

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 29/2021
(22) Anmeldetag: 12.02.2021
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2024

(51) Int. Cl.: **A01K 29/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2011039112 A2
WO 2020044869 A1
WO 2018155856 A1
CN 112257608 A
WO 2015156833 A1
WO 0011936 A1
KR 20200115317 A
JP 2020156393 A

(73) Patentinhaber:
Zehentner Markus
5700 Zell am See (AT)

(72) Erfinder:
Neumayr Christoph
5760 Saalfelden am Steinernen Meer (AT)

(74) Vertreter:
Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH
1010 Wien (AT)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Nachverfolgung von Tieren

(57) Bei einem Verfahren zur Nachverfolgung von Tieren, insbesondere Rindern, sind die folgenden Schritte vorgesehen:

- kontinuierliche digitale Bilderfassung einer Mehrzahl von Tieren, um digitale Bilddaten zu erhalten,
- Identifizieren einzelner Tiere mittels eines Algorithmus zur Merkmalsextraktion aus den Bilddaten,
- Nachverfolgung der Fortbewegung der identifizierten Tiere, um erste Bewegungsdaten zu erhalten,
- Analysieren der ersten Bewegungsdaten, um ein Fortbewegungsprofil jedes Tieres zu erstellen,
- Nachverfolgung der Bewegung einzelner Körperteile der Tiere unter Verwendung der bei der Merkmalsextraktion erkannten Körpermerkmale, um zweite Bewegungsdaten zu erhalten,
- Analysieren der zweiten Bewegungsdaten, um die Körperlage und/oder die Tätigkeit der Tiere zu ermitteln, um ein Verhaltensprofil jedes Tieres zu erstellen.

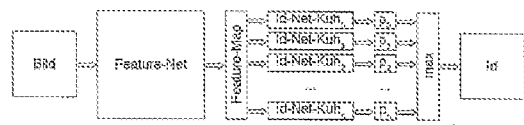


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nachverfolgung von Tieren, insbesondere Rindern, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0002] In der tierhaltenden Landwirtschaft, insbesondere in der Milchwirtschaft, ist sowohl international als auch national ein starker Trend zum Einsatz von Technik und Elektronik zur Überwachung der Tiergesundheit sowie zur Bewältigung des Herdenmanagements erkennbar. Bei herkömmlichen Herdenmanagement-Systemen werden die Tiere meist mit einer elektronisch auslesbaren Kennung versehen, wie z.B. einem RFID-Chip, der z.B. als Ohrmarke ausgebildet ist. Ein solches System erfordert geeignete Auslesegeräte, die an bestimmten Positionen in einem Stall oder auf der Weide, wie z.B. an einer Futterstelle, angeordnet sind und die Anwesenheit derjenigen Tiere erkennen, die sich in ausreichender Nähe zum jeweiligen Auslesegerät befinden. Ein solches System bringt einen hohen Hardwareaufwand und damit verbunden hohe Investitionskosten mit sich. Darüber hinaus erlaubt ein solches System keine kontinuierliche Überwachung der Tiere, da Anwesenheitsdaten nur dann erhalten werden, wenn sich das Tier in ausreichender Nähe zum Auslesegerät befindet.

[0003] Bei Systemen zur Überwachung der Tiergesundheit müssen die Kühe mit Beschleunigungssensoren ausgestattet werden, die beispielsweise am Ohr, am Nacken oder am Hals angeordnet werden. Die von den Sensoren gewonnenen Daten werden über eine Funkverbindung ausgelesen und in einem zentralen Rechner ausgewertet. Auch bei diesem System erfordert das Auslesen der Sensoren einen hohen Aufwand. Mit Hilfe des Beschleunigungssensors können die in der Brunst charakteristischen Bewegungsmuster der Kopf- und Hals-Partie der Kühe erfasst werden. Es ist bekannt, dass sich während einer Brunstperiode die Aktivität der Kühe signifikant erhöht. Außerdem ist während der Brunstperiode eine reduzierte Wiederkaudauer zu beobachten. Ein frühzeitiges Erkennen einer Brunstperiode ebenso wie das Erkennen von physiologischen und pathologischen Vorgängen wird besonders bei Milchviehbetrieben als wünschenswert angesehen.

[0004] Andere Sensorsysteme zur Erkennung eines Brunstgeschehens können einen Pansen-sensor umfassen, der die Vormagentemperatur misst. Der Temperaturverlauf ist durch die Wasseraufnahme beeinflusst und lässt ein zyklisches Brunstgeschehen erkennen.

[0005] Die Veröffentlichungen WO 2011039112 A2, WO 2020044869 A1, WO 2018155856 A1, CN 112257608 A, WO 2015156833 A1, WO 0011936 A1, KR 20200115317 A, JP 2020156393 A sowie CN 111294565 A bilden den technischen Hintergrund zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

[0006] Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Nachverfolgung und Überwachung von Tieren bereitzustellen, welches einen geringen Investitionsaufwand verursacht und eine zuverlässige und kontinuierliche Erfassung der Tiere erlaubt. Insbesondere soll eine kontinuierliche örtliche Nachverfolgung wie auch eine kontinuierliche Überwachung von gesundheitsrelevanten Parametern sichergestellt werden. Die Datenerfassung sollte möglichst automatisiert und daher ohne Mitwirkung einer Person erfolgen.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung gemäß einem ersten Aspekt ein Verfahren zur Nachverfolgung von Tieren, insbesondere Rindern vor, umfassend die folgenden Schritte:

- kontinuierliche digitale Bilderfassung einer Mehrzahl von Tieren, um digitale Bilddaten zu erhalten,
- Identifizieren einzelner Tiere mittels eines Algorithmus zur Merkmalsextraktion aus den Bilddaten,
- Nachverfolgung der Fortbewegung der identifizierten Tiere, um erste Bewegungsdaten zu erhalten,
- Analysieren der ersten Bewegungsdaten, um ein Fortbewegungsprofil jedes Tieres zu erstellen,
- Nachverfolgung der Bewegung einzelner Körperteile der Tiere unter Verwendung der bei der

Merkmalsextraktion erkannten Körpermerkmale, um zweite Bewegungsdaten zu erhalten,
- Analysieren der zweiten Bewegungsdaten, um die Körperlage und/oder die Tätigkeit der Tiere zu ermitteln, um ein Verhaltensprofil jedes Tieres zu erstellen.

[0008] Die Erfindung verzichtet somit auf tierseitig angeordnete Sensor- oder Identifizierungssysteme und kommt stattdessen mit einer elektronischen Bilddatenerfassung aus, welche mittels einer Kamera oder dgl. erfolgen kann. Es reicht somit aus, denjenigen örtlichen Bereich, in dem sich die nachzuverfolgenden Tiere aufhalten, wie z.B. einen Stall oder einen Freiluftbereich, mit wenigstens einer Kamera auszustatten. Die gewonnenen Bilddaten werden hierbei sowohl zur Identifizierung der einzelnen Tiere als auch zur örtlichen Nachverfolgung der Tiere und zur Verhaltensanalyse herangezogen. Die Bilddaten werden kontinuierlich erfasst werden, d.h. in regelmäßigen Abständen, sodass beispielsweise ein Video aufgenommen wird.

[0009] Die Identifizierung einzelner Tiere erfolgt mittels eines Algorithmus zur Merkmalsextraktion aus den Bilddaten. Algorithmen zur Merkmalsextraktion sind auf dem Gebiet der elektronischen Bildverarbeitung bekannt und basieren z.B. auf Segmentierungsverfahren, bei denen inhaltlich zusammenhängende Regionen eines Bildes durch Zusammenfassung benachbarter Pixel entsprechend einem bestimmten Homogenitätskriterium erzeugt werden, sodass Kantenzüge und dgl. erhalten werden. Bei von Rindern erhaltenen Bilddaten können mittels der Merkmalsextraktion zum Beispiel Merkmale der tierindividuellen Fellzeichnung detektiert werden, die in der Folge mit zuvor von den Tieren ermittelten Referenzdaten abgeglichen werden, um auf die Anwesenheit eines bestimmten Tieres im Erfassungsbereich der Kamera schließen zu können.

[0010] Sobald ein Tier auf diese Weise identifiziert wurde, kann durch Vergleich von zeitlich hintereinander erfassten Bilddaten eine Bewegung des Tiers relativ zur Kamera detektiert und eine Fortbewegungspfad ermittelt werden. Hierbei können Bilddaten einer Mehrzahl von Kameras herangezogen werden, um ein Tier bei einer Bewegung vom Erfassungsbereich einer der Kameras zum Erfassungsbereich einer benachbarten Kamera nachverfolgen zu können. Wenn die Nachverfolgung der Tiere über einen bestimmten Zeitraum erfolgt, kann von jedem Tier ein Fortbewegungsprofil erhalten werden. Die Analyse des Fortbewegungsprofils erlaubt Rückschlüsse auf die motorische Aktivität und den Gesundheitszustand der einzelnen Tiere.

[0011] Die Verarbeitung der digitalen Bilddaten erlaubt es nicht nur, die Tiere örtlich nachzuverfolgen, sondern auch deren Verhalten zu analysieren. Zu diesem Zweck werden die durch die Merkmalsextraktion erkannten Körpermerkmale nicht nur zur Identifizierung und Nachverfolgung der Fortbewegung der Tiere verwendet, sondern auch für die Erkennung einzelner Körperteile der Tiere. Auf Grund der Erkennung einzelner Körperteile kann deren Bewegung oder die Änderung von deren relativer Anordnung analysiert werden, um die Körperlage und/oder die Tätigkeit der Tiere zu detektieren, um dadurch ein Verhaltensprofil jedes Tieres zu erstellen.

[0012] Auch das Verhaltensprofil erlaubt Rückschlüsse auf das Tierwohl. Insbesondere können im Rahmen der Erfindung ausschließlich auf Grundlage der digitalen Bilddaten sowohl Bewegungsprofile als auch Verhaltensprofile erstellt werden, die in Kombination miteinander eine besonders detaillierte und zuverlässige Analyse des Tierwohls erlauben.

[0013] Das Fortbewegungsprofil und das Verhaltensprofil können die verschiedensten Kennwerte umfassen, wie z.B. Fresszeiten, Liegezeiten, Fortbewegungstrecke, Fortbewegungszeiten, Stehzeiten, Aufenthaltsorte, Futterentnahme, Fressdauer, Brunstverhalten und/oder die Wiederkauftrate jedes Tieres. Bevorzugt werden wenigstens drei, bevorzugt wenigstens vier Kennwerte erfasst, die aus der Gruppe der oben genannten Kennwerte ausgewählt sind.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung werden das Fortbewegungsprofil und das Verhaltensprofil kontinuierlich oder in regelmäßigen Abständen über die Lebenszeit der Tiere erfasst. Dies ermöglicht einen vollständigen Überblick über das Tierwohl während der Lebensdauer des Tiers. Im Falle von Tieren, deren Fleisch nach der Schlachtung der Lebensmittelindustrie zugeführt werden, können diese Daten beispielsweise verwendet werden, um den Konsumenten Informationen über das Tierwohl des konkreten Tiers zu liefern, welches im Handel oder in der Gastronomie zum Verkauf oder zum Verzehr angeboten wird. Ein hoher Wert des

Tierwohls ist beispielsweise gegeben, wenn das Tier artgerecht gehalten wurde, genügend Freilauf hatte und kein pathologisches Verhalten gezeigt hat.

[0015] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens können die ersten Bewegungsdaten bevorzugt analysiert werden, um den aktuellen Standort der Tiere zu erfassen. Erfindungsgemäß wird der aktuelle Standort der Tiere mit einem vordefinierten Standort einer Futterstelle abgeglichen, um die Fressdauer jedes Tieres zu erfassen. Die Fressdauer erlaubt Rückschlüsse auf das Tierwohl und den Gesundheitszustand des Tiers.

[0016] Bevorzugt kann so vorgegangen werden, dass die zweiten Bewegungsdaten analysiert werden, um eine stehende und eine liegende Lage der Tiere zu erfassen und Steh- und Liegezeiten zu errechnen.

[0017] Bevorzugt kann weiters vorgesehen sind, dass die zweiten Bewegungsdaten analysiert werden, um die Wiederkaurate und/oder die Wiederkaudauer jedes Tieres zu erfassen. Die Wiederkaurate und/oder die Wiederkaudauer können als Indizien für ein Brunstverhalten des Tiers herangezogen werden. Für das Erkennen und Analysieren des Wiederkauens können im Rahmen der Merkmalsextraktion das Unterkiefer und die Nasenlöcher eines Rindes erkannt und die Relativbewegung dieser drei Punkte zueinander ausgewertet werden.

[0018] Das Identifizieren von Tieren auf Grundlage der Merkmalsextraktion der Bilddaten kann durch Anwenden künstlicher Intelligenz optimiert werden. Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass das Identifizieren eines Tiers mittels des Algorithmus zur Merkmalsextraktion zwei Schritte umfasst, wobei in einem ersten Schritt aus den digitalen Bilddaten eine tierindividuelle Merkmalskarte erstellt wird und in einem zweiten Schritt die tierindividuelle Merkmalskarte einem Tier zugeordnet wird, wobei die Zuordnung folgende Schritte umfasst:

- Bereitstellen einer Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, wobei jedes Netzwerk in Bezug auf ein bestimmtes der Mehrzahl von Tieren individualisiert oder trainiert ist,
- Zuführen der Merkmalskarte jedem der Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, um jeweils einen Übereinstimmungswert zu erhalten,
- Vergleichen der von den künstlichen neuronalen Netzwerken erhaltenen Übereinstimmungswerte und Identifizieren desjenigen Tiers, dessen für dieses individualisierte künstliche neuronale Netzwerk den höchsten Übereinstimmungswert aufweist.

[0019] Gemäß einem zweiten Aspekt stellt die Erfindung eine Vorrichtung zur Nachverfolgung von Tieren zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere Rindern, bereit, umfassend wenigstens eine digitale Bilderfassungseinheit und eine elektronische Auswerteeinheit, welcher die digitalen Bilddaten der wenigstens einen digitalen Bilderfassungseinheit geführt sind, wobei die Auswerteeinheit für die Durchführung der folgenden Schritte eingerichtet ist:

- Identifizieren einzelner Tiere mittels eines Algorithmus zur Merkmalsextraktion aus den Bilddaten,
- Nachverfolgung der Fortbewegung der identifizierten Tiere, um erste Bewegungsdaten zu erhalten,
- Analysieren der ersten Bewegungsdaten, um ein Fortbewegungsprofil jedes Tieres zu erstellen,
- Nachverfolgung der Bewegung einzelner Körperteile der Tiere unter Verwendung der bei der Merkmalsextraktion erkannten Körpermerkmale, um zweite Bewegungsdaten zu erhalten,
- Analysieren der zweiten Bewegungsdaten, um die Körperlage und/oder die Tätigkeit der Tiere zu ermitteln, um ein Verhaltensprofil jedes Tieres zu erstellen.

[0020] Eine bevorzugte Ausführung sieht vor, dass die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet ist, um die ersten Bewegungsdaten zu analysieren und den aktuellen Standort der Tiere zu erfassen.

[0021] Erfindungsgemäß ist die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet, um den aktuellen Standort der Tiere mit einem vordefinierten Standort einer Futterstelle abzugleichen, um die Fressdauer jedes Tieres zu erfassen.

[0022] In vorteilhafter Weise ist die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet, um die zweiten Bewegungsdaten zu analysieren, um eine stehende und eine liegende Lage der Tiere zu erfassen und Steh- und Liegezeiten zu errechnen.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet, um die zweiten Bewegungsdaten zu analysieren, um die Wiederkaurate jedes Tieres zu erfassen.

[0024] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Fortbewegungsprofil und das Verhaltensprofil wenigstens drei, bevorzugt wenigstens vier Kennwerte umfassen, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Fresszeiten, Liegezeiten, Fortbewegungszeiten, Stehzeiten, Aufenthaltsorte, Futterentnahme, Fressdauer, Brunstverhalten und/oder die Wiederkauftrate jedes Tieres.

[0025] Besonders bevorzugt ist die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet, um das Identifizieren eines Tiers mittels des Algorithmus zur Merkmalsextraktion in zwei Schritten vorzunehmen, wobei in einem ersten Schritt aus den digitalen Bilddaten eine tierindividuelle Merkmalskarte erstellt wird und in einem zweiten Schritt die tierindividuelle Merkmalskarte einem Tier zugeordnet wird, wobei die Zuordnung folgende Schritte umfasst:

- Bereitstellen einer Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, wobei jedes Netzwerk in Bezug auf ein bestimmtes der Mehrzahl von Tieren individualisiert ist,
- Zuführen der Merkmalskarte jedem der Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, um jeweils einen Übereinstimmungswert zu erhalten,
- Vergleichen der von den künstlichen neuronalen Netzwerken erhaltenen Übereinstimmungswerte und Identifizieren desjenigen Tiers, dessen für dieses individualisierte künstliche neuronale Netzwerk den höchsten Übereinstimmungswert aufweist.

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0027] Das dargestellte Beispiel betrifft ein System und ein Verfahren zu Erkennung und zur Analyse von Rindern, welches folgende Verarbeitungsschritte umfasst:

- a) Einlesen der Bilddaten
- b) Instance Segmentation
- c) Ausschneiden jedes einzelnen Rindes
- d) Keypointerkennung
- e) Person Reidentification
- f) Fellhelligkeitsbestimmung nahe gewisser Keypoints
- g) Ohrmarkenerkennung
- h) Positionserkennung
- i) Zeitliche Analyse der Position
- j) Rindidentifikation
- k) Auswertung
- l) Speichern der gewonnenen Daten

[0028] Diese Analyseschritte setzen teilweise einander voraus, können aber auch zum Teil parallel abgearbeitet werden.

[0029] a) Einlesen der Bilddaten

Das Einlesen der Bilddaten kann beispielsweise in Form von Einzelbildern, in Form von aufgezeichneten Videos oder von Live-Daten von einer Kamera erfolgen.

[0030] b) Instance Segmentation

Im Rahmen der Bildverarbeitung erfolgt ein Segmentieren der Bilder, als Vorstufe zur Merkmalsextraktion. In den eingelesenen Bilddaten sollen diejenigen Bildbereiche identifiziert werden, in denen einzelne Rinder abgebildet sind, was durch ein DeepLearning-Instance-Segmentation-Modell vorgenommen werden kann. Denkbar ist die Verwendung eines Mask-RCNN-Modells. Dieses Modell sucht sich zuerst interessante Regionen, sogenannte „Regions of Interest (ROIs)“ und analysiert diese ROIs danach genauer. Die Ausgabe ist eine eigene Bildmaske für jedes erkannte

Rind.

[0031] Bestehende Systeme können auf die spezifische Aufgabe des Erkennens von Rindern trainiert werden. Dafür werden Beispieldaten, bestehend aus Eingabe- und gewünschten Ausgabedaten, herangezogen.

[0032] c) Ausschneiden jedes einzelnen Rindes

Mit den durch die Instance Segmentation erhaltenen Bildmasken werden dann die einzelnen Rinder in separate Bilder ausgeschnitten. Weiters wird der eventuell störende Hintergrund durch eine höchstwahrscheinlich nicht im Bildmaterial anzutreffende Farbe ersetzt werden (z.B. Fuchsia).

[0033] d) Keypointerkennung

Diese Einzelbilder der Rinder werden danach durch ein DeepLearning-Image-Classification-Model analysiert. Ein Image-Classification-Model erkennt so wie ein Instance-Segmentation-Model verschiedene Bereiche des Bildes. Allerdings werden dabei keine Bildmasken erzeugt, sondern Bounding-Boxes, welche mittels eines Rechteckes auf dessen Inhalt hinweisen. Damit können interessante Punkte des Rinderkörpers erkannt werden wie z.B. Maul, Stirn, Schulter, Knie und Schwanzansatz. Als Model kann beispielsweise die Software „YOLOv3“ eingesetzt werden, da sie sehr hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit bei ausreichend guter Erkennungsrate aufweist. YOLOv3 erreicht diese Geschwindigkeit dadurch, dass es die Bilddaten nur einmal liest. Auch hier sollten Beispieldaten für das Training generiert werden.

[0034] e) Person Reidentification

Die Re-Identifikation ist in mehrere Schritte aufgeteilt, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist.

Im ersten Schritt werden Merkmale aus den Bilddaten extrahiert. Das Bild des Rindes wird von einem zur Erkennung von Merkmalen trainierten neuronalen Netzwerkes („Feature-Net“) vorverarbeitet. Das Resultat ist eine Merkmalskarte („Feature-Map“), welche das Rind beschreibt.

[0035] Im zweiten Schritt erfolgt die Identifizierung, indem die erhaltene Merkmalskarte nun durch Rind-individuelle Identifizierungsnetzwerke (Id-Net-Kuh_{0,1,2,...,n}) weiterverarbeitet wird. Diese Rind-individuellen Identifizierungsnetzwerke haben die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um das Rind, auf welches das Netz trainiert ist, als Ergebnis ($p_{1,2,...,n}$). Im laufenden Training werden diese Netze angepasst und optimiert. Sollte ein neues Rind in der Herde sein, so wird für dieses ein eigenes Netz erstellt.

[0036] Im dritten Schritt erfolgt die Auswertung: wenn das Identifizierungsnetzwerk mit der höchsten Wahrscheinlichkeit über einem gewissen Schwellwert liegt, so kann dadurch auf das Rind-Individuum zurückgeschlossen werden. Sollte der Schwellwert nicht überschritten werden, so bedeutet dies, dass das Individuum nicht sicher identifiziert werden konnte und es erfolgt stattdessen eine Identifizierung mittels des Objekt-Trackings bzw. wenn auch dieses keine Identifizierung zulässt, kann nach einer gewissen Zeit von einem neuen Rind ausgegangen werden.

[0037] Um die Re-Identifikation laufend weiter zu trainieren, können mittels der vom Objekt-Tracking gelieferten freigestellten Bilder mittels des Feature-Netzwerkes dazugehörige Merkmalskarten generiert werden. Mit diesen Merkmalskarten können nun die Identifizierungsnetzwerke trainiert werden. Bei einem neuen Rind wird ein neues Identifizierungsnetzwerk für dieses angelegt.

[0038] f) Fellhelligkeitsbestimmung nahe gewisser Keypoints

Als weiteres „schwaches“ Erkennungsmerkmal können Helligkeitswerte an gewissen Keypoints, wie etwa Stirn, Knie, Schwanzansatz gemessen und in Kurzform codiert werden. Die Idee dahinter ist, dass man anhand hinterlegter Helligkeitswerte zusätzlich eine grobe, aber ressourcenschonende, Identifikation durchführen kann. Es sollen deswegen nur Helligkeitswerte und keine Farbwerte verwendet werden, damit dieser Ansatz auch mit eventuellen Nachtsicht-Kameras, welche nur Graustufenbilder liefern, funktionieren kann.

[0039] g) Ohrmarkenerkennung

Sollte bei der Keypointerkennung eine Ohrmarke erkannt werden, so wird mittels üblicher OCR-Verfahren versucht diese zu lesen und für die Rindidentifikation zu verwenden.

[0040] h) Positionserkennung

Mittels vorher eingemessener Referenzpunkte können mehrere Positionsdaten ermittelt werden. Einerseits ein grober Mittelpunkt des Rindes im Raum. Andererseits soll mittels eines mathematischen Modelles oder einem DeepLearning-Model auch die Positionen der Keypoints im Raum ermittelt werden. Diese Positionsdaten können dann verwendet werden, um ein vereinfachtes Rindskelett abzubilden und daraus Bewegungsverhaltens-Daten zu erhalten.

[0041] i) Zeitliche Analyse der Position

Der errechnete Mittelpunkt des Rindes soll für eine zeitlich Analyse der Position verwendet werden. Hierbei ist gemeint, einen möglichen Bewegungsbereich jedes einzelnen Rindes zu berechnen, um mithilfe dessen die Rinder auch ohne geglückte Identifikation verfolgen zu können. Wichtig ist dies, um kurzzeitiges Nicht-Identifizieren zu überbrücken. Auch wird es für die Erkennung unbekannter Individuen benötigt.

[0042] j) Rindidentifikation

Mittels der durch Person-Reidentification, Fellhelligkeitsbestimmung und Ohrmarkenerkennung gewonnenen Daten wird auf das Rind-Individuum geschlossen. Sollte dies nicht gelingen, kann dies entweder daran liegen, dass diese Schritte fehlgeschlagen sind oder sich ein neues Rind in der Herde befindet. Bei ersterem soll mittels der zeitlichen Positionsanalyse und einer vorher, oder auch nachher, geglückten Identifikation die Daten dem Rind zuzuordnen. Sollte dies allerdings über einen gewissen Zeitraum nicht glücken, so kann von einem neuen Rind ausgegangen werden und mittels der erkannten Keypoints werden Bilder für das automatische Training eines neuen Person-Reidentification-Auswerte-Modells für das neue Individuum gesammelt.

[0043] Speichern der gewonnenen Daten

Alle in den vorherig erläuterten Schritten gewonnenen Daten können unabhängig von ihrer Qualität in einer Datenbank gespeichert werden.

[0044] k) Auswertung

Die gespeicherten Roh-Daten können nun für weitere Auswertungen herangezogen werden. Diese Auswertungen erfolgen vorzugsweise periodisch und werden auch in der Datenbank werden.

Zu den möglichen Auswertungen könnten zählen:

- Brunsterkennung anhand erhöhter Aktivität
- Brunsterkennung über das Verhalten
- Lahmheitserkennung mittels des vereinfachten Skelettes
- Verhaltensveränderung mittels Anomalieerkennung

[0045] Brunsterkennung anhand erhöhter Aktivität

Weibliche Rinder weisen eine erhöhte Aktivität in der Brunst auf. Diese kann relativ einfach durch die Mittelpunktposition im Raum und deren Veränderungsrate erkannt werden.

[0046] Brunsterkennung über das Verhalten:

In der Anfangsphase der Brunst reiten weibliche Rinder auf anderen auf. Dies kann durch das vereinfachte Skelett erkannt werden. In der späteren Duldungsphase der Brunst weichen weibliche Rinder dem Aufreiten nicht mehr aus. Dies kann über die vereinfachten Skelette der beiden beteiligten Rinder erkannt werden.

[0047] Lahmheitserkennung mittels des vereinfachten Skelettes:

Bei Lahmheit weisen Rinder in der Regel einen nach oben gekrümmten Rücken auf. Auch dies kann über das vereinfachte Skelett erkannt werden.

[0048] Verhaltensveränderung mittels Anomalieerkennung:

Eine Verhaltensveränderung kann mittels eines laufend individuell mittrainierten DeepLearning-Modells umgesetzt werden. Hierzu wird ein Modell für jedes Rind laufend mittrainiert. Dieses Modell soll mögliches Verhalten des Rindes voraussagen. Bei einer markanten Abweichung zur Realität könnte dies auf eine Verhaltensveränderung hinweisen.

[0049] Anzeige der Daten

Es kann folgende Möglichkeiten geben, um die durch die Analyse gewonnenen Daten maschinell

oder durch den Endanwender abzurufen:

- Web-API
- Web-Oberfläche
- App für mobile Endgeräte • Alarmierung

[0050] Web-API:

Kern des Daten-Abrufs kann die Web-API darstellen. Über diese können alle relevanten Daten aus der Datenbank abrufbar sein. Auch könnte diese Schnittstelle für Fremdsysteme zugänglich gemacht werden, um so bestehende Herden-Management-Systeme mit Daten zu beliefern.

[0051] Web-Oberfläche:

Die Web-Oberfläche kann die von der Web-API zur Verfügung gestellten Daten in für den Endanwender verwertbarer Form darstellen. Sie kann sich an der Oberfläche bereits etablierter Herden-Managementsystemen orientieren. Auch wäre die Umsetzung eines einfachen Herden-Management-Systems hier denkbar.

[0052] App für mobile Endgeräte:

Auch kann es eine App für mobile Endgeräte geben, welche vom Inhalt her die Web-Oberfläche widerspiegeln soll. Die Umsetzung als Progressive-Web-App wäre denkbar.

[0053] Alarmierung:

Es kann eine Alarmierung geben, welche auf gewisse Analyseergebnisse, wie etwa Brunst, hinweisen soll. Diese Alarmierung kann via App-Push-Benachrichtigung oder SMS-Benachrichtigung umgesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Nachverfolgung von Tieren, insbesondere Rindern, umfassend die folgenden Schritte:
 - kontinuierliche digitale Bilderfassung einer Mehrzahl von Tieren, um digitale Bilddaten zu erhalten,
 - Identifizieren einzelner Tiere mittels eines Algorithmus zur Merkmalsextraktion aus den Bilddaten,
 - Nachverfolgung der Fortbewegung der identifizierten Tiere, um erste Bewegungsdaten zu erhalten,
 - Analysieren der ersten Bewegungsdaten, um ein Fortbewegungsprofil jedes Tieres zu erstellen,
 - Nachverfolgung der Bewegung einzelner Körperteile der Tiere unter Verwendung der bei der Merkmalsextraktion erkannten Körpermerkmale, um zweite Bewegungsdaten zu erhalten,
 - Analysieren der zweiten Bewegungsdaten, um die Körperlage und/oder die Tätigkeit der Tiere zu ermitteln, um ein Verhaltensprofil jedes Tieres zu erstellen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der aktuelle Standort der Tiere mit einem vordefinierten Standort einer Futterstelle abgeglichen wird, um die Fressdauer jedes Tieres zu erfassen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fortbewegungsprofil und das Verhaltensprofil kontinuierlich oder in regelmäßigen Abständen über die Lebenszeit der Tiere erfasst werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Bewegungsdaten analysiert werden, um den aktuellen Standort der Tiere zu erfassen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweiten Bewegungsdaten analysiert werden, um eine stehende und eine liegende Lage der Tiere zu erfassen und Steh- und Liegezeiten zu errechnen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweiten Bewegungsdaten analysiert werden, um die Wiederkauftrate jedes Tieres zu erfassen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fortbewegungsprofil und das Verhaltensprofil wenigstens drei, bevorzugt wenigstens vier Kennwerte umfassen, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Fresszeiten, Liegezeiten, Fortbewegungszeiten, Stehzeiten, Aufenthaltsorte, Futterentnahme, Fressdauer, Brunstverhalten und/oder die Wiederkauftrate jedes Tieres.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Identifizieren eines Tiers mittels des Algorithmus zur Merkmalsextraktion zwei Schritte umfasst, wobei in einem ersten Schritt aus den digitalen Bilddaten eine tierindividuelle Merkmalskarte erstellt wird und in einem zweiten Schritt die tierindividuelle Merkmalskarte einem Tier zugeordnet wird, wobei die Zuordnung folgende Schritte umfasst:
 - Bereitstellen einer Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, wobei jedes Netzwerk in Bezug auf ein bestimmtes der Mehrzahl von Tieren individualisiert oder trainiert ist,
 - Zuführen der Merkmalskarte jedem der Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, um jeweils einen Übereinstimmungswert zu erhalten,
 - Vergleichen der von den künstlichen neuronalen Netzwerken erhaltenen Übereinstimmungswerte und Identifizieren desjenigen Tiers, dessen für dieses individualisierte künstliche neuronale Netzwerk den höchsten Übereinstimmungswert aufweist.
8. Vorrichtung zur Nachverfolgung von Tieren zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, insbesondere Rindern, umfassend wenigstens eine digitale Bilderfassungseinheit und eine elektronische Auswerteeinheit, welcher die digitalen Bilddaten der wenigstens einen digitalen Bilderfassungseinheit geführt sind, wobei die Auswerteeinheit für die Durchführung der folgenden Schritte eingerichtet ist:

- Identifizieren einzelner Tiere mittels eines Algorithmus zur Merkmalsextraktion aus den Bilddaten,
 - Nachverfolgung der Fortbewegung der identifizierten Tiere, um erste Bewegungsdaten zu erhalten,
 - Analysieren der ersten Bewegungsdaten, um ein Fortbewegungsprofil jedes Tieres zu erstellen,
 - Nachverfolgung der Bewegung einzelner Körperteile der Tiere unter Verwendung der bei der Merkmalsextraktion erkannten Körpermerkmale, um zweite Bewegungsdaten zu erhalten,
 - Analysieren der zweiten Bewegungsdaten, um die Körperlage und/oder die Tätigkeit der Tiere zu ermitteln, um ein Verhaltensprofil jedes Tieres zu erstellen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet ist, um den aktuellen Standort der Tiere mit einem vordefinierten Standort einer Futterstelle abzugleichen, um die Fressdauer jedes Tieres zu erfassen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet ist, um die ersten Bewegungsdaten zu analysieren und den aktuellen Standort der Tiere zu erfassen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet ist, um die zweiten Bewegungsdaten zu analysieren, um eine stehende und eine liegende Lage der Tiere zu erfassen und Steh- und Liegezeiten zu errechnen.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet ist, um die zweiten Bewegungsdaten zu analysieren, um die Wiederkauftrate jedes Tieres zu erfassen.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fortbewegungsprofil und das Verhaltensprofil wenigstens drei, bevorzugt wenigstens vier Kennwerte umfassen, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Fresszeiten, Liegezeiten, Fortbewegungszeiten, Stehzeiten, Aufenthaltsorte, Futterentnahme, Fressdauer, Brunstverhalten und/oder die Wiederkauftrate jedes Tieres.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet ist, um das Tierwohl in Form einer Kennzahl zu errechnen.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Auswerteeinheit eingerichtet ist, um das Identifizieren eines Tiers mittels des Algorithmus zur Merkmalsextraktion in zwei Schritten vorzunehmen, wobei in einem ersten Schritt aus den digitalen Bilddaten eine tierindividuelle Merkmalskarte erstellt wird und in einem zweiten Schritt die tierindividuelle Merkmalskarte einem Tier zugeordnet wird, wobei die Zuordnung folgende Schritte umfasst:
- Bereitstellen einer Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, wobei jedes Netzwerk in Bezug auf ein bestimmtes der Mehrzahl von Tieren individualisiert ist,
 - Zuführen der Merkmalskarte jedem der Mehrzahl von künstlichen neuronalen Netzwerken, um jeweils einen Übereinstimmungswert zu erhalten,
 - Vergleichen der von den künstlichen neuronalen Netzwerken erhaltenen Übereinstimmungswerte und Identifizieren desjenigen Tiers, dessen für dieses individualisierte künstliche neuronale Netzwerk den höchsten Übereinstimmungswert aufweist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

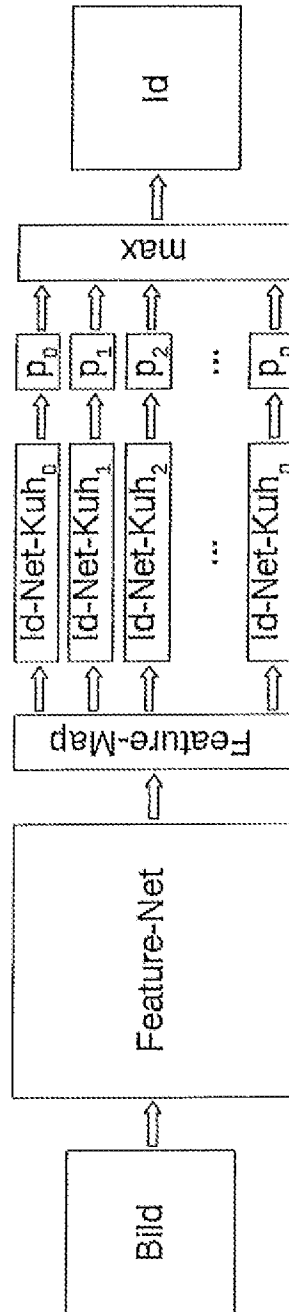


Fig. 1