

Elektronisches Identifikationssystem zur Erfassung des Verhaltens von Legehennen

Radio frequency identification system for the recording of the behaviour of laying hens

von Georg Fröhlich, Stefan Thurner, Stephan Böck, Robert Weinfurtner und Georg Wendl

Kurzfassung

Die zuverlässige automatisierte elektronische Identifikation von sich bewegenden Tieren mit Hilfe von Transpondern stellt unter Bedingungen, wie sie in hochtechnisierten Versuchsbetrieben herrschen, immer noch eine Herausforderung dar. Kostengünstige Systeme, die viele Tiere an möglichst vielen Orten im Haltungssystem erkennen, sind nicht verfügbar. Ziel der Arbeit war die Entwicklung und Erprobung eines Identifikationssystems für Legehennen zur Beobachtung der Tierbewegungen zwischen Stall und Auslaufbereichen sowie des Eiablageverhaltens im Nest. Ergebnis ist eine Tiererkennungs- und Sensordatenerfassungseinheit, die für viele Anwendungen im Precision Livestock Farming geeignet ist.

Keywords: elektronische Tiererkennung, Legehennen, Transponder, Identifikationssysteme.

Abstract

Automated electronic identification of moving animals using RFID transponders under the conditions of sophisticated experimental farms still is a challenge as for identification reliability. Competitive systems to identify as much animals as possible at many different positions in a barn or hen house are not available. So the aim of this work was the development and evaluation of an identification system for laying hens to observe the movements between parts of the barn and open air runs as well as the laying behaviour and performance in the nest box. The result is an identification and sensor data recording unit which can benefit several applications in precision livestock farming.

Keywords: electronic animal identification, laying hens, transponder, radio frequency identification (RFID).

Die Tiererkennung bei Heim- und Nutztieren mit Hilfe von passiven Transpondern entsprechend den internationalen Standards ISO 11784 (Radio frequency identification of animals, code structure) und ISO 11785 (Radio frequency identification of animals, technical concept) ist inzwischen Stand der Technik. Trotzdem gibt es bei der automatischen Erfassung von sich z. B. in einem Stallsystem frei bewegenden Tieren, insbesondere für wissenschaftliche Untersuchungen mit Hilfe stationärer Leseinheiten noch eine Reihe ungelöster Probleme.

1. Problemstellung

Speziell beim dynamischen Lesen, also der Erfassung von sich bewegenden Tieren, und gleichzeitiger Ansammlung von Tieren auf engem Raum sowie vielen Erfassungsorten werden die technischen Grenzen handelsüblicher Systeme erreicht. Für diese Anwendungen am

besten geeignet sind ISO konforme Transponder mit niedrigen Übertragungsfrequenzen (low frequency LF, 134,2 kHz) mit Halbduplex Übertragungsverfahren (HDX, manchmal auch als sequentielles Verfahren bezeichnet), da sie eine bessere Reichweite und Störsicherheit bei vergleichbaren Abmessungen gegenüber kostengünstigeren Fullduplexsystemen (FDX) besitzen (KERN, 1998, S. 6-11).

Probleme entstehen jedoch, wenn mehrere Transponder im Lesebereich einer Antenne positioniert sind, da derzeit für diese Technik und die oben gestellten Anforderungen an die Lesegeschwindigkeit keine geeigneten Antikollisionssysteme verfügbar sind. Bei den in der Logistik vielfältig eingesetzten Hochfrequenz Systemen (high frequency HF, Übertragungsfrequenz z.B. 13,56 MHz) sind zwar die Kollisionsprobleme gelöst, jedoch ist der Einsatz an lebenden Tieren aufgrund deren hohem Anteil an Körperflüssigkeit und relativ großen Transponderabmessungen bei vertretbaren Lesereichweiten sehr problematisch.

2. Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund sollte auf der Basis von ISO-Transpondern ein Identifikationssystem mit Leseinheit und zugehöriger Datenerfassungseinrichtung entwickelt werden, das in kürzesten Zeitabständen auf engem Raum den Aufenthaltsbereich vieler sich frei bewegender Tiere erfassen kann.

Die konkrete Aufgabenstellung war, für einen Legehennenstall elektronisch überwachte Einzelnerster und richtungsüberwachte Durchgangseinheiten zwischen Stall und Kaltscharrraum zu realisieren, um die Legeleistung sowie das Lege- und das Auslaufverhalten tierindividuell und automatisch erfassen zu können.

3. Methode

In einem Versuchsstall wurden zur Ermittlung der Aufenthaltsbereiche im Durchgang zwischen Stall (Grundfläche ca. 9 m x 6 m) und Kaltscharrraum (Grundfläche ca. 9 m x 4,5 m) spezielle Schlüpfen („elektronisches Schlupfloch“) eingebaut, die mit je zwei elektronischen Tieridentifikationssystemen richtungsabhängige Einzeltierbewegungen registrieren können. Zusätzlich wurden im Stall vis a vis zu den Schlüpfen zur automatischen Erfassung von Legeleistung und –verhalten 48 Nestboxen installiert, in denen durch geeignete mechanische Vorkehrungen erreicht wird, dass nur ein Tier das Nest zur Eiablage betreten kann. Die Anwesenheit des Tieres im Nest wird auch hier mit einem elektronischen Identifikationssystem ermittelt. Dazu wurden alle Tiere am Ständer mit einem Fußring mit eingelegtem 23 mm ISO HDX-Transponder (TIRIS-System) gekennzeichnet. Die abgelegten Eier werden mit einem Sensor registriert und in einer Rinne entsprechend der Legereihenfolge gesammelt. Die entwickelten informationstechnischen Komponenten und deren Funktionsweise werden im folgenden vorgestellt.

3.1. Vierkanalleseeinheit

Die Leseinheit (LE) ist aus den Komponenten Radiofrequenzmodul (RF-Modul), Steuermodul (CTL-Board) und Ein-/ Ausgabemodul (I/O-Board) aufgebaut (Abbildung 1). Das RF-Modul auf der Basis der integrierten Schaltung RI45538NS von Texas Instruments stellt alle Funktionen zur Verfügung, um mit 134,2 kHz ISO-HDX Transpondern zu kommunizieren. Diese Transponder sind als elektronisches Kennzeichnungsmedium für Tiere Stand der Technik. Die typische Zeit für einen Lesezyklus liegt unter 100 Millisekunden (ms). Im Gegensatz zu handelsüblichen Systemen in diesem Leistungsbereich ist bei den modifizierten RF-Modulen eine Abstimmung der Antenne zur Optimierung des Leseabstandes möglich. Das Ein-/ Ausgabemodul ermöglicht den Anschluss zusätzlicher Sensoren oder Aktoren. Das Steuermodul auf der Basis eines Microcontrollers (PIC18) koordiniert die Funktion von bis zu 4 RF-Modulen sowie 8 Sensor-/ Aktorsignalen pro Leseinheit und kommuniziert über einen seriellen Bus (RS 485) mit einem Personalcomputer. Über PC und Bus wird die Synchronisation von mehreren Leseeinheiten möglich, wobei die Koordination nach dem Master/ Slave Prinzip erfolgt. Der PC übernimmt die steuernde Masterfunktion, der alle angeschlossenen Leseeinheiten nachgeordnet sind.

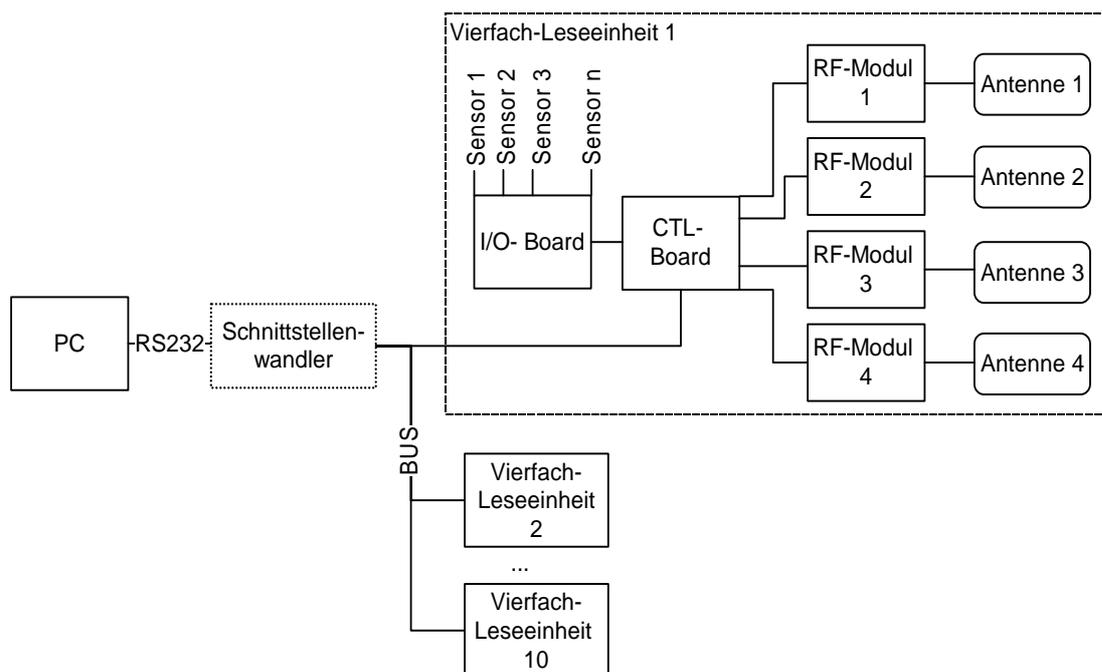


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Vierkanalleseeinheit
Outline of the quad-reader unit

Das Auslesen der Information von einem eventuell im Empfangsbereich der Antenne befindlichen Transponder wird durch einen weniger als 5 ms dauernden Befehl des PC auf den Bus initialisiert. Der Befehl beinhaltet die Adresse der angesprochenen Leseinheit und eine kurze Anweisung. Broadcastbefehle für die parallele Abarbeitung an allen Busteilnehmern sind ebenfalls möglich. Als Reaktion auf den Befehl veranlasst das angesprochene Steuermodul seine RF-Module, für 50 ms Energie an die im Sendefeld befindlichen Transponder zu über-

tragen. Sind Transponder im Feld, so senden diese innerhalb der nächsten 20 ms ihre Antwort, die von den Antennen der einzelnen RF-Module empfangen wird und im Steuermodul für alle 4 RF-Module zwischengespeichert wird. Beim nächsten Befehl des PC, der nach einer Zykluszeit von 100 ms ausgesendet wird (minimal sind 70 ms möglich), stehen am Steuermodul die zwischengespeicherten Empfangssignale und der Status der Sensorsignale zum Lesen bereit. Die ca. 10 ms lange Antwort des Moduls mit diesen Informationen wird zu einem definierten Zeitpunkt innerhalb der nächsten Energieübertragung zwischen RF-Modul und Transponder auf den Bus übertragen, da dann die Störempfindlichkeit am geringsten ist (Abbildung 2).

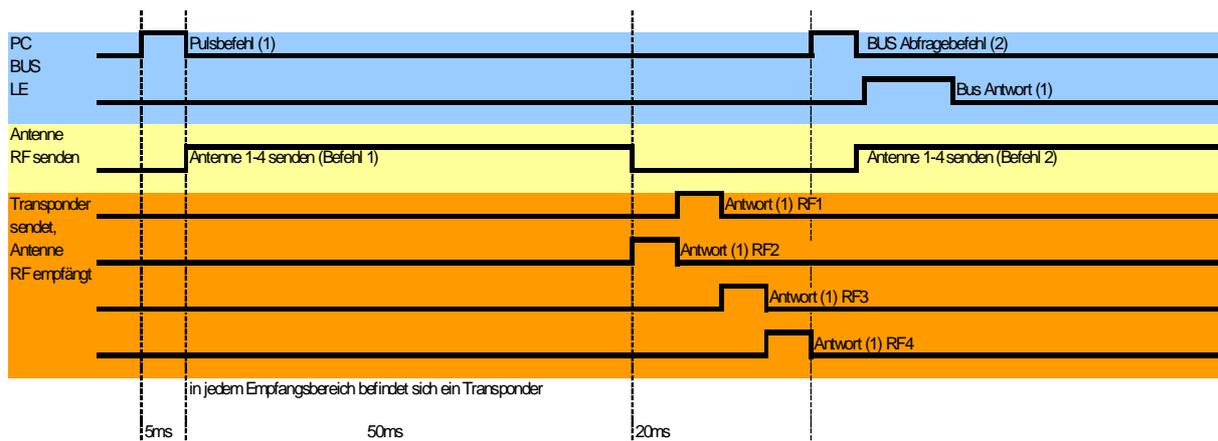


Abb. 2: Zeitlicher Ablauf der Aktivitäten der einzelnen Radiofrequenzmodule (RF) an einer Leseinheit (LE)

Time schedule of the activity of each radio frequency module (RF) at a reader unit (LE)

So können unter Berücksichtigung von Sicherheitsabständen zwischen den einzelnen Signalübertragungen Gruppen von 5 Einheiten mit jeweils 4 RF-Modulen innerhalb eines Zyklus abgefragt werden. Die Antworten der einzelnen Leseinheiten können definiert verzögert und somit innerhalb einer Gruppe serialisiert werden. Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Ablauf des Übertragungsprotokolls am Beispiel von zwei Gruppen zu je 5 Leseinheiten, die jeweils mit bis zu 4 RF-Modulen bestückt sein können. Jedoch bleibt auch bei dem geschilderten Ablauf das Problem bestehen, dass unter Umständen (Überlagerung der Antworten mehrerer Transponder im Lesebereich einer Antenne) nicht gleichzeitig alle anwesenden Transponder gelesen werden. Daher ist durch Abschirmung, Abstände oder Selektion der Tiere sicherzustellen, dass sich immer nur ein Transponder im Lesebereich einer Antenne befindet.

Begrenzt durch die maximale Busbelastung mit 98 Leseinheiten könnte eine Stalleinheit also maximal 392 RF-Module besitzen, die synchronisiert im Takt von 100 ms abgefragt werden, ohne dass eine negative gegenseitige Beeinflussung der Leseinheiten untereinander oder mit dem Bussystem stattfindet. Soll die Abtastzeit für das Gesamtsystem nur eine Sekunde betragen, reduziert sich die Anzahl auf 50 Leseinheiten bzw. 200 Antennen.

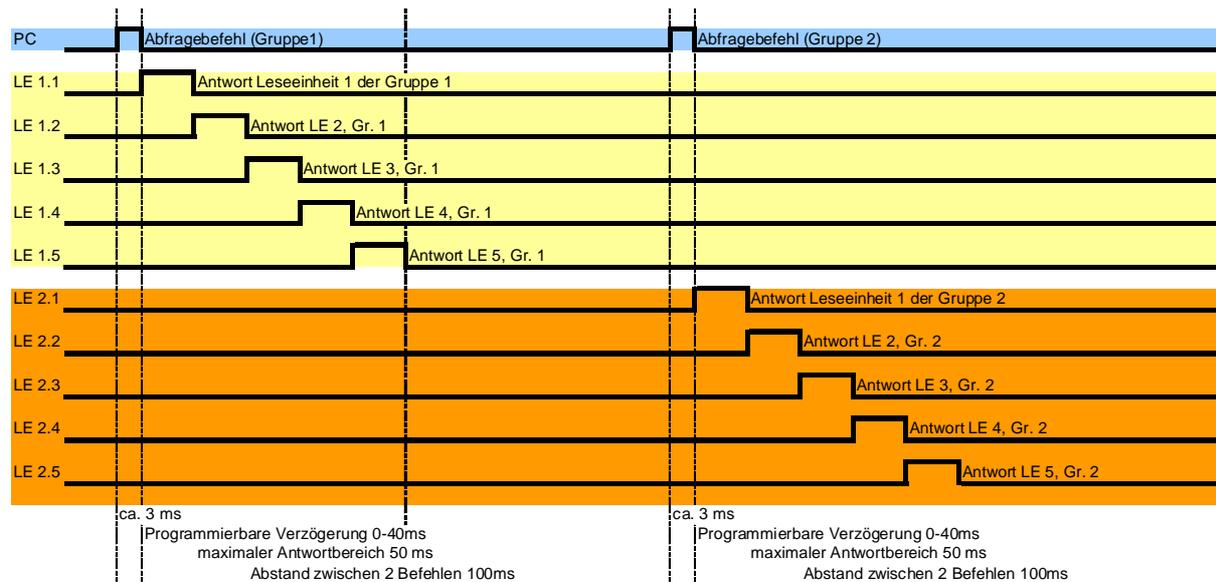


Abb. 3: Zeitdiagramm der Busaktivitäten für 10 Leseeinheiten (LE)
 Timing diagram for the Bus activities for 10 reading units (LE)

3.2. Datenübertragung und -aufbereitung

Die Leseeinheiten werden gemeinsam mit einem PC-Programm betrieben, welches wie ein Datenlogger arbeitet. Die Software ist so in Client- und Servermodule aufgeteilt, dass die Steuerung und Datenkanalisierung per Internet-Socketverbindung (TCP/IP) netzwerkbasierend stattfinden kann (Abbildung 4 links). Ein kostengünstiger und robuster embedded PC im Stall mit einer seriellen Schnittstelle für den Bus und einem Ethernetadapter kann als Abfrageclient die Datenweiterleitung zum Büro bewerkstelligen .

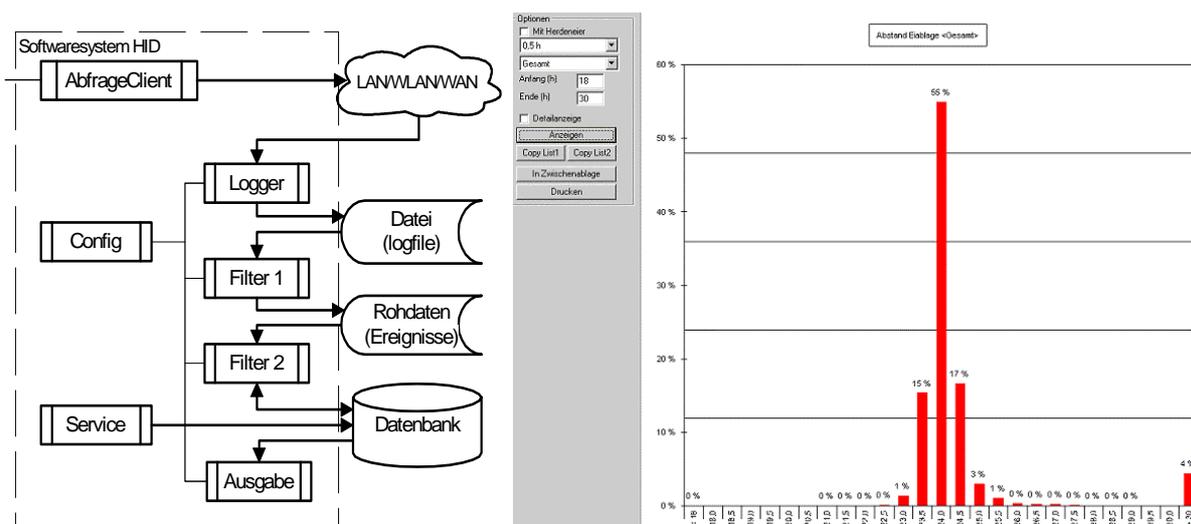


Abb. 4: Schematischer Aufbau der Software (links) und Beispiel einer Bildschirmausgabe (rechts)

Schematic organisation plan of the software (left) and example of a screen display (right)

Die anfallenden Daten sind zustandsorientiert und können in Abhängigkeit von der Anzahl der angeschlossenen Leseinheiten und der Abtastrate sehr schnell eine nicht mehr handhabbare Menge erreichen. Daher werden sie zunächst in eine tägliche Logdatei (ASCII-Text-Format) geschrieben. Pro Vierkanalleser wird ein Datensatz je Busabfrage erzeugt, der je nach Anwendung (Nest oder Schlupfloch) unterschiedliche Informationen enthält. Über ein Konfigurationsmodul wird jedem Vierkanalleser vorher die jeweilige Anwendung zugeordnet. In einem weiteren Schritt werden die Daten nach Ereignissen an den einzelnen RF-Modulen und Sensoren gefiltert. Im dritten Schritt werden diese Ereignisse für das Einzeltier zusammengefasst und zwischengespeichert. Dabei werden verschiedene justierbare Zeit-Parameter, mit denen z. B. Leselücken überbrückt werden, berücksichtigt. Im letzten Schritt werden die zusammengefassten Daten in einer Datenbank abgelegt und mit Hilfe von vorher parametrisierbaren Regeln überprüft. So können z. B. nicht vollständig erfasste Ortsveränderungen oder nicht exakt zuzuordnende Eiablagen anhand der Datenabfolge aufgespürt, plausibel begründet und in die Datenbank eingefügt werden. Je nach anfallender Datenmenge sowie Anzahl und Verteilung der auf die Daten zugreifenden Prozesse kann eine Access-Datenbank oder jedes beliebige durch Open Database Connectivity (ODBC) Standard erreichbare relationale Datenbankmanagementsystem verwendet werden. In der Datenbank stehen die plausibilisierten Daten für weitere Auswertungen, z.T. mit grafischen Hilfsmitteln zur Verfügung. Das angeführte Beispiel (Abbildung 4 rechts) zeigt eine grafische Darstellung der Abstände der Eiablagen mit der Möglichkeit, Anzeigeparameter wie zeitliche Auflösung und Tierauswahl zu verändern und das Ergebnis zu exportieren oder auszudrucken. Die dazu notwendigen PC-Softwaremodule wurden mit Visual C und Visual Basic unter Windows entwickelt und durch Standard-Statistikprogramme ergänzt.

4. Ergebnisse zur Erkennungssicherheit

Beispielhaft werden nachfolgend einige Ergebnisse zur Funktionssicherheit des Einzelnestes und des elektronischen Schlupfloches vorgestellt.

In dem Versuchsstall wurden alle 48 Einzelnesteinheiten (Weihenstephaner Muldenne) mit einer trapezförmigen Antenne im Boden und einer speziellen Ei-Wippe als Sensor zur Erkennung der Eiablage ausgestattet. Die gesamte Herde umfasste 366 Legehennen, der Beobachtungszeitraum 10 Monate (von 20.02.2005 bis 20.12.2005). Eine korrekte Zuordnung Henne – Ei konnte bei fast 96% der Legevorgänge erfolgreich durchgeführt werden. 2,0 % der gelegten Eier konnten keiner Henne zugeordnet werden, da sie das Nest zu einem unbelegten Zeitpunkt bzw. einer längeren „Leselücke“ infolge einer schlechten Transponderstellung verließen oder die Ei-Wippe durch ein Windei blockiert war. Weitere 0,6% der Eier kamen bei Belegung des Nestes durch zwei Hennen zustande und konnten so keiner der beiden Hennen exakt zugeordnet werden. Die verbleibenden 1,6% der Eier konnten auf Grund von Plausibilitätsproblemen beim letzten Auswertungsschritt oder unspezifischen Fehlern keiner Henne zugeordnet werden. Die Zuordnungssicherheit "Henne - Ei" wurde in der mit 337 Braunlegern belegten Pilotanlage durch zusätzlich eingestellte 29 Weißleger überprüft. Deren weiße Eier

lagen je nach Ei-Ablagezeitpunkt in der Ei-Sammelrinne verstreut zwischen den braunen Eiern der übrigen Hennen. Beim täglichen Absammeln der Eier wurden die Positionen der weißen Eier gesondert erfasst. Anschließend wurde jede Henne, die einem weißen Ei über die automatische Datenerfassung in der Datenbank zugeordnet ist, ermittelt. Nur wenn diese Henne in der Liste der Weißleger enthalten war, wurde die Zuordnung "Henne - Ei" als korrekt interpretiert (THURNER et al., 2006).

Die Tierbewegungen zwischen Stall und Kaltscharraum wurden mittels 4 Durchgängen registriert, in denen jeweils eine Henne zwei Antennen nacheinander passiert. Anhand von fast 17.000 Durchgangsvorgängen und vergleichender Auswertung mit den Videoaufnahmen wurde eine Identifikationsrate von 96,5 % ermittelt. Damit werden die Ergebnisse eines vorangegangenen Versuches (THURNER und WENDL, 2005) mit drei Herden, Flügelmarken und zusätzlicher stichprobenartiger Vorortkontrolle (manuelle Lesung aller Tiere im Außenbereich) mit dem Vorgänger der hier beschriebenen Identifikationseinheit bestätigt.

Aufgrund dieser hohen Zuverlässigkeit der Datengrundlage können allein aus den aufgezeichneten Daten Rückschlüsse auf das individuelle Tierverhalten gezogen werden. Abbildung 5 zeigt die Nestbesuche und Eiablagen eines einzelnen Tieres über mehrere Legesequenzen. Die vertikalen Balkensequenzen zeigen Zeitpunkt und Dauer der täglichen Nestbesuche. Fand eine Eiablage statt, so ist diese durch ein Dreieck gekennzeichnet. Haben über einen Zeitraum von mehreren aufeinanderfolgenden Tagen Eiablagen stattgefunden, wurde die durchgehende Legesequenz mit dünnen Verbindungslinien zwischen den Ablagezeitpunkten gekennzeichnet. Am unteren Rand des Diagramms sind die Tage markiert, an denen keine Nestbesuche und keine Eiablage stattgefunden hat. Deutlich sind Nesterkundungsverhalten am 2. Untersuchungstag, Legesequenzen und die bei diesem Tier innerhalb der Sequenz auftretenden täglichen Verschiebungen des Eiablagetermins zu erkennen.

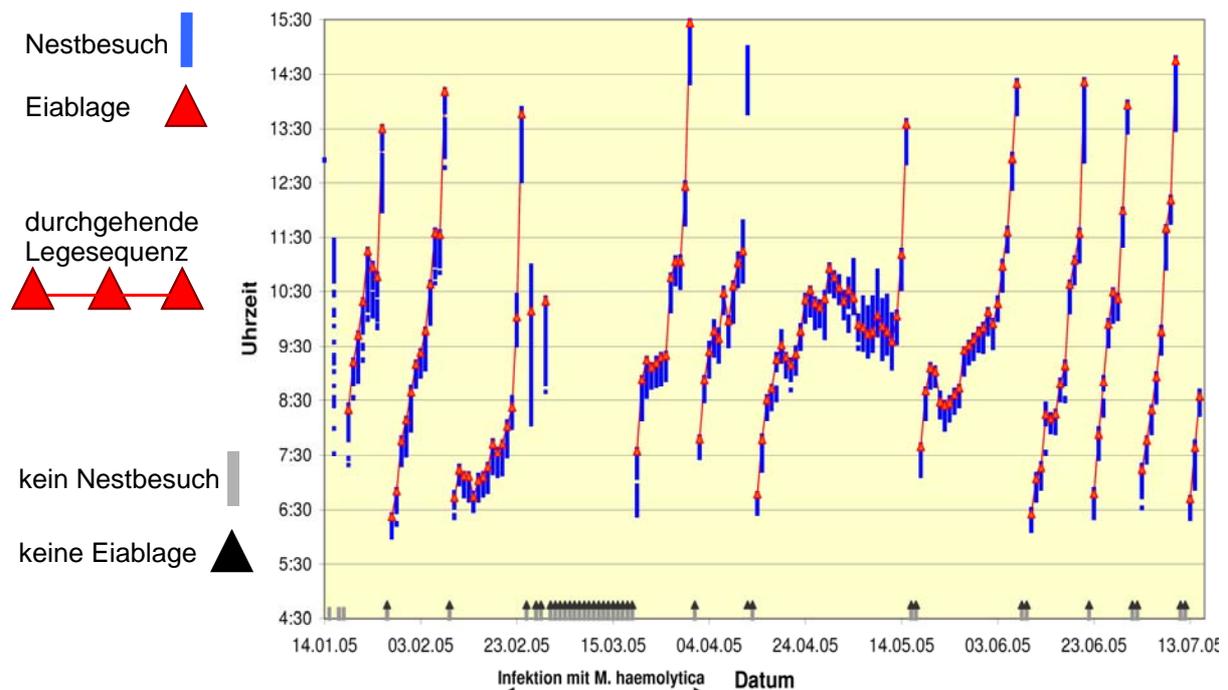


Abb. 5: Grafische Aufbereitung des mit der Leseinheit ermittelten Legeverhaltens einer Henne

ne

Diagrammed presentation of the activities of a hen aquired with the reading unit

Statistische Untersuchungen des Herdenverhaltens können beispielsweise zum Zusammenhang der Belegungsdauer aller Nestboxen mit der Anzahl nicht in den Nestboxen abgelegter (verlegter) Eier stattfinden oder zum Auslaufverhalten im Zusammenhang mit Tageszeiten und Klima. Weitere Beispiele für die vielfältigen Auswertemöglichkeiten der aufgezeichneten Informationen sind bei THURNER (2006, S. 20-51) zu finden.

5. Diskussion und Ausblick

Mit dem vorgestellten System steht eine kostengünstige Lösung für die zuverlässige elektronische Tiererkennung in Versuchssystemen zur Verfügung. Die Materialkosten für die Elektronik ohne Entwicklungs-, Montage- und Inbetriebnahmeaufwand liegen pro Nesterinheit bei ca. 250 € pro Durchgangseinheit etwa doppelt so hoch. Einzeltierbezogene Untersuchungen an mehreren Fütterungssystemen und verschiedenen Aufenthaltsbereichen sind damit auch bei kleinen Tieren in größeren Herden wirtschaftlich vertretbar und zuverlässig durchführbar. Eine Erweiterung des Systems mit dem Ziel der Erfassung des Fressverhaltens wird derzeit durchgeführt.

Der einzige verbleibende Nachteil dieses Erfassungssystems liegt in der notwendigen Vereinzelung der Tiere an den Antennen, denn es darf sich immer nur ein Tier in einem Nest oder im Durchgang befinden. Diese Einschränkung widerspricht dem Grundgedanken einer tiergerechten Gruppenhaltung. Daher wurde neben dieser Entwicklung begonnen, ein auf 13,56 MHz Transpondern basierendes System zu testen. Auch bei diesem HF-System müssen mehrere Nachteile in Kauf genommen werden. Zum einen verringert sich die Erkennungssicherheit aufgrund von Abschattungen der Transponder durch die Tiere, zum anderen ist die Anzahl der Erkennungsbereiche im Stall begrenzt. Außerdem fallen die Kosten pro Erkennungseinheit deutlich höher aus, was aber zum Teil durch die gleichzeitige Identifikation einer Gruppe von Tieren an jeder Einheit kompensiert werden kann. Besonderes Augenmerk wurde auf die Applikation der Transponder an den Tieren und die Schaffung robuster Lesesysteme für die Stallumgebung gelegt. Erste praktische Ergebnisse liegen zu Voruntersuchungen mit Absatzferkeln an Breifutterautomaten vor (THURNER et. al. 2007). Aufgrund der oben geschilderten Einschränkungen erscheint aber die HF-Technik zur Tieridentifikation nur im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen für geeignet.

Literatur

KERN, C. (1998): Technische Leistungsfähigkeit und Nutzung von injizierbaren Transpondern in der Rinderhaltung. MEG Forschungsbericht Agrartechnik 316, Freising, 163 S.

THURNER, S. (2006): Automatic registration and evaluation of the ranging behaviour of laying hens in group housing systems using RFID technology and electronic pop holes. Master

Thesis, Technical University Munich, Weihenstephan Center of Life and Food Sciences, Department of Bio Resources and Land Use Technology, 71 S.

THURNER, S. und G. WENDL (2005): Tierindividuelles Auslaufverhalten von Legehennen. In: Landtechnik, 60 1/2005, S. 30-11.

THURNER, S., G. WENDL AND R. PREISINGER (2006): Funnel nest box: a system for automatic recording of individual performance and behaviour of laying hens in floor management. In: Book of Abstracts, XII European Poultry Conference. Publisher: World's Poultry Science Journal, Volume 62 Supplement, pp. 610-611.

THURNER, S., G. WENDL, S. BÖCK, E.F. HESSEL, K. REINERS AND H. VAN DEN WEGHE (abstract accepted 2007): Reading performance of high frequency transponders under laboratory conditions and in feed suppliers for weaned piglets. III European Conference on Precision Livestock Farming, 03. – 06. June 2007, Skiathos, Griechenland.

Zu den Autoren

Dr. Georg Fröhlich ist Leiter des Arbeitsbereiches Mechatronik, M. Sc. Stefan Thurner ist Mitarbeiter im Arbeitsbereich Technik in der Nutztierhaltung, s.g. ET Stephan Böck und Dipl. Ing. (FH) Robert Weinfurtner sind Mitarbeiter im Arbeitsbereich Mechatronik des Instituts für Landtechnik und Tierhaltung (Leiter Dr. Georg Wendl).

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising
Tel. 08161/ 71 3463, Fax. 08161/ 714363
E-Mail: Georg.Froehlich@LfL.bayern.de

Danksagung

Das dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und der Lohmann Tierzucht GmbH gefördert.