleistung haben das Gesundheitsgeschehen und die Reproduktion für die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung eine große Bedeutung. Möglichkeiten zur Verbesserung des Besamungserfolges bestehen vor allem im Bereich der termingerechten Besamung der Kühe, die

eine sichere, frühe Detektion der Brunst voraussetzt. In der Praxis werden zu diesem Zweck vermehrt **Pedometer**, d.h. Schrittzähler eingesetzt, mit denen die im Brunstzeitraum erhöhte Aktivität der Milchkühe registriert werden kann. Für die Registrierung der Aktivität wird derzeit meist ein impulsabhängiger Sensor eingesetzt, der bei Lageänderung einen elektrischen Kontakt öffnet bzw. schließt. Diese Impulse werden gezählt, gespeichert und anschließend ausgewertet. Hinsichtlich des technischen Aufbaus sind drei Systeme zu unterscheiden (**Abb. 6**).

Bei älteren autonomen System, die in Abbildung 6 nicht dargestellt sind, erfolgt die gesamte Auswertung mit Hilfe eines Mikroprozessors im Pedometer selbst. Über Leuchtdioden wird optisch angezeigt, dass eine erhöhte Aktivität vorliegt.

Bei kombinierten Systemen bilden das Pedometer und die elektronische Tierkennzeichnung (Transponder) eine funktionelle Einheit. In diesem Fall besitzt der vom Tier getragene Sensor keine eigene Intelligenz, sondern speichert nur die Schrittzahl. Die eigentliche Auswertung der Aktivitätsdaten übernimmt der Managementcomputer. Bei jeder Identifikation in der Kraftfutter-Abwurfstation, im Melkstand oder in der Melkbox des AMS wird die Transpondernummer und der Aktivitätswert übertragen und anschließend ausgewertet. Seit einiger Zeit ist auch ein System verfügbar, bei dem die Identifizierung und die Übertragung der Aktivitätsdaten getrennt von einander erfolgen.

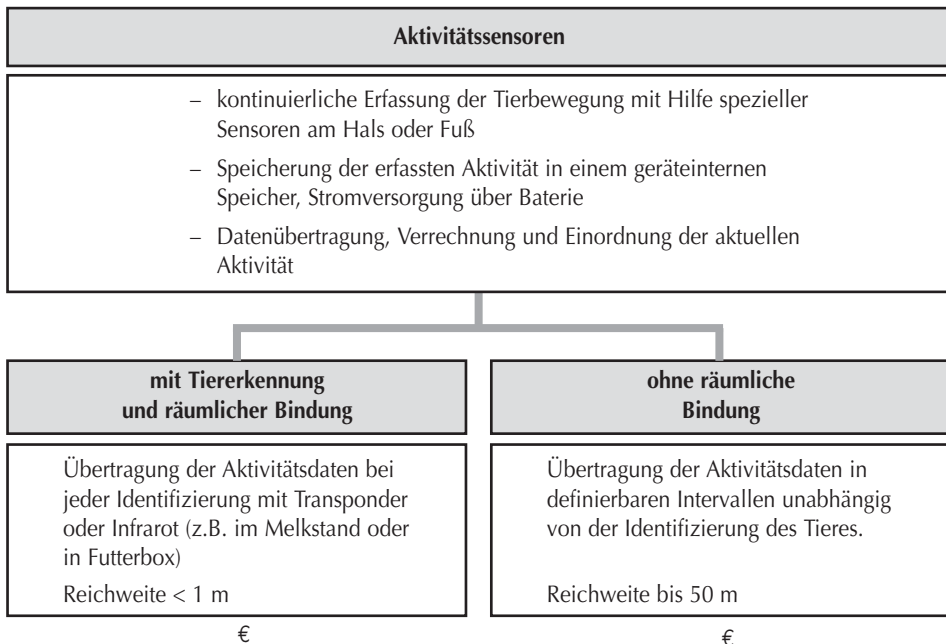


Abb. 6: Systemunterschiede von Pedometern zur Aktivitätserfassung bei Milchkühen

Zur Verbesserung des Fruchtbarkeits- und Gesundheitsmanagements können auch mehrere Brunstsymptome parallel erfasst und ausgewertet werden. In der „Kombinatorik“, also der Verknüpfung von Daten zu einer verdichteten Information, werden noch große Reserven für das Management vermutet. Ein viel versprechender Ansatz besteht darin, bei physiologisch beeinflussten Merkmalen (z.B. Futteraufnahme, Melkparameter und Aktivitätsdaten) Rechenalgorithmen einzusetzen, um signifikante Abweichungen vom Normalzustand zu erkennen. Nutzbar könnten derartige mathematische Analysen zukünftig auch bei der Kontrolle des Gesundheitsstatus werden. Nach den bisherigen Erkenntnissen sind hierbei vor allem die elektrische Leitfähigkeit der Milch, die Körpertemperatur sowie die Pulsfrequenz interessant, da sie automatisiert und ohne Eingriffe am Tier erfasst werden können.

Kälberaufzucht mit Warmtränke-Abrufstationen

Prozessrechnergesteuerte Tränkeautomaten sind ein gutes Beispiel für die erfolgreiche Ergänzung der computer-unterstützten Tierhaltung schon während der Aufzuchtphase der wertvollen Jungtiere. Sie verbinden die Vorteile der individuellen Versorgung der Tiere mit den Vorzügen einer artgerechten Haltung in Gruppen. Die Geräte sind schon seit über 30 Jahren auf dem Markt; allerdings sind wesentliche Entwicklungen erst in den letzten Jahren ergänzt worden. Die Geräte dienen der – selbstständigen – Tränkezubereitung, -zuteilung und -vorlage in Gruppenhaltungssystemen für Kälber. Die Technik erfreut sich aus folgenden

- für die Kälber ergeben sich ernährungsphysiologische Vorteile: stets frische und körperwarmer Tränke, die in kleinen Portionen tierindividuell zubereitet und gleichmäßig über den Tag verteilt verabreicht wird;
- für den Menschen lassen sich arbeitswirtschaftliche und -physiologische Vorteile erreichen: durch die Teilautomatisierung der Routinearbeiten wird im Bereich der Tränkezubereitung und -verabreichung Arbeitszeit eingespart. Kontroll- und Wartungsarbeiten können terminungebunden erledigt werden.
- Durch die automatische Erfassung umfangreicher Tränke- und Verhaltensparameter erhält der Tierhalter zusätzliche Managementhilfen, um sich rasch und umfassend über das Tränkeverhalten und den Gesundheitszustand der Tiere zu informieren.

Eine Tränkestation kann bis zu 30 Kälber versorgen. Da Kälber beim Aufenthalt in der Tränkestation nur wenig Zeit mit der eigentlichen Tränkeaufnahme zubringen, ermöglicht ein Umschaltventil mit Vorrangsteuerung den Anschluss einer zweiten Saugstelle und damit die Versorgung von bis zu 60 Kälbern mit einem Tränkeautomat.

Neben der geringeren Arbeitsbelastung durch den Tränkeautomaten ist für viele Tierhalter die Futterkosteneinsparung durch Frühentwöhnung von der Milch von Interesse. Zum einen können tierindividuell Tränkekurven definiert und abgefahren werden. Eine Begrenzung der Tränkezeit (z. B. 10 statt 12 Wochen) ist bei gut entwickelten Kälbern jederzeit möglich. Zum anderen können auch weitere Informationen durch den Tränkecomputer berücksichtigt werden. Zum Beispiel kann

die Kraftfutteraufnahme des Kalbes mit einer speziellen Abrufstation individuell erfasst werden. Aber auch die Gewichtsentwicklung oder die Lebendmasse des Kalbes lassen sich durch Waagen ermitteln und für den Abtränkzeitpunkt berücksichtigen. Neuere Versuchsergebnisse zeigen, dass auch die Wasseraufnahme der Tiere

als Leitparameter für die Steuerung der Abtränkphase mit genutzt werden kann. Voraussetzung ist die individuelle Registrierung der Wasseraufnahme, die in Beziehung zur Kraftfutteraufnahme und damit auch zur physiologischen Entwicklung des Tieres steht.

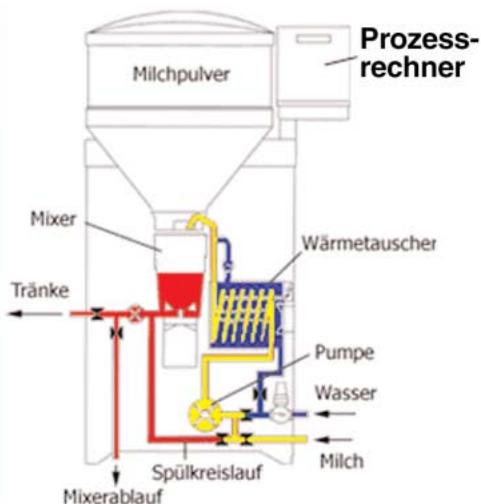


Abb. 7: rechts: Funktionselemente einer Warmtränke-Abrufstation (Fa. Förster), links: Saugstelle mit saugendem Kalb und Halsband-Identifizierung

3.6 Innerbetriebliche Informationsverarbeitung

Bei der Führung einer Milchviehherde sind langfristige (jährlich, mehrjährig), mittelfristige (monatlich) und kurzfristige (täglich, stündlich) Planungen und Entscheidungen in einer komplexen Struktur zu treffen. Während für die grobe Planung u.a. Richt- und Schätzwerte herangezogen werden

können, erfordern tierindividuelle Zielvorgaben (z.B. Fütterung, Besamung) eine entsprechend detaillierte Datenerfassung und Zuordnung, die mit den oben beschriebenen Verfahren realisiert werden kann. Die von den verschiedenen Sensoren gelieferten Daten müssen zunächst übertragen und anschließend zu leicht verständlichen und schnell aufnehmbaren Informationen aufbereitet werden. Hierzu werden in der Praxis Herdenmanagementprogramme eingesetzt, die jedoch in der Regel hersteller-

spezifische Abgrenzungen aufweisen. Große Software-Pakete unterstützen den Landwirt nicht nur im operativen (kurzfristigen) Bereich, sondern bieten auch betriebswirtschaftliche Auswertungen und geben Empfehlungen zur kaufmännischen Betriebsführung. Für den Praktiker beinhaltet dies, dass bedauerlicherweise zur Zeit noch nicht jedes Programm (Software) Daten von einem anderen Prozessrechner (Krafftutterstation, Melkstand, Waage) verarbeiten kann. Ziel zukünftiger Elektronik-Entwicklungen in der gesamten Milcherzeugung muss es daher sein, die derzeit verfügbaren Standards zum Datenaustausch (z.B. Agricultural Data Interchange Syntax (ADIS), Agricultural Data Element Dictionary (ADED) oder EDIFAS: Electronic Data Interchange Filedefinition for the Agricultural Sector) auf allen Ebenen der Nutzung - auch bei der Agrarsoftware auf Betriebsebene - durch ISOagriNet und AGRO-XML zu integrieren.

Als sehr nützliche Werkzeuge für operative Entscheidungen und als „Notizblock“ im Stall haben sich Kleincomputer im Taschenformat, sogenannte PDAs (Personal-Digital-Assistants) erwiesen. Diese Geräte stellen auf den verschiedensten Ebenen ihre Vielseitigkeit (z.B. zur Adressverwaltung oder als Navigationssystem im PKW) unter Beweis. Der Landwirt hat den großen Vorteil, dass sämtliche Daten eines Tieres im Stall abrufbar sind und z.B. bei Besamungsentscheidungen die Abstammung des Tieres ohne langes Nachschlagen in Karteikarten vor Ort verfügbar sind. Tierbehandlungen oder wichtige Kommentare werden durch eine Synchronisation mit dem PC automatisch in die Stammdatenbank übernommen. Arbeiten mehrere Personen in großen Milchkuhbeständen parallel mit diesen Geräten, ist

der regelmäßige Datenabgleich sehr wichtig, damit alle Entscheidungsträger den gleichen Informationsstand über das Einzeltier haben. Im Sinne der stetig steigenden Dokumentationspflichten und zur Gewährleistung einer lückenlosen Rückverfolgbarkeit von tierspezifischen Behandlungsmaßnahmen können diese Hand-Held-Computer zu einer Entlastung des Tierhalters führen.

3.7 Überbetrieblicher Informationsaustausch und Vergleich

Die Verbreitung von Software zum Herdenmanagement hat dazu beigetragen, umfangreiche herden- und tierspezifische Datensätze aufzubauen. Die enthaltene Information kann im Vergleich mit anderen Betrieben dazu genutzt werden, Schwachstellen in der Produktion aufzudecken. Die moderne Kommunikationstechnik mit betriebsinterner und -externer Vernetzung (Internet) unterstützt diese Entwicklung. So stehen seit einigen Jahren neben den klassischen Programmen zum Herdenmanagement auf dem PC (dezentrale Anwendung) auch internetgestützte Datenbanksysteme für die gleiche Anwendung (zentrale Anwendung) zur Verfügung. Um beide Systeme nutzbringend und arbeitssparend weiter zu entwickeln, ist es notwendig, dass neben Landwirten und Herstellern auch Forschung und Beratung ihr Wissen mit einbringen.

4 Fazit und Ausblick

Die Elektronik hat mit unterschiedlicher Ausprägung auf allen Milch erzeugenden Betrieben Einzug gehalten. Sie stellt der Betriebsleitung wichtige Daten für Managementaufgaben zur Verfügung, erleichtert

körperliche Arbeit und fördert die Umsetzung artgerechter Gruppenhaltung. Laufstallsysteme, in denen sich die Kühe zu freien Zeiten mit Grund- und Kraffutter versorgen, sind so zum praxisüblichen Standard geworden. Die Entwicklung automatischer Melksysteme erweitert diesen „Tierkomfort“ künftig auch auf das Melken. Für den Landwirt wandelt sich damit das Arbeitsprofil von der termingebundenen körperlichen Arbeit zur ungebundenen „Kopfarbeit“.

Trotz des technischen Fortschrittes ist derzeit keine vollständig „automatisierte Prozesssteuerung“ im komplexen System der Milchviehhaltung realisiert. Der tatsächliche Nutzen der beschriebenen Technologie hängt folglich entscheidend von den menschlichen Fähigkeiten ab. In diesem Sinne ist auch eine Kosten-Nutzen-Analyse nur einzelbetrieblich sinnvoll und kann an dieser Stelle nicht pauschal formuliert werden. Zur Unterstützung der menschlichen Aufgaben ist auch weiterhin eine Verfeinerung und Verbesserung der Technik und der Software zu fordern. Dies gilt insbesondere für die Aufbereitung von Daten zu aussagekräftigen Informationen. Eine weitere Verbreitung der beschriebe-

nen Komponenten ist vor allem dann zu erwarten, wenn sich auch bei der landwirtschaftlichen Prozesstechnik weitere Preissenkungen einstellen, wie sie aus anderen Bereichen der Elektronik (z.B. PCs, Kommunikationstechnik, etc.) bekannt sind.

Die hier aufgeführten Beispiele machen deutlich, dass der Einsatz der Elektronik nicht nur im Interesse des Tierhalters erfolgt. Auch der Individualität des Tieres kann mit Hilfe von Sensoren und Auswertungsroutinen besser entsprochen werden. Besonders die Krankheitsfrüherkennung hat erhebliche Fortschritte durch diese Entwicklungen erreicht. Viele Behandlungen werden vermeidbar, wenn - bei erheblichen Abweichungen vom gleitenden Mittelwert des Normalverhaltens - die Tiere auf Alarmlisten gesetzt und besonders aufmerksam betreut werden. Sicher ist das wachsame Auge des Landwirts unverzichtbar; die unterstützenden Funktionen und das große Potenzial der elektronischen Informationssysteme werden in der breiten Tierschutzdiskussion jedoch nicht angemessen wahrgenommen.

5 Literatur zur weiteren Information

- Automatisches Melken (AMS). DLG-KTBL Arbeitspapier 248. Hrsg.: H. Schön und H. Pirkelmann. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 1997, 67 S.
- Elektronik - eine unentbehrliche Hilfe für den Landwirt, DLG-Arbeitsunterlage D/90
- Harms, J. (2005): Untersuchungen zum Einsatz verschiedener Varianten des Tierumtriebs bei automatischen Melksystemen (Einboxenanlagen). Dissertation, TU München, ISSN: 0931-6264: 180 S.
(<http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ww/2005/harms.pdf>)
- Jungbluth, T.; W. Büscher; M. Krause (2005): Technik Tierhaltung. Ulmer Taschenbuch Verlag (UTB) 264
- Klindtworth, M.: Untersuchungen zur automatisierten Identifizierung von Rindern bei der Qualitätsfleischerzeugung mit Hilfe injizierbarer Transponder. Dissertation, TU München, Weihenstephan 1998.
- KTBL-Arbeitspapier 205, Injektate zur elektronischen Tieridentifizierung; KTBL/LAV-Fachgespräch am 15./16.03.1994 in Fulda. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 1994
- Ordolf, D.: Jeder Liter zählt. Elektronische Milchmengenmessung: Was der Markt bietet. In: dlz 9/97, S. 60-64
- Schön H.; Wendl, G.: Jahrbuch Agrartechnik (Jahrgänge 1997 u. 1998)
- Schön, H.: Elektronik und Computer in der Landwirtschaft. Rechnergestützte Verfahren für eine betriebsmittelsparende und umweltverträgliche Produktion. Hrsg.: H. Schön, Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 1993, 303 S.
- Vorlesungsblätter und Grafiken der Landtechnik Weihenstephan: Behr 912 446; Ke 972 477; Schw 882 400; Eism 961 103; Ke 972 129; Ke 972 153; Kli 951kk01;
- Wendl, G.; Klindtworth, K.: Injektate mit Temperatursensoren, ein weiterer Schritt in der Tierüberwachung. -In: Landtechnik 52 (1997), Heft 4, S. 202-203.
- Wendl, G.; Klindtworth, K.; Wagner, M.: Gläserne Kuh. Elektronische Hilfsmittel erleichtern die Tierbeobachtung. -In: Der Tierzüchter 12/95, S. 32-35
- Wendl, G.; Harms, J.: Innovative Technik für die Tierhaltung durch Sensoren und Automatisierung - Innovative technique for animal husbandry using sensors and automation. In: Vortragsband der 63. Internationalen Tagung Land.Technik, Hannover, 04/05 November 2005.

Bild- und Tabellennachweise:

Abb. 1: Klindtworth, M.; Harms, J. nach Vorlagen der Landtechnik Weihenstephan

Abb. 2: Klindtworth, M.

Abb. 3: Klindtworth, M. verändert nach Vorlagen von Wendl, G.

Abb. 4: Klindtworth, M.; Harms, J.; und Wendl, G.

Abb. 5: Klindtworth, M.; Harms, J. nach Vorlagen der Landtechnik Weihenstephan

Abb. 6: Klindtworth, M.; Wendl, G.

Abb. 7: Büscher, W.

Tab. 1: Klindtworth, M. nach Vorlagen der Landtechnik Weihenstephan

Tab. 2: Klindtworth, M.

Herausgegeben von der DLG e.V.

Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft

DLG-Ausschuß "Technik in der Tierproduktion" und "Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik"

(2006) überarbeitet von

- Prof. Dr. Wolfgang Büscher, Universität Bonn; - Dr. Michael Klindtworth,
Fachhochschule Osnabrück und - Dr. Jan Harms, Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft Freising.

frühere Fassung

(1999) von Dr. agr. M. Klindtworth, Landtechnik Weihenstephan



*Impulse für
den Fortschritt*

DLG e.V.

Eschborner Landstraße 122, D-60489 Frankfurt a.M.

Telefon: 0 69/2 47 88-0, Fax: 0 69/2 47 88-110

E-mail: Info@DLG.org, Internet: www.DLG.org