

# Informationsmanagement in der Milchviehhaltung – am Beispiel der Milchviehherde „Frankenforst“ der Universität Bonn

Wolfgang Büscher<sup>1</sup>, Ute Müller<sup>2</sup>, Peter Müller<sup>2</sup>, Eckhard Stamer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn, buescher@uni-bonn.de

<sup>2</sup>Universität Bonn, Institut Tierwissenschaften, Katzenburgweg 7-9, D-53115 Bonn, ute-mueller@uni-bonn.de

<sup>3</sup>TiDa Tier und Daten GmbH, Bosseer Str. 4c, D-24259 Westensee/BruX, tierdaten@web.de

**Abstract:** Die neue Anlage in der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn steht vor Herausforderungen im Bereich des Daten- und Informationsmanagements, da umfangreiche Einzeltierdaten zu wissenschaftlichen Fragestellungen in Zukunft erhoben, vernetzt und verarbeitet werden sollen. Das Kuhdatenmanagementsystem „KuhDaM“ (ein relationales Datenbanksystem) ermöglicht eine Zusammenführung und Vernetzung der in den Teilsystemen anfallenden Daten. Das Datenbankschema ist so konzipiert, dass zukünftige Entwicklungen in der Rinderhaltung (Erhöhung der Messwertdichte durch neue Sensortechniken wie z. B. lokale Positionsmessung der Kühe) nachträglich abgebildet und einbezogen werden können; es stellt kein geschlossenes System dar. Es wird ein hoher Automatisierungsgrad in der Datenbereitstellung des Versuchsbetriebes angestrebt. Auf der Basis dieses Informationssystems, d. h. unter Berücksichtigung mehrere Sensoren bzw. Merkmale, sollen zukünftig Modelle zur Prädiagnostik mit verbesserter Sicherheit entwickelt werden mit Methoden des „Maschinellen Lernens“. Das ermöglicht komplexe, tierindividuelle Analysen und Auswertungen.

## 1 Versuchsbetrieb der Universität Bonn: Situationsbeschreibung

Das Spektrum der Forschungsarbeiten „rund um die Milchviehherde“ der Universität Bonn umfasst zum einen die naturwissenschaftliche Grundlagenforschung, in der die molekularen, zellulären, genetischen und systemischen Aspekte der Leistung von Milchkühen untersucht werden. Zum anderen befasst sie sich mit der Ernährung und Fütterung, um den Einfluss von Rationen und Rationsbestandteilen auf die Leistung und Gesundheit der Milchkühe in den Grundlagen zu verstehen und in der Anwendung zu optimieren. Weiter sind Fragen des Einflusses der technischen Gestaltung des Stalles (Boden, Liegeboxen, Luftführung) und der Melkanlage auf die Tiere Gegenstand der Forschung.

Ziel der neuen Anlage in der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst ist es, Einzeltierdaten zu wissenschaftlichen Fragestellungen zu erheben, zu vernetzen und zu verarbeiten. Das Gesamtsystem besteht aus den folgenden Teilsystemen:

- dem Messsystem für die „Tierindividuelle Erfassung der räumlichen und zeitlichen Aktivität von Milchkühen im Laufstall“,

- dem Messsystem für die „Tierindividuelle Erfassung der Futteraufnahme von Milchkühen im Laufstall“,
- dem Messsystem für die „Tierindividuelle Erfassung des Melkverhaltens und weiterer physiologischer Parameter (wie Herzfrequenz, Milchinhaltstoffe, Zitzenkondition, Zitzenmaße etc.)“ sowie
- dem Kuhdatenmanagementsystem „KuhDaM“ (s. Kapitel 2).

Das Gesamtsystem steht vor folgenden Herausforderungen:

- umfassende und zum Teil sehr spezifische Datenerfassung: Herdenmanagementprogramme, sonstige Prozesstechniken, Laboranalysen (Futter, Milch, Blut etc.),
- Komplexes Monitoring innerhalb der Versuchsabläufe,
- aufwändige Kombination/Vernetzung der Daten(banken) innerhalb von einzelnen Projekten,
- Notwendigkeit der Verknüpfung von Datenbanken über mehrerer Projekte und
- Notwendigkeit von nachgelagerten Plausibilitätsprüfungen.

## 2 KuhDaM

In den Jahren 2004 und 2005 wurde ein relationales Datenbanksystem für Milchviehversuchsbetriebe, das Kuhdatenmanagementsystem „KuhDaM“, maßgeblich entwickelt und in die Betriebsroutine der Versuchsbetriebe Karkendamm, Futterkamp [KSJLK05, KSKJK07] und aktuell Frankenforst integriert. Wesentliche Aufgabe dieses Systems ist es, große Datenmengen effizient, widerspruchsfrei und dauerhaft zu speichern und unterschiedlichste Teilmengen bedarfsgerecht, d. h. nach Vorgabe hinsichtlich Zusammenstellung der Merkmale, Tiere und Einflussfaktoren sowie Zeitraum und Dateiformat, für Benutzer und Anwendungsprogramme bereitzustellen, sowie die Voraussetzungen für ein verlässliches Monitoring des Versuchsablaufes und eine zeitnahe Versuchsauswertung mit „realtime“-Ergebnissen zu erfüllen.

Das Datenbanksystem besteht aus zwei Teilen: der Verwaltungssoftware bzw. dem Datenbankmanagementsystem (DBMS) und der Menge der zu verwaltenden Daten, der eigentlichen Datenbank (DB). Die bekannteste und hier realisierte Form eines Datenbanksystems ist das relationale Datenbanksystem, d. h. alle Daten innerhalb der Datenbank stehen in Beziehung zueinander. Die Aufgaben und Eigenschaften dieses Systems zur Verwaltung strukturierter Daten lassen sich nach GEISLER [Ge09], KEMPER und EICKLER [KE09] sowie SCIORE [Sc09] wie folgt zusammenfassen:

- Datenbankstruktur – Formulierung von Tabellen und deren Beziehungen zueinander (Relationen),
- Plausibilitätskontrolle – Eindeutigkeit der Daten,
- Verknüpfung aller Daten,
- keine doppelten Einträge (keine Redundanz),
- Datenschutz – unterschiedliche Rechte für Benutzer (z. B. Lesen, Einfügen, Löschen),
- Synchronisation – gleichzeitiger Zugriff mehrerer Nutzer,
- direktes Zugreifen – grafische oder statistische Auswertung.

Als kostengünstige und sehr funktionelle Datenbanksoftware wurde das Open-Source-Produkt PostgreSQL gewählt. Es ist plattformübergreifend einsetzbar (hier: Linux), weist eine Schnittstelle (ODBC) zu den benutzten Auswertungsprogrammen Excel und SAS auf, und unterstützt die Datenbanksprachen SQL92 und SQL99 [Ei03], die zur Abfrage und Verwaltung der Daten verwendet werden.

Vom Versuchsbetrieb Frankenforst werden derzeit die produktionstechnischen Daten aus dem Herdenmanagementsystem (DairyPlan C21 der Fa. GEA Farm Technologies) und aus der übrigen Prozesstechnik (RIC Management der Fa. Insentec) in die „KuhDaM“-Datenbank, die die Bereiche Stammdaten, Fütterung, Fruchtbarkeit, Milch und Gesundheit abdeckt, übernommen und somit verknüpft. Das Datenbankschema ist so konzipiert, dass zukünftige Entwicklungen in der Rinderhaltung (Erhöhung der Messwertdichte durch neue Sensortechniken wie z. B. lokale Positionsmessung der Kühe) nachträglich abgebildet und einbezogen werden können; es stellt kein geschlossenes System dar.

Im Datenbankmanagementsystem sind Integritätsbedingungen, gültig innerhalb der verschiedenen Tabellen, festgelegt. Dabei handelt es sich z. B. um biologisch sinnvolle Grenzwerte der Messwerte (z. B. maximales Lebendgewicht einer Kuh) oder um Zeitintervalle zwischen Ereignisdaten (z. B. zwischen zwei aufeinander folgenden Kalbungen), die zusammen mit selbsterklärenden Fehlermeldungen in PostgreSQL programmiert und hinterlegt wurden. Eine schriftliche Dokumentation sowohl des relationalen Datenbankschemas (Tabellen, Attribute, Datentypen, Fremd- und Primärschlüsse) als auch der im Datenbankkern verankerten Integritätsbedingungen erwies sich als unerlässlich.

Der Datentransfer vom Versuchsbetrieb Frankenforst nach Kiel (Standort: Rechenzentrum der Universität) erfolgt täglich und automatisch für die routinemäßig erfassten, elektronisch vorliegenden Daten. Von einem Datenbankvorrechner werden zu definierten Zeitpunkten automatisch oder manuell betriebsspezifische Schnittstellenprogramme (Perl, SQL) angestoßen, die dann zeitnah die Daten unter umfangreichen, intertabellarisch angelegten Plausibilitätskontrollen und unter Erstellung benutzerfreundlicher Protokolldateien in die Datenbank mit allen ihren o. g. Eigenschaften einspeisen. An Werktagen werden eventuelle Fehlermeldungen oder Inkonsistenzen unverzüglich im Dialog mit den Mitarbeitern des Betriebes Frankenforst überprüft und geklärt. Für nicht elektronisch vorliegende Daten (z. B. Futtermischungen und -analysen) stehen internetbasierte Oberflächen zur manuellen, standortunabhängigen Eingabe zur Verfügung. Der Datenimport von Daten, die in Excel eingegeben wurden, ist ebenfalls möglich.

Die Erfahrungen zeigen, dass grundsätzlich ein hoher Automatisierungsgrad in der Datenbereitstellung des Versuchsbetriebes anzustreben ist. Das Ziel sollte es sein, alle erfassten (manuell oder automatisch) Daten in gleich bleibender Auflösung und Qualität und zeitnah zu klar definierten Zeitpunkten in elektronischer Form bereitzustellen.

Der Zugriff auf die Datenbank erfolgt zurzeit über internetbasierte Hilfsprogramme zur permanenten Überwachung von Versuchsdaten (tabellarisch oder grafisch) und über die Softwarepakete SAS und Excel unter Nutzung der ODBC-Schnittstelle. Innerhalb des Versuchsmonitorings können z. B. aufgenommene Futtermengen oder tägliche Milchleistungen je Einzeltier oder Versuchsgruppe grafisch abgerufen und kontrolliert werden. Weitere Beobachtungseinheiten wie z. B. die Altersstufe (Laktationsnummer) sind wählbar. Direkt im Anschluss an ein Versuchsende kann dann mit Hilfe des Statistikpaketes SAS unter Einbindung der Datenbanksprache SQL die Zusammenstellung der auszuwertenden Messwerte mit den relevanten Einflussfaktoren aus der Datenbank erfolgen, um anschließend statistische Analysen durchführen zu können. So ist es möglich, innerhalb

weniger Stunden oder Tage nach Abschluss der Versuchsdatenerhebung fundierte Ergebnisse zu präsentieren (z. B. [Ma08]). Für versuchs- oder projektübergreifende Analysen können ebenfalls konsistente und vollständige Daten zügig zur Verfügung gestellt werden (z. B. [KSMLK08]; [HSJTK09]).

### 3 Zukunftsüberlegungen

Auf dem Versuchsbetrieb der Universität Bonn stehen neben den Erfordernissen des „Wirtschaftsbetriebes“ natürlich Forschungsfragestellungen im Mittelpunkt zukünftiger Überlegungen zum Informationsmanagement. Die zur Verfügung stehenden Daten sollen zukünftig in interdisziplinären Verbundprojekten ausgewertet werden. Bisher konzentrierte sich die Betrachtung auf Zeitreihenanalysen, bei denen von Ereignissen rückwirkend untersucht wurde, wie sich die erfassten Merkmale im Vorfeld verändert haben. Beispielhaft für diese Vorgehensweise können das Lokomotions- und Liegeverhalten von Kühen an Abbildung 1 erläutert werden. Hierzu wurden 30 Tiere des Versuchsbetriebs mit ALT-Pedometern ausgestattet [BSHS08]. Vor dem Eintreten der Lahmheit (Bewegungsnote 3 nach [FW06]) konnte bei Einzeltieren festgestellt werden, dass sich die Tieraktivität von Tag zu Tag über einen Zeitraum von über einer Woche verminderte. Parallel erhöhten sich die täglichen Ruhezeiten [AB09].

Aus dieser rückwärtigen Verlaufsbetrachtung lassen sich allerdings nur mit sehr geringer Vorhersagesicherheit (Spezifität und Sensitivität) Prognosen für die Gliedmaßengesundheit anderer Tiere ableiten, die vielleicht aktuell eine ähnliche Verhaltensänderung aufweisen. Die Hinzunahme weiterer (sensitiver) Merkmale scheint hierzu notwendig zu sein.

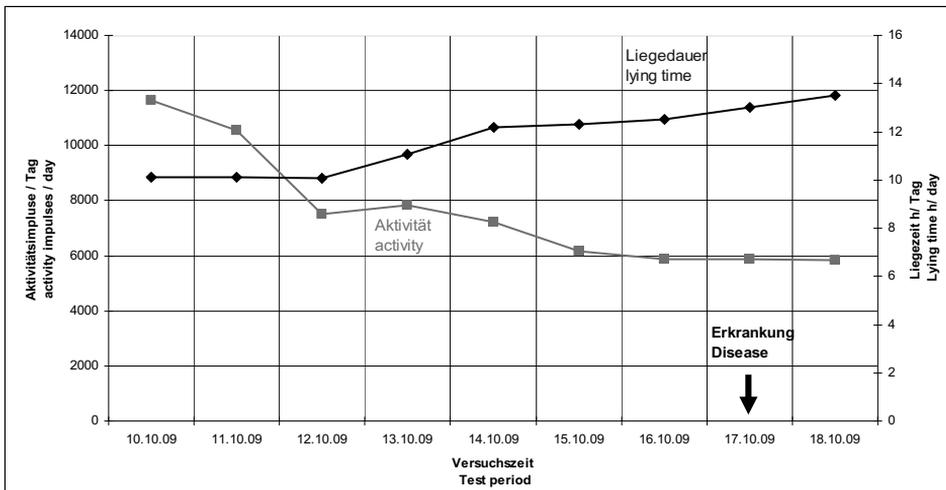


Abbildung 1: Verlauf der Tieraktivität und der Liegedauer einer Kuh bis zur klinischen Erkrankung (Lahmheit) am 17. Oktober 2009 [AB09]

Zukünftig sollen mit Hilfe der relationalen Datenbank spezielle Methoden des „maschinellen Lernens“ helfen, eine Früherkennung bzw. Prädiagnostik mit verbesserter Sicherheit zu entwickeln. Dies sind zum einen die Methode der Mustererkennung über verschiedene Merkmale hinweg und zum anderen die Erfassung von Rückkopplungseffekten bei der Datenstromanalyse. Vorher müssen allerdings die verwendeten Merkmale hinsichtlich ihrer Präzision und in ihren Wechselwirkungen zu anderen Einflussfaktoren sehr genau untersucht werden. Abbildung 2 macht deutlich, mit welchen Einflüssen allein beim Merkmal „Lokomotion“ zu rechnen ist, um bei einer Datenanalyse einen erwarteten (monokausalen) Zusammenhang zu isolieren.

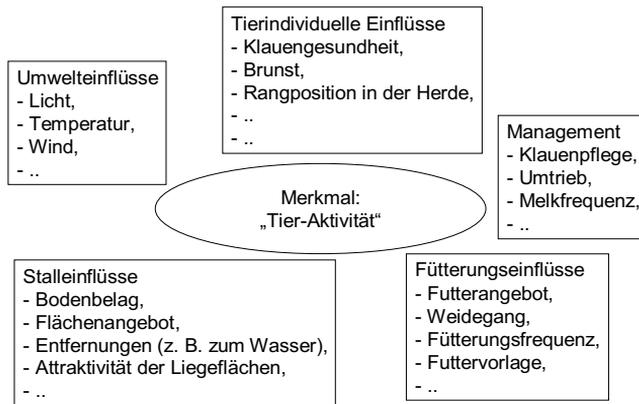


Abbildung 2: Einflussfaktoren auf das Aktivitätsverhalten von Milchkühen

Diese beispielhafte Vorgehensweise soll zeigen, wie zukünftig Daten weiterer Sensoren verarbeitet werden.

## 4 Fazit

Der Einsatz digitaler Informationstechnologie in der Milcherzeugung ist eine große Herausforderung für die Praxis, die Beratung und die Wissenschaft. Unterschiedliche Anforderungen an die Informationssysteme werden die Architekturen der Datenbanken definieren. Grundsätzlich sollte mit Hilfe relationaler Datenbanken auf Betriebsservern die Informationen zusammen geführt werden, um auch komplexe Analyse- und Auswertungsmethoden zu ermöglichen. Welche Methoden des maschinellen Lernens für die Herausforderungen der Zukunft besonders geeignet sind, bleibt eine spannende Frage. Die Offenlegung der Schnittstellen von Prozesscomputern und eine wechselseitige Nutzbarkeit der Informationen auf der Basis der ISO 17532 „ISOagriNet“ sind zwingend notwendig, um eine herstellerübergreifende Vernetzung der Stall-Anwendungen zu erreichen [IF07].

## Literatur

- [AB09] Alsaad, M.; Büscher, W.: Früherkennung von Lahmheit bei Milchkühen mit elektronischen Aktivitätssensoren. Landtechnik, H. 6, S. 413-416, 2009
- [BSHS08] Brehme, U.; Stollberg, U.; Holz, R.; Schleusner, T.: ALT pedometer - A new sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. Computers and Electronics in Agriculture 62, 1, 73-80, 2008
- [Ei03] Eisentraut, P.: PostgreSQL – Das Offizielle Handbuch. mitp-verlag, ISBN 3-8266-1337-6, 2003
- [FW06] Flower, F.C.; Weary, D.M.: Effect of Hoof Pathologies on Subjective Assessments of Dairy Cow Gait. Journal of Dairy Science. 89 (1), 139-146, 2006
- [Ge09] Geisler, F.: Datenbanken – Grundlagen und Design. mitp-verlag, ISBN 978-3-8266-5529-6, 2009
- [HSJTK09] Hüttmann, H.; Stamer, E.; Junge, W.; Thaller, G.; Kalm, E.: Analysis of feed intake and energy balance of high-yielding first lactating cows with fixed and random regression models. Animal 3, 181-188, 2009
- [IF07] ISO/FDIS Norm 17532: Stationary equipment for agriculture and forestry – Data communications network for livestock farming, Beuth Verlag, Berlin, 2007
- [KSJLK05] Karsten, S.; Stamer, E.; Junge, W.; Lüpping, W.; Kalm, E.: The use of a database for genetic evaluation and to manage health in dairy cows. 56<sup>th</sup> EAAP, Sweden, Uppsala, Book of abstracts No. 11, 381, 2005
- [KSKJK07] Karsten, S.; Stamer, E.; Kramer, E.; Junge, W.; Kalm E.: Management tools coupled with a database to support dairy farmers in decision making. 58<sup>th</sup> EAAP, Ireland, Dublin, Book of abstracts No. 13, 119, 2007
- [KE09] Kemper, A.; Eickler, A.: Datenbanksysteme – eine Einführung. Oldenbourg Verlag München, ISBN 978-3-486-59018-0, 2009
- [KSMLK08] Kramer, E.; Stamer, E.; Mahlkow, K.; Lüpping, W.; Krieter, J.: Relationship between water intake, dry matter intake and daily milk yield on a German research farm. Livestock Science 115, 99-104, 2008
- [Ma08] Mahlkow, K.: Erfolgreich Füttern: Rotklee gras im Vergleich zum Weidelgras – Auswirkungen auf Leistung und Gesundheit bei Milchkühen. Bauernblatt Schleswig-Holstein, 20.09.2008, 32-34, 2008
- [Sc09] Sciore, E.: Database design and implementation. John Wiley & Sons, Inc., ISBN 978-0-471-75716-0, 2009