

# Intelligente Konzepte für die Milchviehhaltung — Sensoren innerhalb und außerhalb des Tieres

KEES LOKHORST, BART SCHANSSEMA, FRANS ETTEMA

## 1 Einleitung

Die Kostendegression durch größere Bestände, die Bemühungen um Gesundheit und Wohlergehen der Tiere sowie der Umweltschutz stellen enormen Herausforderungen an den Milchviehhalter. Um die Milchwirtschaft nachhaltig profitabel und gesellschaftlich akzeptabel zu gestalten, ist es wichtig, dass der Milchviehhalter in der Lage ist, genügend Zeit und Aufmerksamkeit dem Einzeltier zu widmen. Die Molkereibranche ist sich bewusst, dass der Milchviehhalter eine entscheidende Rolle in der Produktionskette spielt. Sein unternehmerisches Handeln, seine Managementfähigkeiten und sein handwerkliches Geschick sind unerlässlich für einen angemessenen Umgang mit den Tieren, die Fütterung und das Melken. Die Voraussetzung für den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken (Sensoren und Modelle), welche die kritischen Prozesse der täglichen Arbeitsabläufe in das Blickfeld rücken, ist ein sowohl finanzieller als auch praktischer Nutzen für den Landwirt. Der Einsatz von Technik zielt nicht mehr nur auf die Erfassung historischer Daten (Standard Technical Report), sondern konzentriert sich auf die Untersuchung und die Interpretation der aktuellen Situation mit Hilfe von Echtzeit-Beobachtungen und rechtzeitiger Erkennung/Prognose von behandlungsbedürftigen Tieren (Frühwarnsystem). Kenntnisse über das individuelle Verhalten von Kühen in Gruppenhaltung und die Fähigkeit, daraus die richtigen Schlüsse zu ziehen, sind die Grundlage für gesunde Tiere und eine profitable Milchwirtschaft.

Angeregt von dem Konzept des Precision Livestock Farming und Precision Agriculture, sind die niederländischen Partner der Milchwirtschaft Agrifirm, Royal FrieslandCampina, CRV, Dairy Valley, NOM und Courage an folgenden Fragen interessiert:

- Was sind die wesentlichen Anforderungen an einen Milchviehhalter, um ein Einzeltier innerhalb der Gruppe individuell zu betreuen?
- Welches sind die kritischen Prozesse unter Berücksichtigung der individuellen Situation und der täglichen Gegebenheiten?
- Kann der Betriebsleiter seine täglichen Entscheidungen und Maßnahmen verbessern und beschleunigen?
- Kann er die Konsequenzen seiner Entscheidungen und Maßnahmen voraussagen/abschätzen?

Darauf aufbauend ist im Jahr 2009 eine Machbarkeitsstudie durchgeführt worden. Vorliegende Arbeit gibt die Ergebnisse der Studie wieder und führt die Konsequenzen der Messung innerhalb und außerhalb des Tieres näher aus.

## 2 Methode

Im Vorfeld der Studie ist das Konzept von Precision Livestock Farming (PLF) auf verschiedenen Treffen mit Landwirten, kleinen und mittelständischen Unternehmen und Partnern der Milchwirtschaft vorgestellt worden. Es hat sich gezeigt, dass der Begriff PLF in internationalen wissenschaftlichen Kreisen bekannt, aber eine spezielle Einführung nötig gewesen ist, um Grundsätze diskutieren zu können. Nachdem man mit dem Konzept vertraut war, wurden Interviews mit neun Verfahrenstechnikern und acht ausgesuchten Fachleuten aus der Milchwirtschaft durchgeführt. Des Weiteren sind Gruppentreffen mit Landwirten und kleinen und mittelständischen Unternehmen arrangiert worden.

Anhand der Interviews ließen sich vier tägliche kritische Prozesse im Management benennen: Fütterung, Abkalbung, Brunst und Kuhsignale. Die aktuelle Situation bezüglich der Verfügbarkeit von Sensoren und dem Entwicklungsbedarf wurden aufgrund von Literaturangaben, persönlichen Erfahrungen und Kontakten identifiziert. Über einige der Ergebnisse wird in dieser Arbeit berichtet. Die Ergebnisse haben auch zur Gründung eines niederländischen Forschungsprojektes mit dem Titel „Smart Dairy Farming“ geführt.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Machbarkeit

Die Interviews zeigten, dass das Konzept und die Prinzipien des individuellen Kuh-Managements in der täglichen Praxis recht gut erklärt werden können, dass das Thema eine hohe gesellschaftliche Relevanz aufweist und dass Konsens darüber besteht, dass es für die Milchwirtschaft sehr wichtig ist, weiter an diesem Thema zu arbeiten. Außerdem wurde festgestellt, dass die derzeit verfügbaren Lösungen im Bereich Informations- und Kommunikationstechniken, die den Landwirt unterstützen, zu sehr auf die Folgen des Managements zielen, statt auf die täglichen Maßnahmen des individuellen Kuh-Managements. Dieses muss sich auf die kritischen Kontrollpunkte der Prozesse Fütterung, Brunst, Abkalbung und Kuhsignale konzentrieren.

Aus den Befragungen resultiert, dass der Begriff des Kuh-Managements auf eine ganzheitliche Sichtweise zu erweitern ist. Im Rahmen eines ganzheitlichen Managements (von der Geburt bis zum Tod eines Kalbes/ einer Kuh) zu denken und zu handeln, ist ein komplexes Unterfangen bei welchem Betriebsblindheit schnell entstehen kann. Auch wurde der große individuelle Unterschied der Milchviehalter deutlich, was zu dem Schluss führt, dass maßgeschneiderte Lösungen und Werkzeuge benötigt werden. Der Mehrheit der Befragten ist klar geworden, dass die objektive Überwachung des Wachstums, der Körperkondition und der Kuhsignale nicht nur während der produktiven Phase, sondern schon von der Geburt an unumgänglich ist, um Ursachen einer suboptimalen (Re-)produktion aufzudecken. Die

Echtzeit-Überwachung der Fütterung und der Tiergesundheit ist deshalb ausschlaggebend. In den Gesprächsrunden zu diesen Themen sind immer wieder Vergleiche mit der Radartechnik und den Verkehrsleitsystemen angestellt worden, die auf Basis von Echtzeit-Überwachung, Modellen, Vorhersagen und Visualisierungen funktionieren. Diese Prinzipien können auch hilfreich sein, um das Verhalten eines Einzeltieres in der Herde zu beobachten, zu interpretieren und vorhersagen zu können, sowie abweichendes Verhalten rechtzeitig zu entdecken; diese Tiere benötigen besondere Betreuung, sind arbeitsintensiv und erhöhen außerdem die Betriebskosten.

Interessanterweise stellte sich bei den Befragungen heraus, dass einer der Milchviehhalter bereits ein ganzheitliches Konzept anwendet. Dieser Landwirt hatte seine Herde auf 500 Tiere aufgestockt und musste nicht mehr von dem Konzept des individuellen Kuh-Managements überzeugt werden. Auch wurde das große Potenzial von Echtzeit-Beobachtungen der Kühe erkannt.

Die Beobachtung der Kühe durch den Menschen ist aufwändig, nicht immer möglich und darüber hinaus korreliert die Qualität der Beobachtung mit dem Beobachter selbst. Aus den Interviews kann gefolgert werden, dass es keine leichte Aufgabe ist, große Herden zu betreuen und dabei das Einzeltier nicht zu vernachlässigen. Beispiele zeigen jedoch, dass es nicht nur möglich, sondern auch profitabel ist.

Aus den Interviews geht hervor, dass das derzeitige Serviceangebot für den Milchviehhalter hauptsächlich aus periodischen Betriebsbesichtigungen/-beobachtungen besteht, in deren Mittelpunkt das Einzeltier steht. Es wird bestätigt, dass das Serviceangebot verbessert werden kann, indem 1) täglich anfallende Informationen bewältigt werden können 2) die Qualität der Informationen durch Vernetzung verbessert werden 3) die zugrundeliegenden Informationen auf Kuh-Ebene/ Einzeltier-Ebene verfügbar gemacht werden. Es wird einige Zeit und Diskussionen zwischen Serviceanbietern und Milchviehhalter erfordern, um das Serviceangebot zu verbessern und Milchviehhalter und Partner der Milchwirtschaft profitieren können.

Die Partner der Milchwirtschaft stimmten den Schlussfolgerungen aus der Studie zu und initiierten das Projekt „Smart Dairy Farming“. Der Schwerpunkt soll dabei auf den Grundlagen des individuellen Kuh-Managements sowie den kritischen Prozessen Fütterung, Abkalbung, Brunst und Kuhsignale liegen

Dieses Projekt soll Partner der Milchwirtschaft, Landwirte, kleine und mittelständische Unternehmen, Studierende und Wissenschaftler zusammenbringen, um den Mehrwert für eine profitable Milchwirtschaft aufzuzeigen. Zu untersuchen sind die Zusammenarbeit von Partnern der Produktionskette, die mögliche weitere Entwicklung und Einbeziehung von Sensoren und Modellen in die Beobachtung, Interpretation und Vorhersage, was zu kostenbewussten Entscheidungen führen kann.

### 3.2 Verfügbare Sensortechnologien

Aufgrund der Befragungen, der Ergebnisse des Projekts „Cowfortable“ (Galama et al. 2009) und der Kontakte der Autoren konnte ein Überblick über die vorhandenen Sensoren erstellt werden. Dabei hat sich gezeigt, dass die Entwicklung weiterer Sensoren notwendig ist.

Der Sensor sollte die Messung folgender Prozesse erleichtern:

- Fütterung und Kuhsignale. Dies sind Betriebsführungsdaten, die jeden Tag - von der Geburt bis zum Tod der Kuh - aufgezeichnet werden sollten. Nicht nur die Fütterung in der produktiven Phase ist wichtig, sondern auch die Fütterung in den Übergangsphasen und während der Aufzucht; jede Phase beeinflusst die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere sowie deren (Re-)produktion.
- Brunst und Abkalbung. Diese kritischen Prozesse finden in einem engen Zeitrahmen statt. In jener Zeit muss der Milchviehalter besonders aufmerksam sein.

Zu jedem dieser Punkte sind drei Fragen gestellt worden:

1. Was möchten Sie wissen und warum?
2. Was möchten Sie messen?
3. Welche Sensoren gibt es oder werden zurzeit entwickelt?

### 3.2.1 Kuhsignale

#### Was möchten Sie wissen und warum?

Kuhsignale können genutzt werden, um das individuelle Verhalten einer Kuh zu beobachten. Normalerweise wird dies durch die Tierbeobachtung des Milchviehhalters sicher gestellt.

Es kann sinnvoll sein das Verhalten eines Einzeltieres in Relation zu dem Verhalten der Gruppe zu setzen. Dieses Gruppenverhalten kann herangezogen werden, um die Qualität des Stalls, die Verfügbarkeit von Futter und Wasser sowie das Vorhandensein von sozialen Interaktionen zu überprüfen. Die beiden entscheidenden Fragen sind:

- Was sind die festgelegten Verhaltensweisen innerhalb des Verhaltens von Einzeltieren in einer Gruppe, in Anbetracht der Tatsache, dass Kühe normalerweise jeden Tag mehr oder weniger das gleiche Verhalten zeigen?
- Was sagt die Abweichung von Verhaltensmustern über die Gesundheit, das Wohlbefinden und die (Re)produktion des Tieres aus?

#### Was möchten Sie messen?

Zu den relevanten Daten:

- Verhaltensweisen und Zeitfenster für „liegen“, „stehen“, „fressen“ und „laufen“
- Position der einzelnen Kuh innerhalb der Herde
- Körpertemperatur der Kuh
- Herzfrequenz der Kuh

Diese Daten und ihre Analyse können genutzt werden, um Entscheidungen hinsichtlich der täglichen Milchproduktion (Menge und Zusammensetzung) zu unterstützen; sie gehören daher zu dem Prozess der Tierbeobachtung.

Tabelle 1: Sensoren für die Messung von Kuhsignalen

<b>Existierende Sensoren</b>	<b>Noch zu entwickelnde Sensoren</b>
Tieraktivität	Sensor für Blutwerte
Körpertemperatur	Aktivitätssensor mit Verhaltens- und Gehmustern
Videokamera	Sensor für bakteriologische Untersuchungen
Milchleitfähigkeit	Sensor für die Körperkondition
Farbsensor	
Laktatdehydrogenase Wert der Milch	
Milchtemperatur	
Beta Hydroxy Butter Säure der Milch	
Ketose	
Harnstoff	
Scan-Bodenmatte für das Laufverhalten	

Fett- / Proteinsensor Lebendmasse Progesteron Sensor Pedometer	
---	--

### 3.2.2 Fütterung

#### Was möchten Sie wissen und warum?

Um etwas über den kritischen Prozess der Fütterung zu erfahren, ist es wichtig, den Fütterungsprozess selbst zu analysieren. Bekommen die Kühe, was sie brauchen, gibt es Futterreste? In der Transitphase vier Wochen vor und vier Wochen nach dem Kalben muss der Fütterung besondere Beachtung geschenkt werden. Dies kann zu einer steigenden Anzahl von Kühen führen, die individuell betreut werden müssen. In den ersten Stunden und Tagen im Leben eines Kalbs ist es wichtig, die Aufnahme von Kolostralmilch zu überprüfen. Ist die Qualität des Kolostrums hoch genug? Des Weiteren ist es wichtig, die Umsetzung von Grobfutter zu Milch zu überwachen. Derzeit werden Grobfutter- (und Gras-) Aufnahme relativ grob auf Basis der Herde geschätzt. Für Kälber stellen automatisierte Tränkeverfahren bereits eine Verbesserung zur Kontrolle der Milchaufnahme dar.

Die Ergebnisse des Fütterungsprozesses werden überwacht, indem Daten zur Milchleistung, zur Gewichtsentwicklung der Kühe und zur Kotkonsistenz gesammelt und analysiert werden. Die entscheidende Frage zum Fütterungsprozess lautet:

- Wie hoch ist die Umsatzeffizienz von Futter zu Leistung (Wachstum, Entwicklung und Milch), wenn Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensdauer der Kühe berücksichtigt werden?

Weitere Fragen sind:

- Wie viel Futter soll jede einzelne Kuh zu einem bestimmten Zeitpunkt erhalten?
- Wo, wann und wie oft soll gefüttert werden?

#### Was möchten Sie messen?

Der Umwandlungsprozess des Futters findet innerhalb der Kuh im Pansen statt; die eigentliche Beobachtung und Überwachung jedoch außerhalb des Körpers. Die Pansenaktivität (pH-Wert) und die Wiederkauaktivität zu messen, könnte demnach im Rahmen der täglichen Beobachtung von Interesse sein.

Um die Entwicklung der Kälber und Kühe zu überwachen, könnte neben der Gewichtskontrolle auch eine Kontrolle der Körperkondition (Body Condition Score) der Tiere wichtig sein.

**Welche Sensoren gibt es oder werden zurzeit entwickelt?**

Tabelle 2: Sensoren zur Datenerfassung während des Fütterungsprozesses

<b>Existierende Sensoren</b>	<b>Noch zu entwickelnde Sensoren</b>
Milchaufnahme des Kalbes Lebendmasse Aufnahme von Futterkonzentraten Grobfuteraufnahme Aufwuchshöhenmesser	Sensor für die Milchzusammensetzung während der Fütterung Sensor für die Körperkondition (Body Condition – BC) Sensor für die körperliche Entwicklung (Volumen) Multifunktionaler Pansensensor (pH-Wert, Bakterienanzahl, Methan, Aktivität und Zusammensetzung der Pansenflüssigkeiten)

**3.2.3 Brunst**

**Was möchten Sie wissen und warum?**

Das rechtzeitige Feststellen der Brunst ist wichtig, den richtigen Moment (stunden- genau) für die Besamung vorauszusagen. Sensoren, die brunsttypische Signale registrieren, können dabei hilfreich sein.

Die entscheidende Frage ist:

- Wann soll die Kuh besamt werden?

**Was möchten Sie messen?**

Die genaue Beobachtung sollte fünf bis sechs Tage vor der erwarteten Brunst be- ginnen. Neben der Überwachung des Verhaltens der Kuh sollten auch bestimmte Hormone (Progesteron) in der Milch oder im Blut kontrolliert werden. Allerdings ist es noch nicht möglich, die zeitliche Dynamik des Hormonspiegels zu messen.

**Welche Sensoren gibt es oder werden zurzeit entwickelt?**

Tabelle 3: Sensoren für die Datenerfassung während des Brunstprozesses

<b>Existierende Sensoren</b>	<b>Noch zu entwickelnde Sensoren</b>
Tieraktivität Körpertemperatur Videokamera Progesteron in der Milch	Sensor für die Messung des Hor- monspiegels im Blut

### 3.2.4 Abkalbung

#### Was möchten Sie wissen und warum?

Der Geburtsprozess oder genauer die Transitphase von zwei Wochen vor dem Kalben, der Abkalbung selbst bis zehn Tage nach dem Kalben ist eine kritische Phase in der die Kuh meist besondere Aufmerksamkeit benötigt. Es scheint auch ein enger Zusammenhang zwischen Kalbung und Fütterung zu bestehen.

Folgende Frage stellt sich:

- Wann ist mit der Geburt zu rechnen und wird voraussichtlich Geburtshilfe notwendig sein?

#### Was möchten Sie messen?

Wichtige Daten, die erfasst werden sollten, sind:

- Wann setzen die Wehen ein und wie entwickeln sie sich?
- Liegt das Kalb zu Beginn des Geburtsvorgangs in der richtigen Position?
- Welche Hilfe wird während des Kalbens benötigt?
- Wie ist die Qualität der Kolostralmilch?
- Ist das Euter der Kuh gesund?
- Wie schnell steht die Kuh nach der Geburt wieder auf?
- Säuft und frisst die Kuh nach der Geburt?
- Wie lange dauert es, bis die Nachgeburt kommt?

#### Welche Sensoren gibt es oder werden zurzeit entwickelt?

Tabelle 4: Sensoren zur Datenerfassung während des Abkalbens

Existierende Sensoren	Noch zu entwickelnde Sensoren
Tieraktivität	Sensor für Kolostralmilch
Körpertemperatur (Ohrsensor, Bolus, infrarot)	Sensor zur bakteriologischen Untersuchung
Videokamera	Sensor für die Körperkondition (Body Condition Scoring – BCS)
Milchleitfähigkeit	Sensor für die Pansenaktivität
Wiederkauaktivität	Sensor zur Bestimmung der Position des Kalbs
Aufnahme von Futterkonzentraten	
Grobfutteraufnahme	

### 3.3 Sensoren innerhalb und außerhalb des Tieres

Die Machbarkeitsstudie sowie die Überprüfung der Verfügbarkeit vorhandener Sensoren zur Unterstützung des Managements im Bereich Fütterung, Brunst und Abkalbung zeigen keine eindeutige Präferenz, ob die Sensoren innerhalb oder außerhalb des Tieres angebracht sein sollten. Die Position des Sensors sollte da-

von abhängig gemacht werden, um welchen Prozess es geht und welcher Wert ermittelt werden soll.

Die Analyse der Studie zeigt: Es ist wichtig, tierindividuelle Daten zu erfassen. Dies sollte bereits mit der Geburt des Kalbs beginnen. Es ist interessant festzustellen, dass die genaue Identifizierung eines Kalbs oder einer Kuh gar kein Thema ist, weil davon ausgegangen wird, dies passiere automatisch. Messungen in Fütterungsstationen oder Melkständen können ebenfalls relativ einfach mit einer bestimmten Kuh in Verbindung gebracht werden. Probleme hierbei tauchen lediglich dann auf, wenn Videokamerasysteme verwendet werden oder die Grasaufnahme gemessen werden soll. Im „offenen“ Gelände und bei Messungen, die außerhalb der Kuh stattfinden, ist Mehrarbeit erforderlich, um die relevanten Daten zu integrieren.

Außerdem wird das Thema „Echtzeit-Datenerfassung“ immer wichtiger. Bei Abkalbung, Brunst und Fütterung sind eher stundenbezogene Daten gefragt als eine tageweise Erfassung. Die Daten in Echtzeit zusammen zu tragen, um eine angemessene Analyse durch führen zu können, ist eine große Herausforderung für die drahtlose Kommunikation. In den nächsten Jahren wird auf diesem Gebiet noch viel geforscht werden müssen. Die drahtlose Datenerfassung über Sensoren in der Kuh ist bereits möglich, allerdings unzuverlässig und zu energieaufwändig.

Um eine einzelne Kuh innerhalb der Gruppe gezielt zu überwachen, muss bekannt sein, wo deren Aktivitäten statt finden. Die Verknüpfung zwischen Kuh, Zeit, Ort und Aktivität wird die Grundlage dafür sein, das Verhalten einer einzelnen Kuh innerhalb einer Gruppe besser verstehen zu lernen. Weitere Bemühungen sind notwendig, um mittels Sensoren Informationen zum jeweiligen Standort zu sammeln.

Obwohl die Modelle für die Dateninterpretation noch nicht in Gänze ausgearbeitet sind, ist zu erkennen, dass eine Verschiebung statt finden muss: von Erklärungsmodellen hin zu einer Beschreibung und Interpretation des aktuellen Zustand eines komplexen Systems und zu einer Vorhersage des Systems für die kommenden Stunden und Tage. Dies wird weitreichende Konsequenzen haben für die Tierbeobachtung, die Entscheidungen und die Handlungen des Landwirts.

## 4 Fazit

Aufgrund der Machbarkeitsstudie können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Der niederländische Milchsektor kann und sollte die Entscheidung treffen, der einzelnen Kuh eine zentrale Rolle in der Diskussion über die Intensivierung der Milchviehhaltung, über die Tiergesundheit, das Wohlbefinden der Tiere, die Nachhaltigkeit und eine effiziente (Re)produktion einzuräumen.

- Individuelles Kuh-Management in der täglichen Praxis und die Aufgabe, der einzelnen Kuh die notwendige Aufmerksamkeit zukommen zu lassen, sind die Basis für eine transparente, kooperative, wirtschaftliche und sozial verantwortliche Milchwirtschaft.
- Individuelles Kuh-Management in der täglichen Praxis ist ein komplexes Unterfangen, denn es findet nicht nur in der produktiven Phase statt. Den Kühen/Kälbern während ihrer gesamten Lebenszeit die notwendige Aufmerksamkeit entgegen zu bringen, ist die Grundlage für eine wissensintensive Milchwirtschaft.
- Das Konzept der intelligenten Milchviehhaltung (Smart Dairy Farming) wird von den Partnern der Milchwirtschaft übernommen; sie werden in zukünftige Aktivitäten investieren.
- Im Mittelpunkt des individuellen Kuh-Managements in der täglichen Praxis sollen die kritischen Prozesse Fütterung, Brunst, Abkalbung und Kuhsignale stehen.
- Das Projekt soll die Partner der Milchwirtschaft wie Milchviehhalter, kleine und mittelständische Unternehmen, Studierende und Wissenschaftler zusammen bringen, damit alle den Mehrwert für eine profitable Milchwirtschaft erarbeiten können.
- Die vorhandenen Sensoren und die Anforderungen an zukünftige Sensortechnologien sind benannt worden. Mittelfristig werden Milchviehhalter zwischen verschiedenen Sensoren wählen können.
- Es gibt bereits Sensoren für Messungen sowohl innerhalb als auch außerhalb des Tieres. Die echte Herausforderung wird es sein, drahtlose Sensoren zu entwickeln, die die Daten in Echtzeit erfassen, drahtlos übertragen und ortsunabhängig sind.
- Es ist davon auszugehen, dass es eine Verschiebung bei den Modellierungstechniken geben wird, weg von Erklärungsmodellen und hin zu Vorhersagemodellen.

## **5 Literatur**

Galama, P.; de Vries, C.; van Dooren, H.J. (2009): Grensverleggend huisvesten van melkvee, Wageningen UR Livestock Research rapport 271, p. 103.

### **Danksagung**

Die Machbarkeitsstudie wurde ermöglicht durch die großzügigen Spenden von NOM, RoyalFrieslandCampina, Agrifirm, CRV, Dairy Valley, Courage und dem niederländischen Landwirtschaftsministerium. Auch für die Beiträge der Interviewpartner sei an dieser Stelle herzlich gedankt.