

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50804/2023
(22) Anmeldetag: 03.10.2023
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2025

(51) Int. Cl.: **A01K 11/00** (2006.01)
A01K 29/00 (2006.01)
G06N 3/02 (2006.01)
G06N 3/04 (2006.01)
G06N 3/0464 (2023.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2022220317 A1
WO 2023172139 A1
WO 2014145552 A1
US 2002156356 A1
US 2017164580 A1
US 2023225290 A1
US 2008236500 A1

(71) Patentanmelder:
smaXtec animal care GmbH
8010 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Rohrhofer Christian Dr.
8010 Graz (AT)
Oberegger Alexander Dipl.-Ing.
8010 Graz (AT)
Klien Florian Dipl.-Ing.
8047 Graz (AT)
Rosenkranz Stefan Dipl.-Ing. Dr.techn.
8042 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwaltskanzlei Matschnig & Forsthuber
OG
1010 Wien (AT)

(54) **Computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres**

(57) Die Erfindung betrifft ein computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres (2) zu einem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1), umfassend das Ermitteln zeitlich aufeinanderfolgender Werte zumindest eines physikalischen Parameters innerhalb des Magen-Darmtraktes (3) des zu überprüfenden Nutztieres (2) durch eine darin angeordnete Sondenvorrichtung (1), Übermitteln der Werte an eine Auswerte-Einheit (12), Ermitteln der Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen zumindest eines körperlichen Zustands des zu überprüfenden Nutztieres (2) durch Anwenden eines trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes auf die übermittelten Werte, und Generieren einer Meldung über das Vorliegen eines körperlichen Zustandes des zu überprüfenden Nutztieres (2) zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1), wenn die in Schritt c) ermittelte Wahrscheinlichkeit einen vordefinierten Grenzwert überschreitet, wobei in der Auswerte-Einheit (12) Informationen über die Durchführung von Herdenmanagement-Maßnahmen und davon betroffene Nutztiere (2) hinterlegt sind und vor

Ermitteln der Wahrscheinlichkeit überprüft wird, ob der Zeitpunkt (T_H) der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme im Überprüfungs-Zeitraum (TR) liegt und das zu überprüfende Nutztier (2) von der Herdenmanagement-Maßnahme betroffen ist, wobei im Fall, dass der Zeitpunkt (T_H) der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme in dem Überprüfungs-Zeitraum (TR) liegt und das zu überprüfende Nutztier (2) betroffen ist, diejenigen in Schritt a) ermittelten Werte, die innerhalb eines vordefinierten, auf den Zeitpunkt (T_H) der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervalls, liegen, entfernt werden und in Schritt c) das neuronale Netzwerk nur auf die verbleibenden Werte angewendet wird.

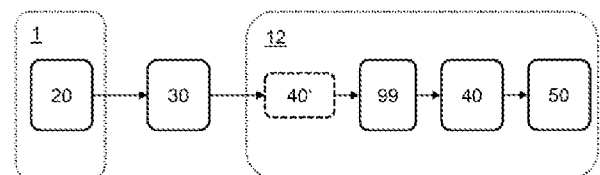


Fig. 4

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres (2) zu einem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1), umfassend das Ermitteln zeitlich aufeinanderfolgender Werte zumindest eines physikalischen Parameters innerhalb des Magen-Darmtraktes (3) des zu überprüfenden Nutztieres (2) durch eine darin angeordnete Sondenvorrichtung (1), Übermitteln der Werte an eine Auswerte-Einheit (12), Ermitteln der Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen zumindest eines körperlichen Zustands des zu überprüfenden Nutztieres (2) durch Anwenden eines trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes auf die übermittelten Werte, und Generieren einer Meldung über das Vorliegen eines körperlichen Zustandes des zu überprüfenden Nutztieres (2) zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1), wenn die in Schritt c) ermittelte Wahrscheinlichkeit einen vordefinierten Grenzwert überschreitet, wobei in der Auswerte-Einheit (12) Informationen über die Durchführung von Herdenmanagement-Maßnahmen und davon betroffene Nutztiere (2) hinterlegt sind und vor Ermitteln der Wahrscheinlichkeit überprüft wird, ob der Zeitpunkt (T_H) der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme im Überprüfungs-Zeitraum (TR) liegt und das zu überprüfende Nutztier (2) von der Herdenmanagement-Maßnahme betroffen ist, wobei im Fall, dass der Zeitpunkt (T_H) der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme in dem Überprüfungs-Zeitraum (TR) liegt und das zu überprüfende Nutztier (2) betroffen ist, diejenigen in Schritt a) ermittelten Werte, die innerhalb eines vordefinierten, auf den Zeitpunkt (T_H) der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervalls, liegen, entfernt werden und in Schritt c) das neuronale Netzwerk nur auf die verbleibenden Werte angewendet wird.

Fig. 4

Computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres

Die Erfindung betrifft ein computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres zu einem Überprüfungs-Zeitpunkt, umfassend die folgenden Schritte:

- a) Ermitteln von zeitlich aufeinanderfolgenden Werten zumindest eines physikalischen Parameters innerhalb des Magen-Darmtraktes des zu überprüfenden Nutztieres durch eine Sondenvorrichtung, die im Magen-Darmtrakt des zu überprüfenden Nutztieres angeordnet ist, zumindest in einem vor dem Überprüfungs-Zeitpunkt liegenden Überprüfungs-Zeitraum,
- b) Übermitteln der Werte, vorzugsweise zumindest der in dem Überprüfungs-Zeitraum liegenden Werte, von der Sondenvorrichtung an eine außerhalb des zu überprüfenden Nutztieres angeordnete Auswerte-Einheit,
- c) Ermitteln der Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen zumindest eines körperlichen Zustands des zu überprüfenden Nutztieres zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt durch Anwenden eines trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes auf zumindest einen Teil der für den vordefinierten Überprüfungs-Zeitraum in Schritt b) übermittelten Werte in der Auswerte-Einheit,
- d) Generieren einer Meldung über das Vorliegen eines körperlichen Zustandes des zu überprüfenden Nutztieres zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt, wenn die in Schritt c) ermittelte Wahrscheinlichkeit einen vordefinierten Grenzwert überschreitet.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein System zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres, umfassend zumindest eine Sondenvorrichtung und zumindest eine Auswerte-Einheit, ein Computer-Programmprodukt und einen computerlesbaren Datenträger.

Weltweit zeigt sich in der Nutztierhaltung eine Tendenz hin zu Großbetrieben mit hunderten, teilweise tausenden Tieren. Gleichzeitig besteht auch bei kleineren Herdengrößen nicht zuletzt aufgrund des zunehmenden Kostendrucks ein Bedarf

an optimierter Bewirtschaftung, beispielsweise was die Fütterung und Kenntnis des allgemeinen körperlichen Zustands der Einzeltiere betrifft.

Aus diesem Grund wird in der Viehwirtschaft zunehmend auf elektronische Managementhilfen zurückgegriffen, um die Vorteile der Informationstechnologie zu nutzen. Dieses Vorgehen ist bekannt unter dem Überbegriff „Smart Farming“, die Spezialisierung im Zusammenhang mit Nutztierhaltung wird als „Livestock Management“ bezeichnet. Beispielsweise beschreibt die DE 199 01 124 A1 eine bolusförmige Sonde, die für solche Zwecke verwendet werden kann. Eingbracht in den Magen-Darmtrakt eines Rindes messen Sensoren verschiedene körperliche Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert oder Ammoniakgehalt. Die AT 509 255 B1 der Anmelderin beschreibt eine ähnliche Sondereinheit, bei der Messdaten drahtlos übertragen werden können, wobei die Messsensorik zum Schutz vor mechanischer Beschädigung innerhalb eines säurebeständigen Gehäuses zumindest teilweise von einer zylindrischen Schutzvorrichtung umgeben ist. Die Sondereinheit kann dabei Messwerte an in einem Stall verteilte Basisstationen funken und über diese von einer Steuervorrichtung bedient bzw. ausgelesen werden.

Die auf diese Weise gewonnenen Daten erlauben die Anwendung von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien, insbesondere solcher zur Analyse großer Datenmengen. Beispielsweise können Algorithmen des maschinellen Lernens unter Anwendung von Verfahren der Statistik derart trainiert werden, dass sie aus Daten lernen und Vorhersagen treffen bzw. neue, unbekannte Daten auf Basis des Trainings interpretieren können.

Als Trainingsdaten können Messwerte der oben genannten Sonden bzw. Sondereinheiten verwendet werden, die zusätzlich mit Informationen – sogenannten „Labels“ – zu körperlichen Zuständen der Nutztiere versehen sind. Die dabei verwendeten künstlichen neuronalen Netze bzw. künstliche neuronale Netzwerke (abgekürzt „KNN“) sind mittlerweile Stand der Technik für viele Anwendungen – moderne derartige Architekturen sind beispielsweise faltende künstliche neuronale Netze („Convolutional Neural Networks“, abgekürzt „CNN“).

Die US 2022/0310259 A1 beschreibt ein System und Verfahren für das „Livestock Monitoring“: Ein Messgerät zeichnet biometrische Daten – z.B. Herz- und Atmungsrate, Körpergewicht und Rektaltemperatur – von Nutztieren auf, die sich beispielsweise bei einem Futterplatz einfinden, um so unter Atemwegserkrankungen leidende Tiere zu identifizieren. Die aufgenommenen Werte werden als Eingangsdaten für einen trainierten Algorithmus herangezogen, um einem Nutzer eine Empfehlung zu geben, ob das jeweilige Nutztier auf Atemwegserkrankungen behandelt werden muss oder nicht.

Hier besteht ein großes Risiko für fehlerhafte Empfehlungen, da die aufgenommenen Werte ohne Kontext als Eingangsdaten verwendet werden. So kann ein Nutztier, das gerade auf einen neuen Weideplatz getrieben wurde, aufgrund von erhöhten Herz- und Atmungsraten als erkrankt identifiziert werden, obwohl diese durch die rasche Fortbewegung und die Aufregung über den Ortswechsel bedingt sind.

Nachteilig an den bekannten Lösungen ist also, dass es aufgrund der mangelnden Datenqualität der Eingangsdaten für derartige Algorithmen bzw. der geringen Zahl an verwendeten biometrischen Daten zu falschen Ergebnissen hinsichtlich des körperlichen Zustands eines Nutztieres kommen kann.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, die oben genannten Nachteile des Stands der Technik zu beheben und ein computer-implementiertes Verfahren, ein System, ein Computer-Programmprodukt und einen computerlesbaren Datenträger bereitzustellen, die zuverlässig das Ermitteln eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres erlauben.

Diese Aufgabe wird durch das eingangs erwähnte Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Auswerte-Einheit Informationen zumindest über den Zeitpunkt der Durchführung von einer Herdenmanagement-Maßnahme und über davon betroffene Nutztiere hinterlegt und/oder hinterlegbar sind und vor Durchführung des Schritts c) überprüft wird, ob der Zeitpunkt der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme im Überprüfungs-Zeitraum liegt und das zu überprüfende Nutztier von der Herdenmanagement-Maßnahme betroffen ist, wobei im Fall, dass der Zeitpunkt in dem Überprüfungs-Zeitraum liegt und das zu

überprüfende Nutztier betroffen ist, diejenigen in Schritt a) ermittelten Werte, die innerhalb eines vordefinierten, auf den Zeitpunkt der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervalls liegen, entfernt werden und in Schritt c) das neuronale Netzwerk nur auf die verbleibenden Werte angewendet wird.

Die erfindungsgemäße Lösung erlaubt damit die Berücksichtigung des Einflusses, den Herdenmanagement-Maßnahmen auf physikalische Parameter eines Nutztieres haben, und es können fehlerhafte Aussagen über Wahrscheinlichkeiten bestimmter körperlicher Zustände des zu überprüfenden Nutztieres verhindert werden. In weiterer Folge kommt es nicht zu falschen, nicht notwendigen Maßnahmen an dem Nutztier, so dass Aufwand und Kosten gespart werden können und unnötiges Tierleid, z.B. durch Über- oder Unterfüttern, falsche Medikation, etc., verhindert wird. Damit kann die Nutztierhaltung optimiert werden.

Insbesondere handelt es sich bei den physikalischen Parametern in Schritt a) um zumindest einen der folgenden Parameter: Temperatur innerhalb des Magen-Darmtraktes des Nutztieres; Körpertemperatur des Nutztieres; pH-Wert innerhalb des Magen-Darmtraktes des Nutztieres; Beschleunigung der Sondenvorrichtung; Motilität, ermittelt aus der Beschleunigung der Sondenvorrichtung; Aktivität des Nutztieres, ermittelt unter anderem aus der Beschleunigung der Sondenvorrichtung. Die Beschleunigung wird in zumindest eine Raumrichtung, vorzugsweise in drei Raumrichtungen eines kartesischen Koordinatensystems bzw. als Resultierende derartiger Messungen ermittelt.

Vorzugsweise umfassen die physikalischen Parameter in Schritt a) zumindest die Parameter Temperatur innerhalb des Magen-Darmtraktes des Nutztieres und Motilität, ermittelt aus der Beschleunigung der Sondenvorrichtung, und Aktivität des Nutztieres. Es können auch weitere Parameter herangezogen werden, die genannten Parameter sind in einer bevorzugten Variante der Erfindung aber jedenfalls vorhanden.

In einer weiteren Variante der Erfindung werden nach dem Übermitteln der Werte an die Auswerte-Einheit in Schritt b) und vor dem Ermitteln der Wahrscheinlichkeiten in Schritt c) in einem Schritt c0) die übermittelten Werte aufbereitet, indem zumindest einer der folgenden Schritte vorgenommen wird:

- Überprüfen, ob in dem Überprüfungs-Zeitraum eine vordefinierte Anzahl an Werten ermittelt wurde und Verwerfen aller Werte, wenn die Anzahl unterschritten wird;
- Füllen von Datenlöchern der in Schritt a) ermittelten Daten, vorzugsweise mittels linearer Interpolation;
- Ersetzen von nicht-numerischen Werten in den in Schritt a) ermittelten Daten, vorzugsweise durch jeweils einen vordefinierten numerischen Wert.

Auf diese Weise lässt sich die Datenqualität deutlich erhöhen und eine ordentliche Durchführung insbesondere von Schritt c), also der Anwendung des trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes, sicherstellen. Unter einem Datenloch ist hier zu verstehen, dass bei einer zeitlichen Abfolge von Werten an einem Zeitpunkt, zu dem eigentlich eine Messung vorzunehmen wäre, kein Wert erhoben wird. Bei nicht-numerischen Werten handelt es sich um fehlerhafte Messwerte bzw. Artefakte, die beim Betrieb einer Sondenvorrichtung auftreten können.

Grundsätzlich können künstliche neuronale Netzwerke unterschiedlicher Architekturen zum Einsatz kommen, beispielsweise auch „Long short-term memory“-Netze, abgekürzt LSTM. Vorzugsweise handelt es sich bei dem trainierten künstlichen neuronalen Netzwerk in Schritt c) um ein faltendes künstliches neuronales Netz bzw. Netzwerke. Der englische Begriff dafür lautet „Convolutional Neural Networks“ mit dem Akronym CNN. Derartige KNN sind im Stand der Technik gut erforscht und ermöglichen korrekte und reproduzierbare Ergebnisse.

Um eine einfache und rasche Identifikation der von Herdenmanagement-Maßnahmen betroffenen Nutztiere zu erlauben, sind die auf der Auswerte-Einheit hinterlegten Informationen über von Herdenmanagement-Maßnahmen betroffene Nutztiere ausgeführt in Form von:

- 1) Listen einzelner Nutztiere; oder
- 2) Listen von Gruppen von Nutztieren, wobei auf der Auswerte-Einheit weiters hinterlegt ist, welche Nutztiere welcher Gruppe angehören; oder
- 3) Listen von Organisationen, wobei auf der Auswerte-Einheit hinterlegt ist, welche Nutztiere und/oder welche Gruppen von Nutztieren welchen Organisationen angehören.

Auf diese Weise lässt sich rasch herausfinden, ob das zu überprüfende Nutztier im Überprüfungs-Zeitraum einer Herdenmanagement-Maßnahme ausgesetzt war.

Das vordefinierte Zeitintervall, dessen Werte vor Durchführung von Schritt c) entfernt werden, ist vorzugsweise von einem Nutzer bzw. einer Nutzerin des Verfahrens vorgebar oder je nach Herdenmanagement-Maßnahme vorgegeben und auf der Auswerte-Einheit hinterlegt. Durch diese Maßnahme lässt sich adäquat abbilden, dass unterschiedliche Herdenmanagement-Maßnahmen unterschiedlich lange Einfluss auf die physikalischen Parameter im Magen-Darmtrakt eines Nutztieres ausüben. Insbesondere können auch Nutzer bzw. Nutzerinnen nutztier- bzw. herden- oder organisationsspezifische Eigenheiten berücksichtigen.

Die oben genannte Aufgabe wird außerdem durch das eingangs genannte System erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die zumindest eine Sondenvorrichtung und die zumindest eine Auswerte-Einheit so konfiguriert sind, dass sie die Schritte des oben genannten Verfahrens ausführen.

Darüber hinaus wird die oben genannte Aufgabe durch das eingangs genannte Computer-Programmprodukt erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass es Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, die Schritte des oben genannten Verfahrens auszuführen.

Die oben genannte Aufgabe wird außerdem gelöst durch den eingangs genannten computerlesbaren Datenträger, auf dem das oben genannte Computer-Programmprodukt gespeichert ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels, das in den Zeichnungen dargestellt ist, näher erläutert. Die Zeichnungen dienen lediglich Illustrationszwecken und schränken somit die Erfindung in keiner Weise ein. Darin zeigen

Fig. 1 eine Kuh als beispielhaftes Nutztier und die Anordnung einer Sondeneinheit in deren Magen-Darmtrakt;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Sondenvorrichtung und deren Komponenten;

- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems mit mehreren Sondenvorrichtungen und einer Auswerte-Einheit;
- Fig. 4 ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 5 schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Auswerte-Einheit; und
- Fig. 6 Ablaufdiagramm für das Trainieren eines künstlichen neuronalen Netzwerkes.

Die erfindungsgemäße Lösung wird nachfolgend anhand eines Beispiels erläutert, wobei es sich bei dem beschriebenen Nutztier um eine Kuh handelt. Grundsätzlich ist die Erfindung aber auch für andere Nutztiere, insbesondere wiederkäuende Nutztiere, wie beispielsweise Schafe, Ziegen oder auch Wildwiederkäuer wie Rotwild anwendbar.

Fig. 1 zeigt das schematische Schnittbild einer Kuh 2. Das von der Kuh 2 aufgenommene und – zumindest teilweise – zerkaute Futter gelangt in deren Magen-Darmtrakt 3, beispielsweise in Pansen oder Netzmagen (auch Haube bzw. Reticulum genannt). Aus dem Netzmagen kann das aufgenommene Futter einerseits in den Pansen weitergefördert, andererseits zum Wiederkäuen in das Maul der Kuh 2 rücktransportiert werden. Im Magen-Darmtrakt 3 der Kuh 2 ist eine Sondenvorrichtung 1 eingebracht, mit der Werte physikalischer Parameter innerhalb des Magen-Darmtrakts 3 gemessen werden können. Aus den Werten eines oder mehrerer physikalischer Parameter innerhalb des Magen-Darmtraktes 3 der Kuh 2 ist unter Anwendung eines trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes das Vorliegen eines körperlichen Zustands der Kuh 2 zu einem Überprüfungs-Zeitpunkt ermittelbar. Insbesondere lassen sich gute Ergebnisse erzielen, wenn sich die Sondenvorrichtung 1 dauerhaft in einer Endposition im Netzmagen befindet. Auf diese Weise ist es möglich, die Kuh zu überprüfen und ihren körperlichen Zustand zu ermitteln. Nachfolgend wird die Kuh daher auch als zu überprüfendes Nutztier bzw. zu überprüfende Kuh 2 bezeichnet.

Es sind körperliche Zustände wie wach oder schlafend identifizierbar, auch das Vorliegen einer Brunst kann erkannt werden. Ein zu geringer pH-Wert kann

beispielsweise auf eine Erkrankung, speziell eine Pansenazidose, hinweisen, Veränderungen von Herzschlagrate, Pansenmotilität, Wiederkäu- und Bewegungsaktivität lassen z.B. Rückschlüsse auf das Vorliegen von Milchfieber bzw. Mastitis zu. Diese Zustände werden dabei auch in Klassen eingeteilt. Mit anderen Worten umfasst der Begriff körperlicher Zustand im Rahmen der vorliegenden Offenbarung im Wesentlichen den Status des Organismus des Körpers des Nutztieres, der gewissen, vordefinierten Klassen zugeordnet werden kann, so dass in weiterer Folge Einschätzungen, Diagnosen und Handlungsempfehlungen erfolgen können, was aber nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist.

Sondenvorrichtungen 1 zum Ermitteln der Werte der physikalischen Parameter sind aus dem Stand der Technik bekannt, beispielhaft aus früheren Schutzrechtsanmeldungen der Anmelderin wie AT 509 255 B1, AT 517 847 B1 und AT 521 597 B1. Eine mögliche Ausführungsform ist in Fig. 2 skizziert, die eine schematische, teiltransparente Ansicht der Sondenvorrichtung 1 zeigt:

Innerhalb eines Gehäuses 4 mit einem ersten Verschlusselement 4a und einem zweiten Verschlusselement 4b sind ein erstes 5a und ein zweites Sensorelement 5b angeordnet. Bei dem ersten Sensorelement 5a handelt es sich beispielhaft um einen Beschleunigungssensor, das zweite Sensorelement 5b ist als Temperatursensor ausgeführt. Zusätzlich bzw. stattdessen können auch andere Sensoren verwendet werden, z.B. solche zur Messung von Temperatur, pH-Wert, Dichte, Druck, Leitfähigkeit, Schall, optischen Eigenschaften oder von Sauerstoff, CO₂, Ammoniak, Glukose, flüchtigen Fettsäuren, Acetat, Propionat, Butyrat und Laktat.

Als physikalische Parameter, deren Werte die Sensorelemente 5a, 5b direkt oder indirekt ermitteln, werden hierbei Parameter verstanden, die die physischen Bedingungen im Magen-Darmtrakt 3 des Nutztieres kennzeichnen, z.B. Temperatur, pH-Wert, Beschleunigungswerte, Bildinformationen und dergleichen. Bei der Beschleunigung wird insbesondere die Beschleunigung in alle drei Raumrichtungen eines kartesischen Koordinatensystems, in dem sich die Sondenvorrichtung 1 befindet, herangezogen, die im dargestellten Ausführungsbeispiel mit dem ersten Sensorelement 5a, dem

Beschleunigungssensor, ermittelt werden, bzw. eine daraus resultierende Beschleunigung im Raum.

Die Sondenvorrichtung 1 erlaubt auch das Ermitteln von Werten physikalischer Parameter, die nicht direkt gemessen, sondern aus den Messwerten der Sondenvorrichtung 1 errechnet werden, wie Motilität, Rumination, Herzschlag, Fress- und Trinkzeiten des Nutztieres 1 bzw. Zustand und Fortschritt des Verdauungstraktes/-vorgangs betreffende Größen, beispielsweise die Dauer der Kontraktionen einer Motilität und/oder deren Periodizität bzw. Frequenz. Bei der Motilität handelt es sich um die Pansen- bzw. Magenaktivität, im Wesentlichen also um intestinale Bewegungen des Magen-Darmtraktes 3 des Nutztieres 2, die sich durch entsprechende Kontraktionen zeigen. Mit anderen Worten bezeichnet Motilität im Rahmen der vorliegenden Offenbarung Kontraktionen des Magen-Darmtraktes 3, die in Form von Beschleunigungskräften auf die Sondenvorrichtung 1 einwirken. Die Motilität als physikalischer Parameter äußert sich daher als Beschleunigungskräfte mit einer spezifischen Charakteristik, die aufgrund der Kontraktionen des Magen-Darmtraktes 3, die sich unter anderem durch den Mageninhalt fortpflanzen, durch den Beschleunigungssensor der Sondenvorrichtung 1 messbar sind. Die Motilität sind die charakteristischen Beschleunigungskräfte der Kontraktionen des Magen-Darmtraktes 3.

Aus Pulsweite und damit Dauer der Kontraktionen und/oder deren Periodizität – also der Zeit, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kontraktionsphasen vergeht – und/oder deren Frequenz und können außerdem die Rumination bzw. Wiederkäuaktivität ermittelt werden, insbesondere die Zeiträume, in denen das Nutztier 2 sich dem Wiederkauen widmet. Rumination bezeichnet im Rahmen der vorliegenden Offenbarung die Wiederkäuaktivität des Nutztieres, insbesondere deren Intensität, Dauer und Periodizität bzw. Frequenz.

Zusätzlich können aus den Beschleunigungsmessungen weitere Verhaltensinformationen in Form von Aktivitäten wie Stehen, langsames/schnelles Bewegen und Liegen ermittelt werden, was sich unter dem Begriff der Aktivität des Nutztieres zusammenfassen lässt: Die Aktivität des Nutztieres 2 umfasst die charakteristischen Beschleunigungskräfte, die sich durch körperliche Bewegung des Nutztieres 2 ergeben und mittels der Sondenvorrichtung 1 messbar sind.

Während Motilität, Rumination und Aktivität des Nutztieres 2 allesamt durch Beschleunigungssensoren gemessen werden, ist eine Unterscheidung im Messsignal aufgrund der charakteristischen Eigenschaften der Beschleunigungsmuster von Motilität, Rumination und Aktivität möglich. Insbesondere handelt es sich bei diesen charakteristischen Eigenschaften um den Frequenzbereich der Beschleunigungssignale, mit welcher Frequenz also Beschleunigungspeaks auftreten, die Periodizität und die Amplituden.

Des Weiteren ist in der Sondenvorrichtung 1 ein Zeitmesser in Form eines Taktgebers 5c, z.B. einer RTC („Real Time Clock“), vorgesehen.

Die Sensorelemente 5a, 5b der Sondenvorrichtung 1 ermitteln zeitlich aufeinanderfolgende Werte der physikalischen Parameter. Das kann kontinuierlich erfolgen, insbesondere mit definierten Samplingraten (z.B. 100 Hz), so dass also unmittelbar aufeinanderfolgende Messungen vorgenommen und die ermittelten Werte abgespeichert oder an eine Auswerte-Einheit 12 (siehe Fig. 3) übermittelt werden. Es ist aber auch möglich, dass die Messungen in regelmäßigen Abständen – beispielsweise minütlich, stündlich nach Ablauf gewisser Zeitintervalle, z.B. alle paar Minuten, alle paar Stunden, etc., oder ausgelöst durch gewisse Ereignisse, z.B. Fütterung, Trinken, usw. – erfolgen. Es ergeben sich daher Zeitseriendaten von Werten der physikalischen Parameter, unterstützt von dem Taktgeber 5c. Der Taktgeber 5c kann absolute Zeitwerte und/oder relative Zeitinformation wie Zeitdauer seit letzter Messung, Anzahl durchgeführter Messungen, etc., ausgeben.

Sensorelemente 5a, 5b und Taktgeber 5c stehen mit einer Sondensteuereinheit 6 in Verbindung, die zur Steuerung der Sondenvorrichtung 1 dient. Die Sondensteuereinheit 6 ist beispielsweise als entsprechend programmierter Mikroprozessor ausgeführt. Die Sondensteuereinheit 6 kontrolliert und verarbeitet die Daten von den Sensorelementen 5a, 5b und von dem Taktgeber 5c.

Zur Speicherung der Daten kann ein Speicherelement 7 vorgesehen sein, beispielsweise ein Speicherchip, eine SD-Karte bzw. vergleichbare, der Fachperson bekannte Technologien. Das Speicherelement 7 speichert sowohl Messwerte der Sensorelemente 5a, 5b, insbesondere auch zeitcodiert mithilfe des

Taktgebers 5c, als auch Betriebsparameter der Sondenvorrichtung 1 wie Funkfrequenz (zur Kommunikation mit einer weiter unten im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen Auswerte-Einheit 12), Sendekanal, Systemzeit, aber auch Konfigurationsparameter wie z.B. die Abtastrate des Beschleunigungssensors, Abtastrate der Umwandlung in die erste Zustandsgröße und andere.

Über eine Sendeeinrichtung 8, die über zumindest eine Antenne 9 – in Fig. 2 nur skizziert – verfügt, werden Daten übertragen, beispielsweise an eine Auswerte-Einheit 12 (Fig. 3), die sich außerhalb des zu überprüfenden Nutztieres befindet. Die Auswerte-Einheit 12 kann sich in der unmittelbaren Umgebung der Kuh 2 befinden, aber auch weit abgesetzt angeordnet und über entsprechende drahtgebundene oder drahtlose Kommunikationsverbindungen erreichbar sein. Günstigerweise ist die Sendeeinrichtung 8 als Sende-Empfangseinrichtung ausgeführt, die Daten sowohl senden als auch empfangen kann.

Die Energieversorgung der Sondenvorrichtung 1 erfolgt z.B. über eine Energieversorgungsvorrichtung 10, die beispielsweise als Batterie, Akkumulator oder Kondensator (vorteilhafterweise ein Dünnschicht- oder Superkondensator) ausgeführt sein kann. Die Energieversorgungsvorrichtung 10 kann dabei auch wiederaufladbar ausgeführt sein, beispielsweise ist ein Wiederaufladen durch „Energy-Harvesting“ oder andere Methoden möglich.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die beschriebenen Komponenten gemäß der oben erwähnten AT 509 255 B1 innerhalb des Gehäuses 4 von einer hohlen, zumindest die Energieversorgungsvorrichtung 10 umgebenden Schutzvorrichtung 11 umschlossen, die vor mechanischer Einwirkung z.B. durch Zerbeißen schützt. Die Schutzvorrichtung 11 kann dabei aus einem beliebigen, widerstandsfähigen Material gefertigt sein, beispielsweise Kunststoff oder Metall.

Während Fig. 2 eine sehr detaillierte Variante einer Sondenvorrichtung 1 zeigt, kann die Sondenvorrichtung 1 zur Ausführung der Erfindung auch einfacher ausgeführt sein. Es ist ausreichend, wenn Werte von physikalischen Parametern im Magen-Darmtrakt 3 eines Nutztieres 2 gemessen und an eine Auswerte-Einheit 12 übermittelt werden können bzw. wenn die Sondenvorrichtung 1 Mittel aufweist, mit denen diese Aufgaben erfüllt werden können.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Systems 100 zum Ermitteln des körperlichen Zustands mehrerer zu überprüfender Nutztiere unter Verwendung mehrerer beschriebener Sondenvorrichtungen 1 – aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Nutztiere, in deren Magen-Darmtrakt 3 die Sondenvorrichtungen 1 angeordnet sind, nicht dargestellt. Die Sondenvorrichtungen 1 kommunizieren drahtlos mit einer Auswerte-Einheit 12. Das Aggregieren größerer Datenmengen und deren Auswertung, bzw. das Anwenden des trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes auf die Messwerte der Sondenvorrichtungen 1 erfolgt in der Auswerte-Einheit 12.

Das Übermitteln der Werte von Sondenvorrichtung 1 zu Auswerte-Einheit 12 erfolgt bevorzugt per Funk mit einem entsprechend passenden Protokoll (z.B. LoRa, ZigBee, RFID, WLAN, oder andere), wobei vorzugsweise ein geeigneter Frequenzbereich, z.B. 300 MHz bis 450 MHz, verwendet wird, bei dem die Permeabilität für Radiowellen bei Tieren besonders hoch ist, da ja die Daten der Sondenvorrichtungen 1 aus dem Magen-Darmtrakt 3 der Nutztiere heraus versendet werden.

Diese Übermittlung kann kontinuierlich geschehen, real ist aber eine Übermittlung nicht immer möglich oder gewünscht, weil sich die Kuh 2 nicht im Empfangsbereich der Auswerte-Einheit 12 befindet oder weil aus Energiespargründen die Daten nur paketweise verschickt werden sollen. Aus diesem Grund ist das Speicherelement 7 vorgesehen, das als RAM und/oder ROM ausgeführt sein kann. Beispielsweise können Werte während eines Messintervalls im Direktzugriffsspeicher („RAM“) gespeichert werden, wobei sie danach vom temporären Speicher in einen EEPROM, also einen Nur-Lesespeicher, übertragen werden. Der Zwischenschritt mit dem EEPROM ist insbesondere günstig, um ausreichende Datenmengen speichern zu können, bevor die nächste Übertragung zur Auswerte-Einheit 12 möglich ist.

Zur Erhöhung der Reichweite, bzw. um die notwendige Sendeleistung zu reduzieren, sind im dargestellten Ausführungsbeispiel zwischen Auswerte-Einheit 12 und den Sondenvorrichtungen 1 mehrere Sende-/Empfangseinheiten 13 vorgesehen, die als Relais fungieren können. Dadurch lässt sich eine sternförmige Architektur zur Anwendung des LoRa-

Netzwerkprotokolls (bzw. „LoRaWAN“ – „Long Range Wide Area Network“) umsetzen, wobei die Sondenvorrichtungen 1 die Endgeräte darstellen und die Sende-/Empfangseinheiten 13 Gateways, die Datenpakete an die Auswerte-Einheit 12, z.B. einen Netzwerkserver, senden. Die Sende-/Empfangseinheiten 13 insbesondere in der Funktion als Relais sind optional und nicht zwingend notwendig. Ein übliches System 100 wird aber aus Sondereinheiten 1 einerseits und zumindest einer oder mehreren Auswerte-Einheiten 12 bestehen, wobei die Kommunikation zwischen Sondereinheiten 1 und Auswerte-Einheit 12 bzw. Auswerte-Einheiten 12 über Sende-/Empfangseinheiten 13 erfolgt, die Messwerte bzw. Werte von Sondereinheiten 1 in ihrem Empfangsbereich an die Auswerte-Einheit 12 weiterleiten. Üblicherweise erfolgt also keine Weiterleitung zwischen Sende-/Empfangseinheiten 13 untereinander, sondern von Sondereinheiten 1 über eine zugeordnete Sende-/Empfangseinheit 13 and eine Auswerte-Einheit 12.

Die Auswerte-Einheit 12 kann beispielsweise ein mobiler bzw. stationärer Computer sein, auf dem das erfindungsgemäße Verfahren und weitere Steuerungs- und Auswerteroutinen ablaufen, bzw. einen über entsprechende Netzwerkverbindungen verbindbaren Server, durchaus mit mehreren Prozessoren bzw. Programmlogiken, bzw. mehrere derartige Server darstellen.

In einem System 100 aus Sondereinheit 1 (bzw. mehreren Sondereinheiten) und Auswerte-Einheit 12 wird das erfindungsgemäße computer-implementierte Verfahren zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands zumindest eines zu überprüfenden Nutztieres 2 zu einem Überprüfungs-Zeitpunkt durchgeführt, wie in Fig. 4 schematisch dargestellt und nachfolgend erläutert. Insbesondere erfolgt durch die Auswerte-Einheit 12 das Ermitteln und Ausgeben einer Meldung über einen körperlichen Zustand eines zu überprüfenden Nutztieres 2.

Das beschriebene Verfahren ist computerimplementiert, d.h. es wird ein Verfahren vorgeschlagen, das mit oder auf einem Computersystem (Auswerte-Einheit 12) bzw. computerunterstützt ausgeführt wird. Das unten beschriebene trainierte künstliche neuronale Netzwerk ist also in dem Computersystem – der Auswerte-Einheit 12 – implementiert und es ist trainierbar ausgebildet.

Mit anderen Worten wird ein körperlicher Zustand eines zu überprüfenden Nutztieres 2 mittels Deep Learnings erkannt, indem ein trainiertes Modell in Form eines trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes – im dargestellten Ausführungsbeispiel basierend auf einer CNN-Architektur, also eines „Convolutional Neural Network“ –, auf Werte für physikalische Parameter im Magen-Darmtrakt 3 eines Nutztieres 2 angewandt wird, welche durch eine in dem Magen-Darmtrakt 3 angeordnete Sondenvorrichtung 1 ermittelt werden. Alternativ kann der Zustand mittels statistischer Methoden erkannt werden, indem ein statistisches Modell in Form eines trainierten künstlichen neuronalen Netzes auf die Werte angewandt wird.

Ausgangssituation ist ein Nutztier 2, hier eine Kuh, in deren Magen-Darmtrakt 3 sich eine Sondenvorrichtung 1 wie oben beschrieben befindet. Ein erster, hier als bereits erledigt betrachteter und daher nicht dargestellter Schritt besteht also darin, eine Sondenvorrichtung 1 in den Magen-Darmtrakt 3 eines zu überprüfenden Nutztieres 2 einzubringen.

20: In einem Schritt a) erfolgt das Ermitteln von zeitlich aufeinanderfolgenden Werten zumindest eines physikalischen Parameters innerhalb des Magen-Darmtraktes 3 des zu überprüfenden Nutztieres 2 durch die im Magen-Darmtrakt 3 des Nutztieres 2 angeordnete Sondenvorrichtung 1 zumindest in einem vor dem Überprüfungs-Zeitpunkt T_1 liegenden Überprüfungs-Zeitraum TR . Mit anderen Worten werden Werte von im Magen-Darmtrakt 3 vorherrschenden physikalischen Parametern erhoben. Die Werte können dabei kontinuierlich oder in festgelegten oder variierenden Zeitabständen ermittelt werden. Beispiele für die physikalischen Parameter sind weiter oben beschrieben. Wie ebenfalls bereits erläutert kann es sich um direkt gemessene physikalische Parameter handeln als auch um Parameter, die aus den Messwerten bestimm- bzw. berechenbar sind, z.B. Motilität, Aktivität, Rumination, Beschleunigung. Es ergibt sich jedenfalls eine Zeitserie von Werten physikalischer Parameter, die einen Zeitraum von Minuten, Stunden, Tagen, Wochen oder Monaten bis Jahre abdecken kann. Zumindest ein Teil dieser Zeitserie ist dann der Überprüfungs-Zeitraum TR , dessen Werte zum Ermitteln eines körperlichen Zustands zu einem Überprüfungs-Zeitpunkt T_1 vorliegen müssen. Der Überprüfungs-Zeitraum TR kann fest definiert sein und

typischerweise eine Anzahl von Tagen, insbesondere sieben Tage, betragen, kann aber durch einen Nutzer bzw. eine Nutzerin des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. erfindungsgemäßen Systems 100 frei wählbar sein. Der Überprüfungs-Zeitraum TR bzw. dessen Dauer, egal ob fix vorgegeben oder von einem Nutzer bzw. einer Nutzerin gewählt, ist auf der Auswerte-Einheit 12 hinterlegt.

30: In einem Schritt b) werden die Werte, vorzugsweise zumindest die in dem Überprüfungs-Zeitraum TR liegenden Werte, von der Sondenvorrichtung 1 an die außerhalb des zu überprüfenden Nutztieres 2 angeordnete Auswerte-Einheit 12 übermittelt. Wie weiter oben bereits erläutert kann diese Übermittlung kontinuierlich erfolgen, die Werte werden also unmittelbar nach Ermittlung versandt, es ist aber auch möglich, die Werte im Speicher 7 der Sondenvorrichtung 1 zu aggregieren und dann paketweise, also in Form von Zeitserien, zu verschicken. Die Werte können direkt über einen Übertragungsweg an die Auswerte-Einheit 12 übermittelt werden, in Varianten kann aber das Versenden aus dem Nutztier 2 heraus drahtlos erfolgen, der weitere Übertragungsweg zur Auswerte-Einheit 12 kann dann über drahtlose und drahtgebundene Übertragungswege erfolgen. Es erfolgt jedenfalls ein Übermitteln der Werte von der Sondenvorrichtung 1 zur Auswerte-Einheit 12, direkt oder über eine oder mehrere Stationen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfassen die übermittelten Werte jedenfalls Werte für die Temperatur innerhalb des Magen-Darmtraktes 3 des Nutztieres 2, Motilität, ermittelt aus der Beschleunigung der Sondenvorrichtung 1, und Aktivität des Nutztieres.

40: In einem Schritt c) erfolgt das Ermitteln der Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen zumindest eines körperlichen Zustands des zu überprüfenden Nutztieres 2 zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt T_1 durch Anwenden eines trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes auf zumindest einen Teil der in Schritt b) übermittelten Werte in der Auswerte-Einheit 12. Das trainierte neuronale Netzwerk wird also in der Auswerte-Einheit 12 auf eine Zeitserie von Werten physikalischer Parameter angewandt, die jedenfalls den Überprüfungs-Zeitraum TR abdeckt. Bei dem trainierten künstlichen neuronalen Netzwerk kann es sich um ein geeignetes Netzwerk aus dem Stand der Technik handeln, das die Fachperson entsprechend

auswählt. Vorzugsweise handelt es sich bei dem trainierten künstlichen neuronalen Netzwerk um ein faltendes künstliches neuronales Netz bzw. ein „Convolutional Neural Network“ (CNN). Details zu dem trainierten neuronalen Netzwerk werden weiter unten ausführlich erläutert.

Um beispielsweise einen körperlichen Zustand zum Überprüfungs-Zeitraum T_1 zu erkennen, werden Werte aus dem Überprüfungs-Zeitraum TR herangezogen, wobei der Zeitraum beispielsweise sieben Tage beträgt und der Zeitpunkt des Beginns mit T_0 bezeichnet wird.

Es gilt also: $TR = [T_0, T_1]$,

wobei für T_0 gilt: $T_0 = T_1 - 7$ Tage.

Um alle Aspekte abzudecken, die Einfluss auf den körperlichen Zustand haben können, ermöglicht die erfindungsgemäße Lösung die Berücksichtigung von Herdenmanagement-Maßnahmen, die während des Überprüfungs-Zeitraums TR an dem Nutztier 2 vorgenommen wurden.

Bei Herdenmanagement-Maßnahmen handelt es sich um Aktionen, die direkt an dem Nutztier 2 oder an einer Gruppe von Nutztieren 2 vorgenommen werden und Auswirkungen auf physikalische Parameter im Magen-Darmtrakt 3 des Nutztieres 2 haben und also von der Sondenvorrichtung 1 messbar sind. Mit anderen Worten handelt es sich bei Herdenmanagement-Maßnahmen um externe Einflüsse, die zu einem festgelegten Zeitpunkt oder in einem abgegrenzten Zeitraum auf das Nutztier 2 einwirken. Beispiele für Herdenmanagement-Maßnahmen sind das Verabreichen von Impfungen, die Durchführung von Klauenpflege oder andere am Nutztier 2 vorgenommene, prophylaktische Maßnahmen, Gruppenwechsel, wenn also das Nutztier 2 von einer Gruppe bzw. Herde in eine andere Gruppe bzw. Herde wechselt, Weidegang (also die Bewegung von einer Stallsituation auf eine Weide bzw. einen Standort im Freien), Futterwechsel (wenn z.B. eine Futterzusammensetzung geändert wird oder Futter auf einem Betrieb aus einem anderen Silo entnommen wird), Unwetter, Hitze- bzw. Kältewellen, Hitzestress bei fordernden klimatischen Bedingungen bzw. die Reaktion darauf, wenn also z.B. in einem Stall eine Ventilation aktiviert wird und kühlend auf einzelne Nutztiere 2 bzw. ganze Gruppen oder Herden wirkt.

Herdenmanagement-Maßnahmen beeinflussen physikalische Parameter bzw. können physikalische Parameter bewirken, die bestimmten körperlichen Zuständen sehr ähnlich sind, obwohl sie diesen nicht entsprechen – dies kann dazu führen, dass Schritt c) nicht ordnungsgemäß abläuft und zu falschen Ergebnissen hinsichtlich des Vorliegens eines körperlichen Zustands des Nutztieres 2 führt.

Beispielsweise kann eine Impfung als Impfreaktion einen Fieberschub bewirken, der zu erhöhten Temperaturwerten im Magen-Darmtrakt 3 führt, was als Entzündungszustand identifiziert werden könnte, obwohl das Nutztier 2 eigentlich in einem guten körperlichen Zustand ist.

Klauenpflege kann bei Nutztieren 2 erhöhten Stress bewirken, was zu einer höheren Aktivität führt, die als anormaler körperlicher Zustand identifiziert und als Vorliegen von Milchfieber verstanden werden könnte, obwohl das Nutztier 2 eigentlich in einem guten körperlichen Zustand ist.

Auch das Umplatzieren von Nutztieren, wenn also ein Nutztier 2 oder eine Gruppe von Nutztieren 2 auf eine neue Weide getrieben werden oder ähnliches, wird als Herdenmanagement-Maßnahme bezeichnet und hat Einfluss auf die physikalischen Parameter, die im Magen-Darmtrakt 3 eines Nutztieres 2 gemessen werden.

Herdenmanagement-Maßnahmen, die im Überprüfungs-Zeitraum TR durchgeführt werden, können also dazu führen, dass das künstliche neuronale Netzwerk fehlerhafte Wahrscheinlichkeiten berechnet und ein falscher körperlicher Zustand des Nutztieres 2 ermittelt wird. Das ist im Stand der Technik häufig der Fall.

Die erfinderische Lösung ist nun dazu geeignet, diese bisherigen Nachteile zu verhindern. Dazu sind in der Auswerte-Einheit 12 Informationen zumindest über den Zeitpunkt T_H der Durchführung von einer Herdenmanagement-Maßnahme und Informationen über davon betroffene Nutztiere 2 hinterlegt oder hinterlegbar. Mit anderen Worten sind in der Auswerte-Einheit Daten vorhanden, wann eine Herdenmanagement-Maßnahme ausgeführt wurde und welche Nutztiere 2 davon betroffen waren. Günstigerweise sind auch weitere Details hinterlegt, z.B. welche Herdenmanagement-Maßnahme durchgeführt wurde und wie lange sie

möglicherweise Auswirkungen auf physikalische Parameter im Magen-Darmtrakt 3 des Nutztieres 2 hat.

Vor dem Ermitteln der Wahrscheinlichkeiten in Schritt c) – 40 – erfolgt dann ein Überprüfungsschritt 99 in dem überprüft wird, ob der Zeitpunkt T_H der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme innerhalb des Überprüfungs-Zeitraums TR liegt und ob das zu überprüfende Nutztier 2 von der Herdenmanagement-Maßnahme betroffen war oder ist. Wenn beides zutrifft, wenn also das zu überprüfende Nutztier 2 im Überprüfungs-Zeitraum TR einer Herdenmanagement-Maßnahme ausgesetzt war, werden aus der Zeitserie von Werten physikalischer Parameter aus dem Überprüfungs-Zeitraum TR diejenigen Werte entfernt, die innerhalb eines vordefinierten, auf den Zeitpunkt T_H der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervalls liegen, und das künstliche neuronale Netzwerk wird nur auf die verbleibenden Werte der Zeitserie angewandt. Mit anderen Worten wird das künstliche neuronale Netzwerk nur auf Werte der Zeitserie angewandt, die nicht von der Herdenmanagement-Maßnahme beeinflusst wurden.

Dabei können die Werte aller physikalischer Parameter entfernt werden, in einer Variante können aber auch nur Werte bestimmter, vorher definierter Parameter entfernt werden.

Die Länge des auf den Zeitpunkt T_H der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervalls, in dem die Messwerte aus der für Schritt c) verwendeten Zeitserie entfernt werden, kann beispielsweise von einem Nutzer bzw. einer Nutzerin des Verfahrens anlassbezogen vorgegeben und auf der Auswerte-Einheit 12 hinterlegt werden, oder es wird je nach Art der Herdenmanagement-Maßnahme eine Länge des Zeitintervalls auf der Auswerte-Einheit 12 hinterlegt.

Mit anderen Worten wendet die Auswerte-Einheit 12 also grundsätzlich das trainierte künstliche neuronale Netzwerk auf alle Werte einer Zeitserie eines zu überprüfenden Nutztieres 2 aus einem Überprüfungs-Zeitraums TR an.

Vor dem Ermitteln der Wahrscheinlichkeiten wird aber erfindungsgemäß in einem Überprüfungsschritt 99 überprüft, ob im Überprüfungs-Zeitraum TR der Zeitpunkt

T_H einer Herdenmanagement-Maßnahme liegt und das zu überprüfende Nutztier 2 von der Herdenmanagement-Maßnahme betroffen war.

Dabei können die auf der Auswerte-Einheit 12 hinterlegten Informationen zu von der Herdenmanagement-Maßnahme betroffenen Nutztieren 2 in verschiedenen Formen vorliegen: Als Listen einzelner Nutztiere 2, wo also für jedes Nutztier 2 hinterlegt ist, wann welche Herdenmanagement-Maßnahme angewandt wurde; als Liste von Gruppen von Nutztieren 2, wo also Herdenmanagement-Maßnahmen für Gruppen von Nutztieren 2 auf der Auswerte-Einheit 12 hinterlegt sind, wobei auf der Auswerte-Einheit 12 weiters hinterlegt ist, welche Nutztiere 2 welcher Gruppe angehören; Listen von Organisationen, wobei auf der Auswerte-Einheit 12 hinterlegt ist, welche Nutztiere 2 und/oder welche Gruppen von Nutztieren 2 welchen Organisationen angehören.

Wenn die beiden oben genannten Bedingungen zutreffen, werden aus der Zeitserie des Überprüfungs-Zeitraums TR diejenigen Werte entfernt, die in einem auf den Zeitpunkt T_H der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervall aufgezeichnet wurden. Das Zeitintervall kann dabei beispielsweise einen Tag betragen. Das ist z.B. dann der Fall, wenn es sich bei der Herdenmanagement-Maßnahme um eine Klauenpflege handelt und das behandelte Nutztier 2 erfahrungsgemäß durch die Klauenpflege etwa 24 Stunden erhöhten Stress und damit erhöhte Aktivität zeigt.

Auf die verbleibenden Werte, also die Werte der ursprünglichen Zeitserie des Überprüfungs-Zeitraums TR abzüglich der Werte aus dem auf den Zeitpunkt T_H der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervalls, wird in Schritt c) das künstliche neuronale Netzwerk angewandt.

Damit befinden sich die Werte der Zeitserie, die durch die Herdenmanagement-Maßnahme verfälscht bzw. potenziell verfälscht sind, nicht mehr in der Zeitserie, aus der die Wahrscheinlichkeiten für das Vorliegen eines körperlichen Zustands ermittelt werden, und das Risiko für ein fehlerhaftes Ergebnis ist ausgeräumt.

Natürlich kann das beschriebene Vorgehen auch mehrmals durchgeführt werden, wenn in dem Überprüfungs-Zeitraum TR mehrere Herdenmanagement-Maßnahmen durchgeführt wurden.

Ergebnis von Schritt c) – 40 – ist damit eine Wahrscheinlichkeit für einen körperlichen Zustand, für den das künstliche neuronale Netzwerk trainiert wurde. Wenn es für mehrere körperliche Zustände trainiert wurde, ergeben sich die Wahrscheinlichkeiten für jeden während des Trainings (siehe weiter unten Beschreibung im Zusammenhang mit Fig. 6) definierten körperlichen Zustand. Die Wahrscheinlichkeit eines körperlichen Zustands entspricht dabei der Wahrscheinlichkeit, dass die verwendeten Werte der Zeitserie, die z.B. einen Überprüfungs-Zeitraum TR von sieben Tagen abdecken, einem körperlichen Zustand entsprechen – gegebenenfalls abzüglich der in einem Zeitintervall auf den Zeitpunkt T_H einer Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Werte.

40': In einem optionalen Schritt c0), der nach dem Übermitteln der Werte an die Auswerte-Einheit 12 – 30 – und vor dem Ermitteln der Wahrscheinlichkeiten – 40 – durchgeführt wird, werden die in Schritt b) – 30 – übermittelten Werte aufbereitet, indem zumindest einer der folgenden Schritte vorgenommen wird:

- Überprüfen, ob in dem Überprüfungs-Zeitraum eine vordefinierte Anzahl an Werten ermittelt wurde und Verwerfen aller Werte, wenn die Anzahl unterschritten wird;
- Füllen von Datenlöchern der in Schritt a) ermittelten Daten, vorzugsweise mittels linearer Interpolation;
- Ersetzen von nicht-numerischen Werten in den in Schritt a) ermittelten Daten, vorzugsweise durch jeweils einen vordefinierten numerischen Wert.

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass ein ordnungsgemäßes Durchführen der Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten möglich ist. In Fig. 4 ist der Schritt 40' vor dem Überprüfungsschritt 99 dargestellt – in einer nicht dargestellten Variante kann der Schritt 40' auch nach Durchführung des Überprüfungsschritts 99 vorgenommen werden.

50: In einem Schritt d) erfolgt dann in der Auswerte-Einheit 12 das Generieren einer Meldung über das Vorliegen eines körperlichen Zustands des zu überprüfenden Nutztieres 2 zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt T_1 , wenn die in Schritt c) – 40 – ermittelte Wahrscheinlichkeit einen vordefinierten Grenzwert überschreitet. Die vordefinierten Grenzwerte für die Wahrscheinlichkeiten unterschiedlicher körperlicher Zustände sind dabei auf der Auswerte-Einheit 12

hinterlegt. Die Grenzwerte können dabei grundsätzlich vorgegeben werden, von Nutzern bzw. Nutzerinnen definiert oder anhand von Algorithmen aus Messwerten ermittelt werden. Es ist auch möglich, dass bestehende, vorgegebene Grenzwerte auf der Auswerte-Einheit 12 durch Nutzer bzw. Nutzerinnen geändert werden, z. B. dann, wenn auf Spezifika von Nutztieren 2 bzw. Gruppen oder Herden eingegangen werden soll.

Alternativ oder zusätzlich zu dem Generieren der Meldung kann das Ausgeben der Meldung auf einer in den Figuren nicht dargestellten Darstellungseinheit erfolgen, bei der es sich beispielsweise um einen Bildschirm handelt, der Teil der Auswerte-Einheit 12 ist oder mit der Auswerte-Einheit 12 drahtgebunden oder drahtlos verbunden ist. Beispielsweise kann es sich bei der Darstellungseinheit um ein Mobiltelefon eines Nutzers bzw. einer Nutzerin des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Systems handeln.

Zusätzlich oder alternativ zu dem Generieren der Meldung und/oder dem Ausgeben der Meldung auf einer Darstellungseinheit kann bei Vorliegen eines körperlichen Zustands des zu überprüfenden Nutztieres 2 eine Maßnahme ausgelöst werden, beispielsweise das Öffnen eines Gatters, das Anheben der Temperatur eines Stallgebäudes, das Erhöhen der Durchflussmenge einer Tränkanlage, das Ausgeben von zusätzlichem oder einem alternativem Futter oder die Verabreichung von Nahrungsergänzungsmitteln oder Medikamenten, jeweils durch geeignete Aktuatoren.

Schritt a) – 20 – wird in der Sondenvorrichtung 1 durchgeführt, während Schritt 99, Schritt c) – 40 –, Schritt d) – 50 – und der optionale Schritt c0) – 40' – in der Auswerte-Einheit 12 erfolgen, was in Fig. 4 durch punktierte Kästen dargestellt ist.

Ein beispielhafter Aufbau der Auswerte-Einheit 12 ist in Fig. 6 dargestellt:

Einer ersten Programmlogik 60 werden die Zeitserie mit Werten der physikalischen Parameter für den Überprüfungszeitraum TR und gegebenenfalls Meta-Daten des Nutztieres 2 wie Alter, Anzahl der Abkalbungen bzw. Anzahl der Laktationen, Tage in Milch („Days-in-milk“) der aktuellen Laktation, sowie die Informationen über die Herdenmanagement-Maßnahmen zugeführt, so dass in der

ersten Programmlogik der optionale Schritt c0) – 40' – und der Überprüfungsschritt 99 erfolgen.

Die entsprechend bereinigte Zeitserie wird dann einer zweiten Programmlogik 70 zugeführt, auf der das trainierte künstliche neuronale Netzwerk abläuft, so dass Schritt c) – 40 – erfolgen kann.

Die aus dem Modell resultierende Wahrscheinlichkeit für einen körperlichen Zustand bzw. die Wahrscheinlichkeiten für mehrere körperliche Zustände werden dann einer dritten Programmlogik 80 zugeführt, die bei Überschreitung eines vordefinierten Grenzwertes für einen körperlichen Zustand eine Meldung generiert und gegebenenfalls ausgibt.

Das trainierte künstliche neuronale Netzwerk, das in Schritt c) – 40 – verwendet wird, bzw. dessen Training, werden nachfolgend näher beschrieben.

Grundsätzlich erfolgt die Ermittlung der körperlichen Zustände durch KNN bzw. Künstliche-Intelligenz-Modelle, die mit Hilfe von annotierten Trainingsdatensätzen für die wichtigsten körperlichen Zustände eines Nutztieres 1 trainiert werden. Dieser Vorgang ist in Fig. 6 schematisch dargestellt. Die dafür herangezogenen physikalischen Parameter umfassen dabei insbesondere diejenige, die mit der Sondenvorrichtung 1 messbar (z.B. Temperatur, Motilität, Aktivität, ...) bzw. daraus berechenbar (z.B. Wiederkäuereignisse, Wasseraufnahme) sind. Damit lässt sich auch die sog. Hauben-Pansen-Motorik, also die Abfolge der Bewegungen der Haube und des Pansens, beschreiben. Diese speziellen, definierten und regelmäßigen Kontraktions-Sequenzen dienen der Durchmischung und Neusortierung des Futters und sind ein wichtiger Bestandteil im Prozess der Verarbeitung des Futters in für eine Kuh 2 nutzbare Bestandteile. Es können auch weitere tierindividuelle Eigenschaften wie Laktationsnummer, Jahreszeit, usw., berücksichtigt werden.

Ausgangspunkt für die Erstellung bzw. des Trainings des Modells in Form eines künstlichen neuronalen Netzwerks ist eine zentrale Datenbank, die sich in der Auswerte-Einheit 12 befindet bzw. mit dieser verbunden ist.

Diese Datenbank besteht einerseits aus Zeitserien von Werten für physikalische Parameter für eine große Zahl an Nutztieren 2, wobei insbesondere Werte für die physikalischen Parameter Temperatur gemessen im Magen-Darmtrakt 3, insbesondere im Vormagensystem, Aktivität und Motilität enthalten sind.

Andererseits beinhaltet die Datenbank Labels, also Datensätze zu bekannten körperlichen Zuständen des Nutztiers 2 mit zugehörigen Details, beispielsweise Krankheiten mit medizinischen Behandlungen, Brunstzeitpunkten und dergleichen, die zumindest aus einem Zeitpunkt des körperlichen Zustands, einer Identifikation des betroffenen Nutztieres 2 und gegebenenfalls einem Vermerk zur Krankheit, medizinischen Behandlung bzw. Brunst bestehen. Zusätzlich können sog. Metadaten der Nutztiere 2 enthalten sein, beispielsweise die Organisation oder Gruppe, der ein Nutztier 2 zugewiesen ist, Anzahl und Datum der Abkalbungen, Datum der Eingabe der Sondenvorrichtung 1 und Zeitpunkt der letzten Brünste.

Der erste Schritt 90 des Trainings des Modells besteht im Laden der Zeitserien und Labels aus der Datenbank.

In einem zweiten Schritt 91 werden die Labels aufbereitet. Dazu wird zumindest eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen durchgeführt:

- Überprüfung, um sicherzustellen, dass für das im Datensatz ausgezeichnete Nutztier 1 zum im Datensatz ausgezeichneten Zeitpunkt genügend Zeitseriendaten vorhanden sind. Dabei sind mehrere Tage rund um den ausgezeichneten Zeitpunkt bevorzugt. Sind nicht genügend Zeitseriendaten vorhanden, wird der Datensatz verworfen;
- Laden von Zeitseriendaten für das im Datensatz ausgezeichnete Nutztier 1 rund um den im Datensatz ausgezeichneten Zeitpunkt. Der Umfang der Zeitseriendaten entspricht dabei einem vordefinierten Zeitintervall, z.B. sieben Tage;
- Füllen von Datenlöchern in den Zeitseriendaten, die durch fehlende Datenpunkte entstehen, sofern diese nicht eine längste Dauer von mehreren Stunden überschreiten. Als Methode zum Füllen wird lineare Interpolation verwendet. Ist das Füllen der Datenlöcher nicht möglich oder das Datenloch zu lange, wird der Datensatz verworfen;

- Ersetzen von nicht-numerischen Messdaten, die durch Messfehler entstehen.
Betroffene Daten werden durch einen vordefinierten Numerischen Wert ersetzt.

In einem dritten Schritt 92 werden die geladenen und bereinigten Labels anhand des Vermerks im Datensatz in verschiedene Kategorien („Klassen“) eingeteilt. Die Klassen entsprechen dabei den körperlichen Zuständen, deren Abschätzung das Modell ermöglicht.

Im Fall, dass z.B. körperliche Zustand erkannt werden sollte, der einer Mastitis entspricht, sind mögliche Klassen „Mastitis“ und „Nicht-Mastitis“. Alternativ können auch mehrere Klassen definiert werden wie z.B. „Schwere Mastitis“, „Leichte Mastitis“, „Brunst“, „Lungenentzündung“, „Nutztier schlafend“, „Nutztier laufend“ und „Anderes“, wobei die ersteren beiden Klassen zur positiven Mastitis-Erkennung herangezogen werden können.

Im darauffolgenden vierten Schritt 93 erfolgt das Training. Dazu wird der aus den vorherigen Schritten resultierende Datensatz in Trainings- und Validierungs-Datensätze geteilt und zum Trainieren des künstlichen neuronalen Netzwerkes verwendet. Hier kommt ein „Convolutional Neural Network“ zum Einsatz. Dabei kann Hyperparametertuning entsprechend der eingesetzten ML-Softwarebibliothek verwendet werden.

In einem abschließenden Schritt 94 wird das trainierte Modell validiert. Dazu wird es mehreren Plausibilitätsprüfungen unterzogen, bei denen die Genauigkeit des Modells mit bekannten körperlichen Zuständen verglichen wird. Das resultierende Modell, genannt „allgemeines Modell“, wird bei zufriedenstellender Genauigkeit für die Klassifizierung von Echtzeitdaten und als trainiertes künstliches neuronales Netzwerk für den Betrieb im oben beschriebenen Verfahren ausgewählt.

In einem optionalen Schritt 95, der in Fig. 6 mit einer strichlierten Linie dargestellt ist, kann das allgemeine Modell verfeinert werden, indem es mittels „Transfer Learning“ für eine bestimmte Nutztierart, eine bestimmte Gruppe an Nutztieren 2, einen Betrieb, eine Kundengruppe, oder eine bestimmte Organisation verfeinert wird. Dazu wird der dritte Schritt 92 mit einer für die Kundengruppe/ein Betrieb/eine Organisation repräsentative Auswahl an Datensätzen wiederholt und der erhaltene Datensatz im vierten Schritt 93 zum weiteren Training des

generellen Modells verwendet, was man als „Transfer Learning“ bezeichnet. Dadurch ergibt sich im Gegensatz zum allgemeinen Modell ein „spezielles Modell“, das bei Anwendung auf die Kundengruppe/Nutztierart/Organisation/etc. eine höhere Genauigkeit als das allgemeine Modell aufweist.

Im oben anhand Fig. 4 beschriebenen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens können je nach Anwendungsfall das allgemeine, aber auch das spezielle Modell zum Einsatz kommen.

Neben dem beschriebenen Verfahren des Trainierens kann auch eine Variante mittels statistischer Methoden zum Einsatz kommen.

Die Erfindung betrifft also gemäß den obigen Ausführungen ein computerimplementiertes Verfahren zum Ermitteln eines körperlichen Zustands eines Nutztiers und ein dafür konfiguriertes System 100, das zumindest eine Sondenvorrichtung 1 und zumindest eine Auswerte-Einheit 12 umfasst. Demzufolge betrifft die Erfindung auch ein in den Figuren nicht näher dargestelltes Computer-Programmprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, die Schritte des oben beschriebenen Verfahrens auszuführen, sowie einen computerlesbaren Datenträger, auf dem diese Computer-Programmprodukt gespeichert ist, sowie ein Datenträgersignal, das dieses Computer-Programmprodukt überträgt.

Eine mögliche Anwendung des beschriebenen Verfahrens der Ermittlung des körperlichen Zustands eines Nutztieres 2 besteht darin, in einem nachgelagerten Schritt, der nicht zu der unter Schutz gestellten Erfindung gehört, basierend auf dem Zustand eine Diagnose über eine mögliche Erkrankung zu stellen und eine Reaktion darauf vorzuschlagen.

Das Erkennen von Tierkrankheiten im Frühstadium und das frühe und richtige Reagieren darauf ist in der Nutztierhaltung von großer Wichtigkeit und reduziert die Krankheitshäufigkeit und erhöht den Erfolgsgrad von Behandlungen bei zugleich verkürzter Behandlungsdauer. In weiterer Konsequenz wird der Bedarf für die Verwendung von Medikamenten, insbesondere von Antibiotika, vermindert.

Wenn sich aus dem körperlichen Zustand des Nutztieres 2 eine Erkrankung diagnostizieren lässt, wird abhängig von den gemessenen Parametern und Werten, eine Behandlung vorgeschlagen (Handlungsempfehlung). Diese Behandlung kann sich in Abhängigkeit des Landes, der vom Betrieb gewählten Schemata, etc. unterscheiden.

Diese vorgeschlagene Behandlung, beispielsweise Gabe von einem speziellen bzw. einem Ergänzungs-Futtermittel, Beimischung eines Spezialfuttermittels oder eines Medikaments, wird durchgeführt, entweder manuell (durch eine Person) oder automatisch z.B. via einer Krafftutterstation oder einem Fütterungsroboter.

Die durchgeführte Behandlung wird durch Beobachtung des körperlichen Zustands des Nutztieres 2, auf dessen Grundlage dann weitere Schritte zum Erreichen einer Diagnose gesetzt werden, bestätigt oder falls notwendig adaptiert vorgeschlagen/geändert. Eine Änderung wird durch eine Änderung/Nicht-Änderung des körperlichen Zustands und eine darauffolgende Diagnose angestoßen. Der neue Behandlungsplan wird anhand dieses berechneten Ergebnisses und anhand der bisher erfolgten Therapie/Behandlung gewählt.

Wenn wieder ein normaler körperlicher Zustand gemessen wird, aus dem keine Erkrankung mehr diagnostiziert wird, kann der Behandlungsplan unter Umständen verkürzt werden oder abgebrochen werden.

Behandlungspläne können sich je nachdem wie sich der körperliche Zustand entwickelt, ändern (d.h. die Behandlungspläne nehmen auf die Historie Rücksicht). Demnach kann eine Dosierung eines Medikaments angepasst werden oder die Gabe eines Medikaments komplett eingestellt werden. Auch kann erkannt werden, dass die Behandlung nicht ausreicht und ein weiteres Medikament gegeben werden soll, bzw. auf einen anderen Behandlungsplan gewechselt werden muss („Standard Operation Procedure“ – SOP - Standardvorgehensweise). Ein Behandlungsplan kann die Verabreichung von Medikamenten empfehlen oder eine andere Therapie als Grundlage haben.

Die Erfindung erlaubt damit das Erkennen eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres 2, indem ein trainiertes künstliches neuronales Netzwerk auf Werte für physikalische Parameter im Magen-Darmtrakt 3 eines Nutztieres 2

angewandt wird, welche durch eine in dem Magen-Darmtrakt 3 angeordnete Sondenvorrichtung 1 ermittelt werden. Die Erfindung erlaubt keine Diagnose einer Erkrankung – wie vorstehend gezeigt, bedarf es dazu zusätzlicher Schritte, die nicht Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Systems sind.

PATENTANSPRÜCHE

1. Computer-implementiertes Verfahren zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres (2) zu einem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1), umfassend die folgenden Schritte:

- a) Ermitteln von zeitlich aufeinanderfolgenden Werten zumindest eines physikalischen Parameters innerhalb des Magen-Darmtraktes (3) des zu überprüfenden Nutztieres (2) durch eine Sondenvorrichtung (1), die im Magen-Darmtrakt (3) des zu überprüfenden Nutztieres (2) angeordnet ist, zumindest in einem vor dem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1) liegenden Überprüfungs-Zeitraum (TR),
- b) Übermitteln der Werte, vorzugsweise zumindest der in dem Überprüfungs-Zeitraum (TR) liegenden Werte, von der Sondenvorrichtung (1) an eine außerhalb des zu überprüfenden Nutztieres (2) angeordnete Auswerte-Einheit (12),
- c) Ermitteln der Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen zumindest eines körperlichen Zustands des zu überprüfenden Nutztieres (2) zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1) durch Anwenden eines trainierten künstlichen neuronalen Netzwerkes auf zumindest einen Teil der in Schritt b) übermittelten Werte in der Auswerte-Einheit (12),
- d) Generieren einer Meldung über das Vorliegen eines körperlichen Zustandes des zu überprüfenden Nutztieres (2) zu dem Überprüfungs-Zeitpunkt (T_1), wenn die in Schritt c) ermittelte Wahrscheinlichkeit einen vordefinierten Grenzwert überschreitet,

dadurch gekennzeichnet, dass

in der Auswerte-Einheit (12) Informationen zumindest über den Zeitpunkt (T_H) der Durchführung von einer Herdenmanagement-Maßnahme und über davon betroffene Nutztiere (2) hinterlegt und/oder hinterlegbar sind und vor Durchführung des Schritts c) überprüft wird, ob der Zeitpunkt (T_H) der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme im Überprüfungs-Zeitraum (TR) liegt und das zu überprüfende Nutztier (2) von der Herdenmanagement-Maßnahme betroffen ist, wobei im Fall, dass der Zeitpunkt (T_H) der Durchführung der Herdenmanagement-Maßnahme in dem Überprüfungs-Zeitraum (TR) liegt und das zu überprüfende Nutztier (2) betroffen ist, diejenigen in Schritt a) ermittelten Werte, die innerhalb

eines vordefinierten, auf den Zeitpunkt (T_H) der Herdenmanagement-Maßnahme folgenden Zeitintervalls, liegen, entfernt werden und in Schritt c) das neuronale Netzwerk nur auf die verbleibenden Werte angewendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei den physikalischen Parametern in Schritt a) um zumindest einen der folgenden Parameter handelt: Temperatur innerhalb des Magen-Darmtraktes (3) des Nutztieres (2); Körpertemperatur des Nutztieres (2); pH-Wert innerhalb des Magen-Darmtraktes (3) des Nutztieres (2); Beschleunigung der Sondenvorrichtung (1); Motilität, ermittelt aus der Beschleunigung der Sondenvorrichtung (1); Aktivität des Nutztieres (2), ermittelt unter anderem aus der Beschleunigung der Sondenvorrichtung (1).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die physikalischen Parameter in Schritt a) zumindest die Parameter Temperatur innerhalb des Magen-Darmtraktes (3) des Nutztieres (2) und Motilität, ermittelt aus der Beschleunigung der Sondenvorrichtung (1) und Aktivität des Nutztieres (2) umfassen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Übermitteln der Werte an die Auswerte-Einheit (12) in Schritt b) und vor dem Ermitteln der Wahrscheinlichkeiten in Schritt c) in einem Schritt c0) die übermittelten Werte aufbereitet werden, indem zumindest einer der folgenden Schritte vorgenommen wird:

- Überprüfen, ob in dem Überprüfungs-Zeitraum (T_R) eine vordefinierte Anzahl an Werten ermittelt wurde und Verwerfen aller Werte, wenn die Anzahl unterschritten wird;
- Füllen von Datenlöchern der in Schritt a) ermittelten Daten, vorzugsweise mittels linearer Interpolation;
- Ersetzen von nicht-numerischen Werten in den in Schritt a) ermittelten Daten, vorzugsweise durch jeweils einen vordefinierten numerischen Wert.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem trainierten künstlichen neuronalen Netzwerk in Schritt c) um ein faltendes künstliches neuronales Netz handelt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf der Auswerte-Einheit (12) hinterlegten Informationen über von Herdenmanagement-Maßnahmen betroffene Nutztiere (2) ausgeführt sind in Form von:

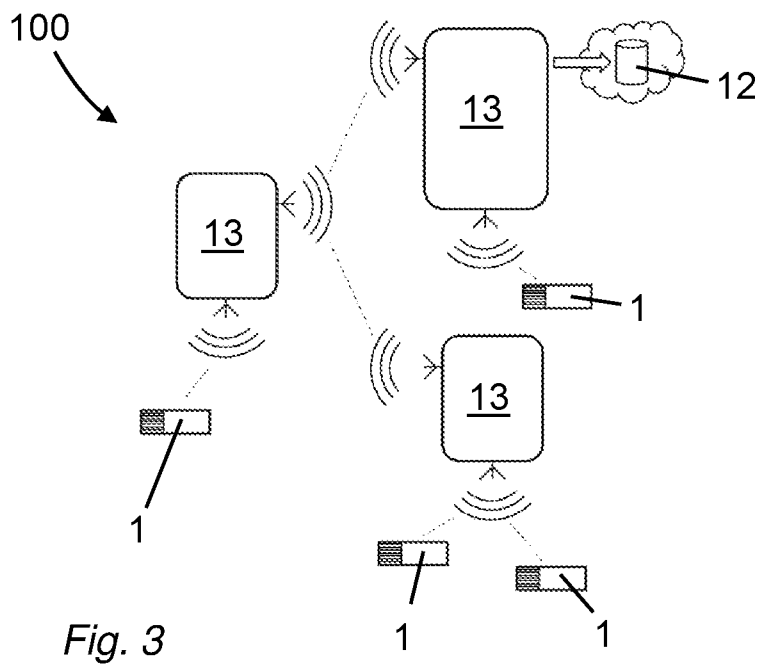
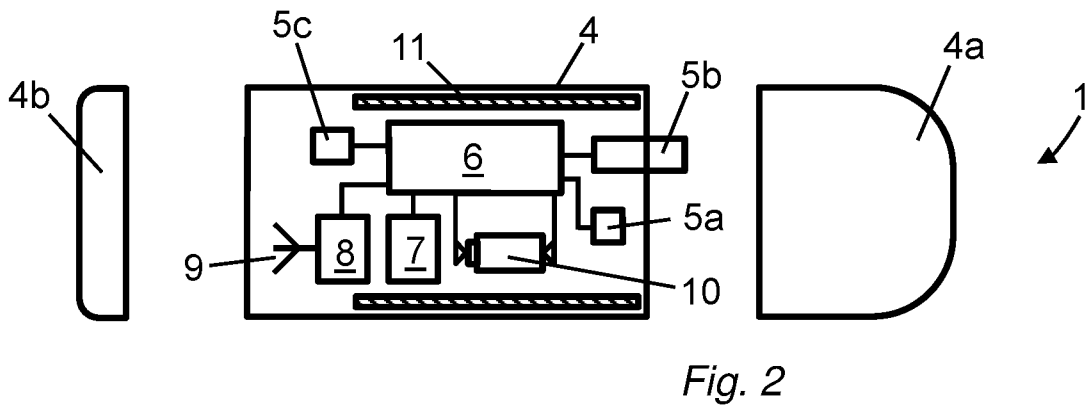
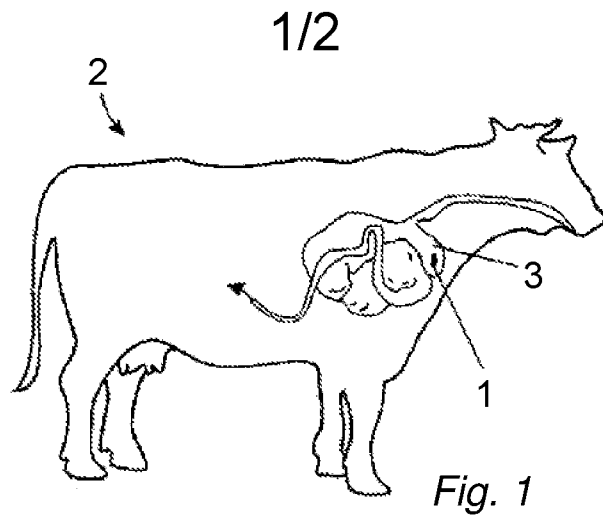
- 1) Listen einzelner Nutztiere (2); oder
- 2) Listen von Gruppen von Nutztieren (2), wobei auf der Auswerte-Einheit weiters hinterlegt ist, welche Nutztiere (2) welcher Gruppe angehören; oder
- 3) Listen von Organisationen, wobei auf der Auswerte-Einheit (12) hinterlegt ist, welche Nutztiere (2) und/oder welche Gruppen von Nutztieren (2) welchen Organisationen angehören.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vordefinierte Zeitintervall, dessen Werte vor Durchführung von Schritt c) entfernt werden, von einem Nutzer bzw. einer Nutzerin des Verfahrens vorgebar ist oder je nach Herdenmanagement-Maßnahme vorgegeben und auf der Auswerte-Einheit (12) hinterlegt ist.

8. System zum Ermitteln zumindest eines körperlichen Zustands eines zu überprüfenden Nutztieres (2), umfassend zumindest eine Sondenvorrichtung (1) und zumindest eine Auswerte-Einheit (12), die so konfiguriert sind, dass sie die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausführen.

9. Computer-Programmprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

10. Computerlesbarer Datenträger, auf dem das Computer-Programmprodukt nach Anspruch 9 gespeichert ist.



2/2

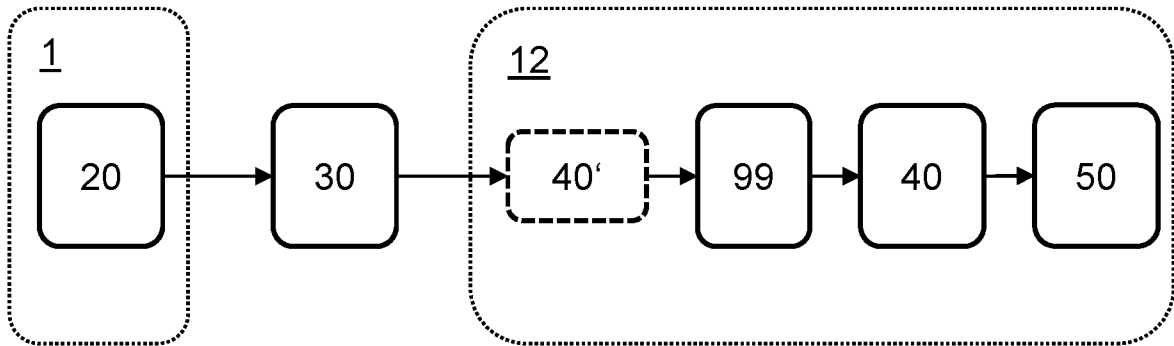


Fig. 4

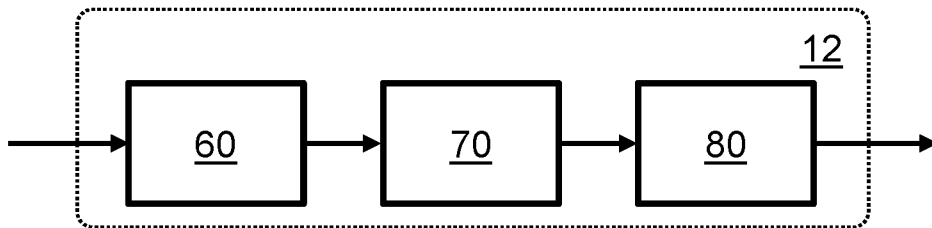


Fig. 5

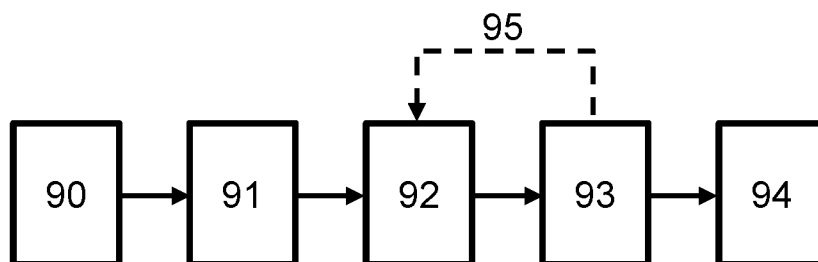


Fig. 6