

Joachim Spilke, Wolfgang Büscher, Reiner Doluschitz, Rolf-Dieter Fahr und Wolfgang Lehner

Precision Dairy Farming – integrativer Ansatz für eine nachhaltige Milcherzeugung

Ausgehend von gesellschaftlichen Zielstellungen, Voraussetzungen und Anforderungen wird das Konzept der Precision Dairy Farming beschrieben. Weiterhin werden einer Systematisierung in Aufgabenklassen folgend aktuelle und künftig zu lösende Forschungsschwerpunkte eingeordnet und dargestellt.

1 Einführung

Der Agrar- und Ernährungssektor steht heute mehr denn je vor der Herausforderung einer dauerhaften Verbindung von Verbraucher- und Tierschutz, Qualitätssicherung sowie Nachhaltigkeit. Die gesellschaftliche Stellung und Akzeptanz der Landwirtschaft hängen wesentlich davon ab, wie diese Herausforderungen gemeistert werden. Für die Milcherzeugung gilt das wegen ihrer dominanten betrieblichen Wettbewerbskraft und der großen Bedeutung für den Agrarsektor in besonderem Maße. Der aus Sicht des Tierschutzes ebenso wie aus betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Gründen zwingende Übergang zur Laufstallhaltung, aber auch tendenziell steigende Herdengrößen, dürfen nicht zu einer Abnahme der tierindividuellen Betreuungsintensität führen. Vielmehr zwingen vor allem die derzeit hohe Frequenz von Mastitis und hiermit verbundene tierschutzrelevante Belastungen der Kühe wie auch dramatisch abnehmende Nutzungsdauern zu einem stärkeren Monitoring auf der Ebene des Einzeltiers. Unter dem Gesichtspunkt des Verbraucherschutzes und einer durchgehenden Qualitätssicherung ist eine verbesserte Früherkennung qualitätsmindernder Einflüsse im Produkt und der weitgehende Verzicht von Tierarzneimitteln zu fordern. Hierfür ist eine noch weitaus stärkere durchgehende Betrachtung des Einzeltieres erforderlich, als das derzeit der Fall ist. Mögliche Veränderungen der Milchmarktordnung können einschneidende betriebsstrukturelle Umgestaltungen nach sich ziehen, die ebenfalls eine Erhöhung der tierindividuellen Betreuungsintensität erfordern.

Eine Vielzahl wissenschaftlicher Einzelergebnisse der letzten Jahre in den Fachgebieten der Agrarwissenschaften, aber auch im Bereich der Informations- und Kommunikationstechniken, haben zu einem Erkenntnis- und technischen Entwicklungsstand geführt, der gerade beim Milchrind noch stärker als bisher den Übergang von der gruppen- zur intensiven einzeltierbezogenen Betrachtung ermöglicht. Ein hierzu notwendiger Innovationsschub ist aber vor allem davon abhängig wie es gelingt, diese Einzelergebnisse zusammenzuführen und durch eine interdisziplinäre Vernetzung zu einem integrierten Gesamtkonzept zu entwickeln.

Abgeleitet aus der beschriebenen Situation muss die Zielsetzung in der Entwicklung eines Systems „Precision Dairy Farming“ als Antwort auf die sich massiv stellenden

Forderungen aus Sicht des Verbraucher- und Tierschutzes, der Qualitätssicherung sowie der Nachhaltigkeit bestehen.

Es ist Gegenstand dieses Beitrages, Precision Dairy Farming als integrativen Ansatz darzustellen und zu begründen. Basierend auf einer Systematisierung der zu lösenden Forschungsaufgaben werden Aufgabenstellungen beschrieben, die sich aus den Arbeitsgebieten der Autoren ableiten. Weiterhin soll ein Ausblick auf weitere Arbeitsschwerpunkte gegeben werden.

2 Precision Dairy Farming

2.1 Definition

Die aus den einleitend genannten gesellschaftlichen Forderungen resultierenden Konsequenzen an die tierische Erzeugung sind komplex. Sie beziehen sich auf Ansprüche aus Sicht der Umwelt, der Qualität der erzeugten Produkte, der Haltungs- und Betreuungsbedingungen sowie soziale Forderungen. Eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung dieser Forderungen kommt einer einzeltierbezogenen Betrachtung zu. Entschieden weitergehender als bisher sind beispielsweise krankheitsbedingte Veränderungen am Tier frühzeitig zu erkennen, Tierarzneimittel gezielter einzusetzen, das individuelle Wohlbefinden besser zu kontrollieren und zu steuern. Die Voraussetzungen hierfür haben sich verbessert. So verweist JUNGBLUTH (2002) nachdrücklich darauf, durch konsequente Nutzung der technischen Möglichkeiten ein hohes Maß an Tiergerechtigkeit zu sichern. Allerdings ist aus seiner Sicht die volle Ausschöpfung der potentiellen Möglichkeiten noch mit einem erheblichen Forschungsbedarf verbunden. Bei der Komplexität der Forderungen, aber auch der Voraussetzungen, kann nur ein integrierter Ansatz unter Mitarbeit aller beteiligten Fachdisziplinen erfolgversprechend sein und die geforderte Qualität des Gesamtprozesses garantieren.

Bezogen auf die Erzeugung von Milch soll dieses ganzheitliche Herangehen im Precision Dairy Farming bestehen.

„Precision Dairy Farming ist ein integrativer Ansatz für eine nachhaltige Erzeugung von Milch mit gesicherter Qualität sowie einem hohen Grad an Verbraucher- und Tierschutz.“

Eine umfassende Definition des Precision Dairy Farming konnte in der Literatur nicht nachgewiesen werden. Der

Begriff wird aber bereits von JONGEBREUR (2000), BRUNSCH (2001) sowie SCHÖN et al. (2001) erwähnt. Es sind jedoch nähere Beschreibungen des Precision Livestock Farming bekannt (SCHÖN und WENDL, 2000; RATSCHOW, 2001; SCHÖN et al., 2001; WENDL und SCHÖN, 2001), das bezüglich der Tierarten weiter gefasst ist, aber aus inhaltlicher Sicht in die selbe Richtung wie Precision Dairy Farming zielt. Insofern ordnet sich Precision Dairy Farming in das umfassendere Konzept Precision Livestock Farming ein, weist jedoch aufgrund der Spezifik der Milcherzeugung Besonderheiten auf. Diese beziehen sich beispielsweise auf den hohen Wert des Einzelindividuums „Milchkuh“, der damit u.a. verbundenen Forderung nach einer langen Nutzungsdauer und notwendigen hohen tierindividuellen Betreuungintensität.

Aus derzeitiger Sicht lassen sich die besonderen Merkmale des Precision Dairy Farming wie folgt umschreiben:

- Weitere Verlagerung der Dokumentations- und Entscheidungsebene von der Tiergruppe oder dem Bestand zum Einzeltier, ebenso auch weitere Verlagerung bestands- und gruppenbezogener Maßnahmen zum Einzeltier;
- hohe Intensität der Tierbeobachtung auch bei zunehmender Bestandsgröße durch ein System von Sensoren an kritischen Kontrollpunkten und darauf aufbauende frühzeitige Erkennung von Krankheiten;
- durchgehende konsistente Dokumentation einzeltierbezogener Merkmale, Ereignisse und Vorfälle durch die Anwendung von Datenbankkonzepten, damit ein hohes Maß an Transparenz der Milcherzeugung und eine einzeltierbezogene Rückverfolgbarkeit jeglicher Behandlungsmaßnahmen, Ereignisse und Vorfälle;
- offenes Datenkonzept mit flexibler Erweiterbarkeit für Datenobjekte und Anwendungen;
- zunehmender Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik und damit einer medienbruchfreien Einordnung in ein System der gläsernen Produktion;
- Kalkulation aussagekräftiger tierindividueller Wirtschaftlichkeits- und Wettbewerbsparameter zur Effizienzsteigerung der innerbetrieblichen Herdenselektion sowie inner- und überbetrieblicher Wirtschaftlichkeitsvergleiche.

Eine zusammenfassende Darstellung der Ziele des Precision Dairy Farming aus Sicht des gesellschaftlichen Umfelds, der damit verbundenen Forderungen und der vorhandenen Voraussetzungen enthält Abbildung 1. Die Abbildung stellt eine Erweiterung und Spezifizierung der Darstellung von RATSCHOW (2001) dar.

In Abbildung 1 sind weiterhin die Voraussetzungen für die Umsetzung des Konzepts Precision Dairy Farming angeführt (oberer Halbkreis). Diese Voraussetzungen haben sich gerade beim Milchrind in den letzten Jahren stark verbessert. Das wird beispielsweise für den Bereich der Prozesssteuerung deutlich. Basierend auf einer inzwischen ausreichend kostengünstig und sicheren individuellen Tierkennzeichnung sind es vor allem die Fortschritte in diesem Bereich, die Handlungsmöglichkeiten eröffnen, aber auch für Handlungsdruck sorgen (vgl. Abschnitt 3). So sind automatische Melksysteme herausragendes Beispiel für den

gestiegenen Anfall einzeltierbezogener Daten (HARMS, 2000), aber auch für die Gefahr der Abnahme der tierindividuellen Betreuungintensität, da der tägliche Kontakt Mensch-Tier während des Melkprozesses nicht mehr gegeben ist (SCHÖN et al., 2001).

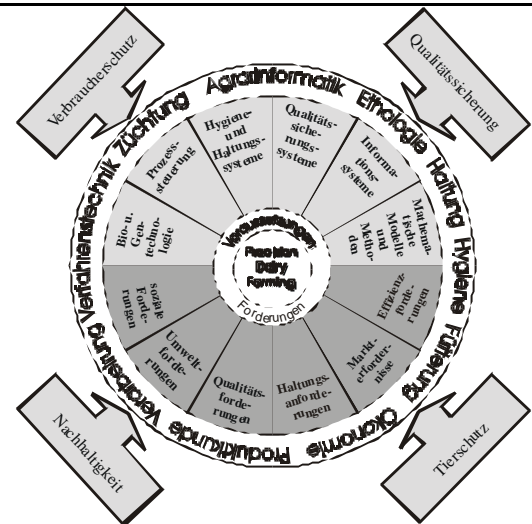


Abb. 1: Precision Dairy Farming - Voraussetzungen, Forderungen und Einordnung in die gesellschaftlichen Zielvorgaben

Der erreichte Entwicklungsstand der angeführten Voraussetzungen bindet einen weiteren Fortschritt aber zwingend daran wie es gelingt, zu einer Integration der einzelnen Komponenten zu kommen. Das wird durch die spezifische Forderungen (unterer Halbkreis) wie Qualitäts- und Haltungsanforderungen oder Effizienz- und Marktanforderungen unterstrichen, die ohne eine Bündelung des spezifischen Wissens einzelner Disziplinen nicht zu erfüllen sind.

Die Darstellung soll daher ebenfalls symbolisieren, dass Precision Dairy Farming nicht von einer einzelnen Fachdisziplin entwickelt werden kann, sondern einen interdisziplinären Ansatz erzwingt. Diese komplexe Herangehensweise erfordert ein integrierendes Dach und entsprechende Schnittstellen zwischen den Disziplinen. Das ist eine der Kernaufgaben der Agrarinformatik (SPILKE, 1999). In diesem Sinne hat die Agrarinformatik im Konzept der Precision Dairy Farming eine herausragende Funktion. Erst die Zusammenführung des methodischen Arsenalts der einzelnen Fachdisziplinen lässt eine erfolversprechende Umsetzung erwarten. Precision Dairy Farming stellt sich als ein Konzept dar, das den notwendigen Systemansatz einer erfolgreichen und eigenständigen Agrarforschung unterstreicht, wie das auch für andere Aufgabenstellungen im Agrarbereich gilt (ISERMEYER et al., 2002).

2.2. Einordnung in die Informationsverarbeitung im Agrarbereich

Zum Verständnis erscheint weiter wichtig darzustellen, in welcher Weise sich Precision Dairy Farming strukturell einordnet. Das kann anhand des Schichtenmodells der Informationsverarbeitung im Agrarbereich veranschaulicht werden (Abbildung 2). Dabei stellen die Schichten eine

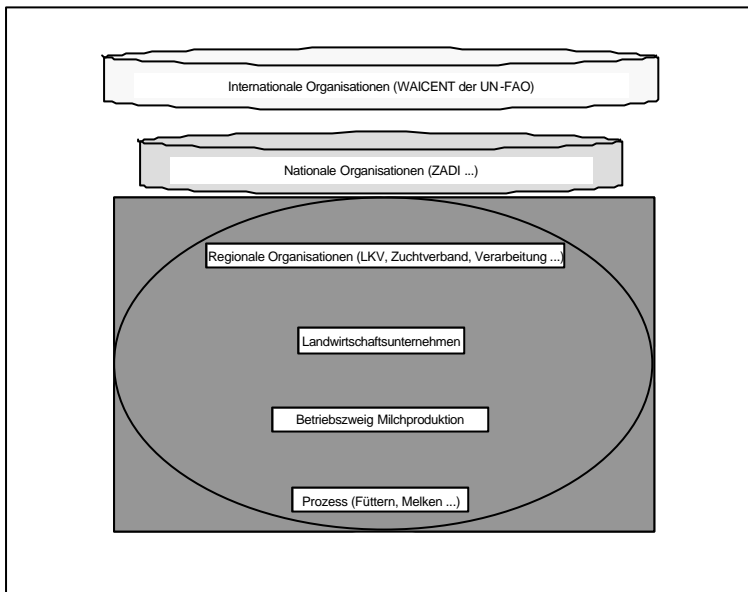


Abb. 2: Schichtenmodell der Informationsverarbeitung im Agrarbereich (DOLUSCHITZ und SPILKE, 2002)

aufgabenbezogene Systematisierung dar, die sich in spezifischer Hard- und Software niederschlägt. Zwischen den Schichten bestehen u.a. daten- und informationsseitige Beziehungen, die zwischen benachbarten Schichten besonders intensiv sind.

Aus der integrierenden Vorgehensweise von Precision Dairy Farming folgt der Bezug auf mehrere Schichten. Bei dem derzeitigen Entwicklungsstand sind das die besonders markierten Schichten Prozess (beispielsweise Melk- und Fütterungsprozess), Betriebszweig Milcherzeugung, landwirtschaftliches Unternehmen. Weiterhin ist die darüber liegende Schicht der mit der Milcherzeugung befassten regionalen Organisationen (beispielsweise Landeskontrollverband (LKV), Zuchtverband, Rechenzentrum zur Zuchtwertschätzung) und Unternehmen (beispielsweise Milchverarbeitung) von besonderer Bedeutung.

Die schichtenübergreifende Ellipse in Abbildung 2 soll auch symbolisieren, dass die Umsetzung von Precision Dairy Farming weitaus mehr als bisher zu einer schichtenübergreifenden Integration zwingt. Dabei besteht die besondere Herausforderung darin, dass sich diese Integration sowohl auf Schichten innerhalb eines Informationssystems (Informationssystem des landwirtschaftlichen Unternehmens mit den Schichten Prozess-Zweig-Unternehmen) als auch zwischen Informationssystemen (beispielsweise landwirtschaftliches Unternehmen und Verarbeitung) bezieht.

Besondere Bedeutung erfahren diese Beziehungen durch die verschiedenen Konzepte der Qualitätssicherung bzw. des Qualitätsmanagements im Bereich der Milcherzeugung. Bereits auf der Stufe eines Basisqualitätsmanagementsystems entsteht ein erheblicher Bedarf an verlässlichen Daten aus der Produktionsebene selbst und aus Einrichtungen der übergeordneten Ebene um auf die Prozessqualität Einfluss zu nehmen. Mit der Herausbildung von kundenorientierten (beispielsweise definierte Anteile von Fettsäuren im Butterfett) oder verarbeitungsorientierten (beispielsweise

Häufigkeiten von Clostridien sporen in der Rohmilch für die Schnitt- oder Hartkäseproduktion) Qualitätsketten wird ein intensiver Datenaustausch zwischen den Prozessbeteiligten erforderlich. Das zwingt vor allem zu einem logisch einheitlichem Datenkonzept als stabile Basis für jegliche fachlichen Anwendungen (vgl. Abschnitt 3).

3 Aktuelle Forschungsschwerpunkte

3.1 Systematisierung in Aufgabenklassen

Im Rahmen der Entwicklung von Precision Dairy Farming sind generell die folgenden drei Aufgabenklassen zu unterscheiden:

1. Weiterentwicklung und Prüfung technischer Einrichtungen, beispielsweise von Sensoren, zur Erweiterung des Spektrums tierindividueller Daten (vgl. 3.3);
2. Entwicklung eines den spezifischen Anforderungen des Precision Dairy Farming angepassten Informationsmanagements mit dem besonderen Schwerpunkt des Datenmanagements zur langfristig konsistenten Datenverwaltung und zweckentsprechenden Datenbereitstellung (vgl. 3.2, 3.4);
3. Fachliche Nutzung der bereitgestellten Daten, beispielsweise zur Verbesserung der Prozess- und Produktqualität sowie einzeltierbezogenen Entscheidungsunterstützung (vgl. 3.4 bis 3.6).

Alle angeführten Aufgabenklassen sind bei der Entwicklungsarbeit gleichberechtigt zu beachten. Zwischen den Klassen besteht aber insofern eine Hierarchie, indem Ergebnisse der ersten und zweiten Aufgabenklasse zwingende Voraussetzungen für die dritte Klasse sind. Dabei darf nicht übersehen werden, dass für die landwirtschaftliche Praxis schließlich nur der Entwicklungsstand der fachlichen Nutzung (3. Aufgabenklasse) entscheidend ist, da die Bereitstellung umfangreicher Daten ohne klare Vorstellungen über deren „Aufwertung zu Informationen“ wertlos ist.

Die nachfolgend angeführten Arbeitsschwerpunkte ergeben sich aus der Sicht der Arbeitsgebiete der Autoren diese Beitrags und stellen daher eine entsprechende Auswahl dar. Die Wahl der genannten Schwerpunkte erfolgte auch unter dem Gesichtspunkt, dass damit Beispiele für jede der definierten Aufgabenklassen gegeben werden können.

3.2 Datenmodellierung

Precision Dairy Farming basiert in entscheidendem Maße auf einer einzeltierbezogenen Datenerfassung. Die damit auch künftig weiter wachsenden Datenmengen je Einzeltier in der Milchviehhaltung (HARMS, 2000) erfordern ein entsprechend angepasstes Datenmanagement, um frühzeitig der Gefahr von Engpässen bei der zeitkritischen fallbezogenen Datenbereitstellung oder auch Fehlern bei der langfristigen konsistenten Datenspeicherung zu begegnen. Auch bei der Entwicklung des Precision Farming im Bereich der pflanzlichen Erzeugung musste frühzeitig die fundamentale Bedeutung der Datenmodellierung und entsprechenden Implementierung als Basis jeglicher

fachlicher Aufgabenstellungen erkannt werden (LINSEISEN et al., 2000; LINSEISEN, 2001).

Die Problemfelder eines derartigen Datenmanagements sind sowohl auf inner- als auch auf außerbetrieblicher Ebene zu sehen. Aus innerbetrieblicher Sichtweise ist für eine konsistente Abbildung der erfassten Daten auf Modellebene und gleichzeitig für eine effiziente Datenbereitstellung auf Systemebene zu sorgen. Die Auswertungsrichtungen erstrecken sich dabei von einer fall- und zeitbezogenen Analyse bis hin zur Bereitstellung von Informationen zur strategischen Entscheidungshilfe auf unterschiedlichem Aggregationsniveau der Schichten Prozess, Zweig und Unternehmen. Aus überbetrieblicher Sichtweise steht zur Diskussion, welche Daten für einen überbetrieblichen Datenaustausch relevant sind, wie ein derartiger Datenaustausch realisiert werden kann und welche Auswirkungen eine derartige überbetriebliche Kommunikation auf das Informationssystem von Agrarunternehmen hat.

Gerade die aus den unterschiedlichen Schichten erwachsenden spezifischen Anforderungen an das Aggregationsniveau erfordern Überlegungen zur Trennung von Daten im operativen Einsatz und analytischer Daten im Sinne eines „Data-Warehouse“.

Vor diesem Hintergrund ist ein flexibles aber auch möglichst umfassendes Metadatenmodell zu erarbeiten, das im Sinne eines Referenzmodells den spezifischen Anforderungen des Precision Dairy Farming Rechnung trägt. Basierend auf dem Referenzmodell ist der Vorschlag einer Referenzarchitektur zu entwickeln, welche die inner- und überbetrieblichen Anforderungen aus Systemsicht abdeckt. Entsprechende Implementierungen können dann als datentechnische Plattform verschiedener weiterführender fachlicher Aufgabenstellungen dienen, wie beispielsweise für den nächsten Aufgabenschwerpunkt.

3.3 Erfassung der räumlichen und zeitlichen Aktivität von Milchkühen in Laufställen mit Gruppenhaltung

Das Aktivitätsverhalten der Tiere ist ein Spiegelbild physiologischer Zustände im innern der Tiere und der äußeren Reize, die von Seiten der Stallumwelt auf die Tiere einwirken. Daher kann die Kenntnis der zeitlichen und räumlichen Aktivität der Tiere einen wichtigen Teilbeitrag für ein hohes Informationsniveau über das Einzeltier liefern (HAIDN et al.; 2001).

Die Perspektiven, die sich durch mehr Informationen zur zeitlichen und räumlichen Aktivität der Milchkühe ergeben, sind sehr vielfältig. Bereits das schnelle Auffinden von Tieren in großen Beständen stellt für die Betreuungsperson eine große Arbeiterleichterung dar. Besonders großer wirtschaftlicher Nutzen der elektronischen Aktivitätserfassung ist durch die Früherkennung von Krankheiten und die Unterstützung der Brunstindikation zu erwarten. Großes wissenschaftliches Potenzial liegt in den verbesserten Bewertungsmöglichkeiten von Haltungsverfahren und deren Fortentwicklung. Die Auswertung der zu erfassenden Raum-Zeit-Daten stellt hohe Anforderungen an die Analysemethoden, wofür unter anderem auch Verfahren der räumlichen Statistik zu berücksichtigen sind. Derzeit mangelt es jedoch noch an einer

geeigneten Ortungs- und Auswertungstechniken für typische Milchkuhbestände (ARTMANN, 2000).

Die Vorteile einer interdisziplinären Bearbeitung der Merkmalerfassung werden deutlich, wenn man die Treffsicherheit z. B. der Brunstindikation durch die Kombination von Merkmalen steigern kann (MOL et al., 1999). So hat sich in eigenen Vorversuchen (BÜSCHER, 2002) gezeigt, dass durch die Erfassung einer überdurchschnittlichen Aktivität über 70 % der brünstigen Kühe erkannt werden. Werden zusätzlich Milchtemperatur und Milchmenge ermittelt und berücksichtigt, beträgt die Trefferquote weit über 90 %. Insbesondere bezogen auf die Beachtung der Milchmenge steht dieser Aufgabenkomplex im engen Zusammenhang zum nächsten Bearbeitungsschwerpunkt.

3.4 Schätzung von Vorhersagefunktionen

Die Wirksamkeit der Nutzung beim Milchrind auf der Einzeltierebene zunehmend verfügbarer Daten, wie beispielsweise aus automatischen Melksystemen, ist vor allem daran gebunden wie es gelingt, diesen umfangreichen Datenbestand auch für begründete einzeltierbezogene Entscheidungen zu nutzen. Vor dem Hintergrund dieser Problematik ist in einem weiteren Arbeitsschwerpunkt zu prüfen, inwieweit aus gemischten linearen Modellen innerhalb des betrieblichen Informationssystems gewonnene Vorhersagen von Einzeltierleistungen sowohl aus Sicht des rechentechnischen Aufwandes machbar als auch aus Sicht der Aussagefähigkeit in der Lage sind, einen Beitrag zur Verbesserung einzeltier- und darauf aufbauender herdenbezogener Aussagen zu treffen. Die Vorhersagefunktionen können sich dabei auf die Milchmenge, aber auch Leitfähigkeit und Melkdauer beziehen. Bei Nutzung verfügbarer Leistungen zum Zeitpunkt t können Vorhersagewerte für den Zeitpunkt $t+1$ bereitgestellt werden, die als Warnfunktion zur Identifikation vor allem krankheitsbedingter Abweichungen dienen können und damit einen Beitrag zu Krankheitsprophylaxe (beispielsweise für Eutererkrankungen) leisten. Weiterhin ist denkbar, dass die gewonnenen Vorhersagefunktionen für die Milchmenge durch Aggregation auf der Bestandesebene als Datengrundlage für das Quotenmanagement dienen können. Eine weitere Anwendung der Ergebnisse könnte sich auf die Nutzung der geschätzten Testtagseffekte zur Identifizierung von betrieblichen Umweltschwankungen und damit zur Managementunterstützung beziehen. Dabei kann auf der Idee des sog. „Testtagsmodells“ (PTAK and SCHAEFFER, 1993; VAN BEBBER et al., 1999; SWALVE, 2000) aufgebaut werden.

Neben der Prüfung der Wirksamkeit eines solchen Modells besteht die große Herausforderung in dessen Einordnung in das betriebliche Informationssystem, was sowohl aus rechentechnischer als auch aus inhaltlicher Sicht als eine anspruchsvolle Aufgabe anzusehen ist.

3.5 Nutzung euterviertelbezogener Daten für Eutergesundheit und Melkbarkeit

Kontrollierte mechanisierte Prozessabläufe in einzelnen Bereichen der Tierhaltungsverfahren, wie sie sich beispielsweise seit Jahrzehnten in der Fütterung bewährt haben, finden in automatischen Melksystemen unter Verwendung zeitgemäßer Mess- und Regeltechnik einen zunehmenden Einsatz (SCHÖN et al., 2000a). Mittels elektronischer Tiererkennung und einer Vielzahl am Tier gewonnener Daten wird bei diesem Produktionsverfahren steuernd auf die Milchgewinnung und –qualität eingewirkt (WIM and JANSEN, 1999). Mittels sensorischer Messungen in den einzelnen Milchströmen lassen sich physiologische Parameter und Informationen, wie vorzugsweise die elektrische Leitfähigkeit, Pulsfrequenz und Tieraktivität zur Gesundheits- und Fruchtbarkeitsüberwachung ermitteln.

Melkbarkeit, Euterform und Eutergesundheit sind für automatische Melksysteme Merkmalskomplexe von besonders großer Bedeutung. Im Gegensatz zum konventionellen Melken leitet unter diesen Bedingungen das Tier die Milchabgabe selbst ein, so dass die direkten Kontrollmöglichkeiten vom Betreuungspersonal nur eingeschränkt wahrgenommen werden können. Andererseits bieten sich durch die Automatisierung Möglichkeiten der periodischen Erfassung und Überwachung von Tierleistungen, -gesundheit sowie der Milchqualität.

Besonders die Zusammenhänge zwischen Melkbarkeit, Euterform und subklinischer Mastitis erscheinen unter den Bedingungen der Erfassung des viertel-spezifischen Milchflusses interessant. Einerseits lassen sich die Viertel einzeln kontrollieren, andererseits können Besonderheiten an den Zitzen zu einer größeren Variabilität der Milchmenge und -qualität führen. Die Unterschiede in der Euterform und weiteren Eutermerkmalen ziehen nicht selten Probleme beim Melken nach sich und beeinflussen den Milchfluss. Unter den Bedingungen automatischer Melksysteme sind Auftreten und Erkennungssysteme für subklinische Mastitiden neu zu bewerten. Die erhebliche Variation der Melkfrequenz und der Zwischenmelkzeiten bringen Unterschiede in der Anzahl Melkungen je Tag bzw. Laktation und auch in der täglichen Melkdauer mit sich und sind in ihrer Wirkung auf das Euter zu erfassen. Die Ermittlung von Wechselwirkungen zwischen der Melktechnik und Melkbarkeit auf den Milchertrag, qualitätsbestimmende Milch-inhaltsstoffe sowie die Eutergesundheit müssen daher einen Forschungsschwerpunkt unter diesen technologischen Lösungen bilden. Neben dieser spezifischen Aufgabenstellung sind die mit dem Milchstrom erfassbaren Daten für eine Reihe weiterer Kontrollfunktionen nutzbar. Im Sinne der Nutzbarmachung der Primärdaten für eine vielseitige Interpretation tier- bzw. umweltbedingter Vorgänge sind die Bedeutung und Erfassbarkeit der mit dem Melkvorgang erfassbaren Daten für die Leistungs- und Brunstvoraussage zu prüfen und in geeigneter Weise aufzubereiten. Im Ergebnis sind Resultate zu den morphologischen Eigenschaften und Anforderungen an das Euter zur Erkennung von Prädispositionen für Eutererkrankung und Abweichungen von Normbereichen für die Melkbarkeit sowie zur Verbesserung der Aussagesicherheit weiterer Managementmaßnahmen (Leistungsvoraussage, Brunstbeobachtung) zu erwarten.

3.6 Einzelbetriebliche Wirkungsanalysen und Betriebszweigoptimierung

Die Zunahme der Komplexität der Rahmenbedingungen (gesellschaftliche Anforderungen, vgl. Abbildung 1), aber auch steigende Herdengrößen und Milchleistungsniveaus kennzeichnen die betriebswirtschaftliche Entscheidungssituation in der Milcherzeugung und damit gleichermaßen auch das aus dem Blickwinkel dieser Disziplin aufzugreifende Problemfeld. Einschlägige Simulations- und Optimierungsmodelle (vgl. u.a. auch die Ansätze von JALVINGH (1993), MACK (1996), SÜSS (1992), TRUNK (1995), VAN ARENDONK (1985, 1986, 1990), WEIDELE (1996)) werden den an sie durch ein System „Precision Dairy Farming“ gerichteten innovativen Anforderungen - insbesondere bei Beachtung zunehmend verfügbarer operativer und analytischer Daten - nicht oder lediglich partiell gerecht.

Vor diesem Hintergrund besteht aus betriebswirtschaftlicher Sicht die Notwendigkeit, in enger Zusammenarbeit mit den produktions- und informationstechnischen Disziplinen ein Daten und Ziele integrierendes, wirkungsanalytisch/betriebswirtschaftliches Modell auf der Basis von Einzeltier- und Tiergruppenparametern zu erstellen und anzuwenden. Mit diesem Modell sollen:

- a) eine Bewertung spezifischer Leistungen des Precision Dairy Farming (insbesondere in den Bereichen arbeitswirtschaftlicher Verbesserungen und verbesserter Faktorverwertung sowie des Tierschutzes) vorgenommen werden;
- b) eine Beurteilung des Gesamtsystems Precision Dairy Farming jeweils ggf. auch unter Variation der agrarpolitischen Rahmenbedingungen möglich sein;
- c) die Bewertung von Einzeltieren und Tiergruppen mit unterschiedlichen Leistungs- bzw. Aufwands-Ertrags-Profilen erfolgen;
- d) einer auf Einzeltierdaten basierten Betriebszweigoptimierung in der Milchviehhaltung unter Herstellung des Bezuges zum agrarpolitischen und wirtschaftlichen Rahmen möglich sein.

Ein entsprechend ausgelegtes Modell grenzt sich insbesondere durch den Einzeltierbezug und die Trennung von Datenmanagement und Bewertung/Optimierung von bereits verfügbaren Ansätzen ab.

4 Perspektiven

Aus derzeitiger Sicht ist zu erwarten, dass insbesondere Gesichtspunkte der Ethologie, Tierernährung, Tierzucht und Tierhygiene zusätzlich eine besondere Rolle spielen werden. Mögliche Schwerpunkte könnten sein:

Ethologie:

- Ethologische Interpretation von Daten über die räumliche Verteilung von Tiergruppen und Einzeltieren;
- Einbeziehung von Daten der räumlichen Verteilung in Vorhersagefunktionen zur Bewertung von tierspezifischen Zuständen (Brunst, Krankheit).

Tierernährung:

- Erfassung der Varianz im tierindividuellen Futtermittelverzehr innerhalb von Leistungsgruppen, Einbeziehung der Daten in die Modelle und Vorhersagefunktionen;
- Eignung von Kriterien der Milchzusammensetzung zur Vorhersage der individuellen Futteraufnahme bzw. als unterstützende Indikatoren für die Optimierung der Futterration und die frühzeitige Erkennung von Stoffwechselstörungen;
- Prüfung der Hypothese, dass das Precision Dairy Farming eine für das Einzeltier gesteuerte Fütterung beinhalten sollte und der Entwicklung von Konzepten, das bei Laufstallhaltung und Einsatz von Mischrationen kostengünstig zu ermöglichen (RODEHUTSCORD, 2002).

Tierhygiene:

- Integration einzeltierbezogener Merkmale in bestandsbezogene Hygieneprogramme.

Tierzucht:

- Nutzung der im betrieblichen System gewonnenen Daten im Rahmen der Leistungsprüfung;
- Erweiterung des Merkmalspektrums mit Daten, die unter konventionellen Bedingungen nicht zur Verfügung stehen (beispielsweise das Merkmal Leitfähigkeit).

Für die weitere Bearbeitung ist auch davon auszugehen, dass mit der Entwicklung der Sensortechnik auch die Möglichkeit der kostengünstigen Erfassung tierphysiologischer Parameter für größere Tierumfänge und Zeiträume besteht und allein daraus neue Forschungsansätze resultieren.

Die angeführten möglichen Arbeitsrichtungen verdeutlichen auch, dass gleichlaufend mit einer inhaltlichen Integration der Fachdisziplinen die Anforderungen an die Informations- und Kommunikationsstruktur (Hardware, Software, insbesondere Datenmanagement und Entscheidungsunterstützung) ebenfalls zunehmen und entsprechend weiter zu spezifizieren sind.

Es ist zu erwarten, dass gerade durch die Ausschöpfung der interdisziplinären Effekte, die dem Ansatz des Precision Dairy Farming immanent sind, ein wesentlicher Beitrag zur Bewältigung der vor der Milcherzeugung stehenden Herausforderungen geleistet werden kann.

Literatur:

ARTMANN, R. (2000): Informationstechnologie in der Innenwirtschaft. In: KTBL Schrift 390 "Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft", Landwirtschaftsverlag Münster.
BRUNSCH, R. (2001): Produktionsmanagement im Kuhstall – Möglichkeiten und Anforderungen. GIL Workshop „IT-Anwendungen im Agrarmanagement – Aktueller Stand und Perspektiven“. 5.- 6. April, Berlin.
BÜSCHER, W. (2002): Unveröffentlichtes Manuskript.
DOLUSCHITZ, R.; Spilke, J. (Hrsg.) (2002): „Agrarinformatik“, Ulmer Verlag, Stuttgart.
HAIDN, B.; Freiberger, M. (2001): Auswertung des Verhaltens von Tieren mit einem automatischen Bildanalysesystem am Beispiel von Aufzuchtferkeln. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen

Nutztierhaltung 2001, Tagungsband der 5. internationalen Tagung, Universität Hohenheim.

HARMS, J. (2000): Datenmanagement in einem modernen Milchviehbetrieb mit rechnergesteuertem Verfahren zum Füttern und Melken – Ansätze zur anwenderorientierten Aufbereitung. In: Birkner, U.; Amon, H.; Ohmayer, G., Reiner, L. (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan 2000, 56-59.

ISERMEYER, F.; Breitschuh, G.; Hensche, H. U.; Kalm, E.; Petersen, B.; Schön, H. (2002): Agrar- und Ernährungsforschung in Deutschland - Probleme und Lösungsvorschläge. Agrarspectrum Bd. 35.

JALWINGH, A. W. (1993): Dynamic livestock modelling for on-farm decision support. Dissertation, University of Wageningen.

JONGEBREUR, A. A. (2000): Implementation of new technologies in dairy farm management. 1st International Dairy Management Conference, 26 - 28 November, Hannover.

JUNGBLUTH, T. (2002): Handlungsbedarf und Ausblick. In: Neue Wege in der Tierhaltung. KTBL-Tagung, 10.- 11. 04., Potsdam, KTBL-Schrift 408.

LINSEISEN, H.; Spangler, A.; Hank, K.; Wagner, P.; Steinmayr, T.; Demmel, M.; Auernhammer, H.; Manakos, I.; Schneider, T.; Liebler, J. (2000): Daten, Datenströme und Software in einem Informationssystem zur teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion. Zeitschrift für Agrarinformatik, 8:36-43.

LINSEISEN, H. (2001): Development of a precision farming information system. Proceed. 3rd European Conference on Precision Agriculture, 689-694, Montpellier.

MACK, G. (1996): Wirtschaftlichkeit des züchterischen Fortschritts in Milchviehherden - Gesamtbetriebliche Analyse mit Hilfe eines simultan-dynamischen Linearen Planungsansatzes. Dissertation, Universität Hohenheim.

MOL, D. R. M.; Keen, A.; Kroetze, G. H.; Achten, J. M. F. H. (1999): Description of a detection model for oestrus and diseases in dairy cattle based on time series analysis combined with a Kalman filter. Computers and Electronics in Agriculture, 22:171-185.

PTAK, E.; Schaeffer, L. R. (1993): The use of test day yield for genetic evaluation of dairy sires and cows. Livestock Production Science, 34:23-34.

RATSCHOW, J.-P. (2001): Auswirkungen rechtlicher Rahmenbedingungen auf die Tierhaltung. <http://www.lk-wl.de/technik/auswrecht.htm> (gesehen am 30.11.2001).

RODEHUTSCORD, M. (2002): Persönliche Mitteilung.

SCHÖN, H.; Wendl, G. (2000): Rechnergestützte Tierhaltung – Ein neuer Ansatz für eine wettbewerbsfähige und tiergerechtere Nutztierhaltung. Landtechnik, 55:238-239.

SCHÖN, H.; Wendl, G.; Pirkelmann, H. (2000a): Automatisches Melken-Bedeutung, Stand Entwicklungstendenzen, KTBL-Schrift 395.

SCHÖN, H.; Wendl, G.; Klindtworth, M.; Harms, J. (2001): Precision Livestock Farming – Konzeption, Stand der Forschung, Zukunftsperspektiven. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Hohenheim, 06.-07. März 2001.

SPIKKE, J. (1999): 20 Jahre nach Gründung: GIL - Quo vadis? Zeitschrift für Agrarinformatik, 7:81-82.

SÜSS, P. (1992): Der Einfluß umwelt- und marktpolitischer Auflagen auf Grünlandbetriebe im württembergischen Allgäu. Dissertation, Universität Hohenheim.

SWALVE, H. H. (2000): Theoretical basis and computational methods for different test-day genetic evaluation methods. *Journal of Dairy Science*, 83:1115-1124.

TRUNK, W. (1995): Ökonomische Beurteilung von Strategien zur Vermeidung von Schadgasemissionen bei der Milcherzeugung – Darstellung für Allgäuer Futterbaubetriebe. Dissertation, Universität Hohenheim.

VAN ARENDONK, J. A. M. (1985): Studies on the replacement policies in dairy cattle. 2. Optimum policy and influence of changes in production and prices. *Livestock Production Science*, 13:101-121.

VAN ARENDONK, J. A. M. (1986): Studies on the replacement policies in dairy cattle. 4. Influence of seasonal variation in performance and prices. *Livestock Production Science*, 14:15-28.

VAN ARENDONK, J. A. M. (1990): Use of profit equations to determine relative economic value of dairy cattle herd life and production from field data. *Journal Dairy Science*, 74:1101-1107.

VAN BEBBER, J.; Reinsch, N.; Junge, W.; Kalm, E. (1999): Monitoring daily milk yields with a recursive test day repeatability model (Kalman filter). *Journal of Dairy Science*, 82:2421-2429.

WEIDELE, A. (1996): Die Auswirkungen von Leistungssteigerungen primärer und sekundärer Merkmale beim Rind auf die Wirtschaftlichkeitskoeffizienten und Struktur der Milchviehhaltung in der Bundesrepublik Deutschland – Sektoraler Ansatz. Dissertation, Universität Hohenheim.

WENDL, G.; Schön, H. (2001): Technik in der Rinderhaltung. S. 171-177 In: Matties, E. J.; Meier, F. (Hrsg.) (2001): *Yearbook Agricultural Engineering*, Landwirtschaftsverlag Münster.

WIM, J.; Jansen, M. B. (1999): Animal identification and monitoring. *Computer and Electronics in Agriculture*, 24:91-98.

Precision Dairy Farming – integrativer Ansatz für eine nachhaltige Milcherzeugung (J. Spilke, W. Büscher, R. Doluschitz, R. D. Fahr, W. Lehner)

Zusammenfassung

Die Milcherzeugung sieht sich derzeit steigenden Anforderungen aus Sicht des Verbraucher- und Tierschutzes, der Qualitätssicherung sowie Nachhaltigkeit gegenüber. Bei gleichzeitig ungünstiger werdenden ökonomischen Rahmenbedingungen kann dem nur durch einen integrierten Ansatz Rechnung getragen werden. Mit Precision Dairy Farming (PDF) wird ein solcher Ansatz definiert. Es werden die Merkmale von PDF beschrieben und eine Einordnung aus Sicht der Informationsverarbeitung vorgenommen. Basierend auf grundsätzlich zu bearbeitenden Aufgabenklassen werden aktuelle Forschungsaufgaben dargestellt und weiterführende Fragestellungen aufgezeigt.

Stichworte: Precision-Dairy-Farming, Informationsmanagement, Datenmodellierung,

Aktivitätserfassung, Vorhersagefunktionen, euterviertelbezogene Daten, ökonomische Bewertung.

Summary

Milk production at present is facing time consuming requirements from different view points such as consumer and animal protection, the quality assurance as well as sustainability aspects. An integrated approach is necessary to cover these aspects adequately and with regard to economic limitations. Such an approach can be defined as Precision Dairy Farming (PDF). The characteristics of PDF are described and a classification for information processing purposes is made in this paper. Based on problem categories which can be worked on principally current research tasks are represented and continuative questions are pointed out.

Key words: Precision-Dairy-Farming, information management, data modelling, activity collection, forecast functions, economic evaluation.

Prof. Dr. habil. Joachim Spilke, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, AG Biometrie und Agrarinformatik, Ludwig-Wucherer-Straße 82-85, 06099 Halle, Tel.: 0345 5522690, Fax: 0345 55 22128, E-Mail: spilke@landw.uni-halle.de,

Prof. Dr. habil. Wolfgang Büscher, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn Tel.: 0228 732396, Fax: 0228 732596, E-Mail: buescher@uni-bonn.de

Prof. Dr. habil. Reiner Doluschitz, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Fachgebiet Agrarinformatik und Unternehmensführung, 70593 Stuttgart, Tel: 0711 4592841, Fax: 0711 459-3481, E-Mail: agrarinf@uni-hohenheim.de

Prof. Dr. habil. Rolf-Dieter Fahr, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik, Adam-Kuckhoff-Str.35, 06108 Halle, Tel: 0345 5522327, Fax: 0345 5527105, E-Mail: fahr@landw.uni-halle.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Lehner, Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik, Institut für Systemarchitektur, 01062 Dresden, Tel: 0351 46338383, Fax: 0351 46338259, E-Mail: lehner@inf.tu-dresden.de