



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 220 109.2**

(22) Anmeldetag: **05.11.2012**

(43) Offenlegungstag: **08.05.2014**

(51) Int Cl.: **G07C 3/08 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Deere & Company, Moline, Ill., US

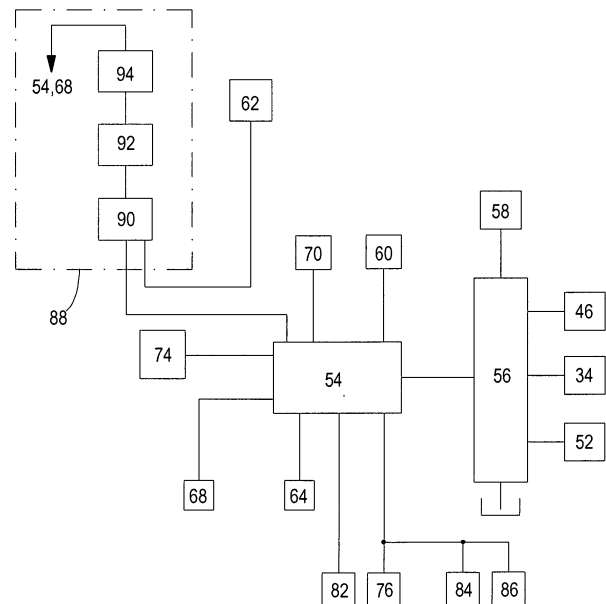
(74) Vertreter:
**Holst, Sönke, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 68163,
Mannheim, DE**

(72) Erfinder:
**Folker, Beck, 66509, Rieschweiler-Mühlbach,
DE; Blank, Sebastian, 67657, Kaiserslautern, DE;
Kneip, Frank, Prof. Dr., 66892, Bruchmühlbach-
Miesau, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zur Erfassung des Betriebszustands einer Arbeitsmaschine**

(57) Zusammenfassung: Eine Einrichtung zur Erfassung des Betriebszustands einer Arbeitsmaschine (18, 10) umfasst einen oder mehrere Sensoren (70, 74, 82) zur Bereitstellung jeweils eines Ausgangswerts hinsichtlich eines aktuellen Parameters einer Komponente der Arbeitsmaschine (18, 10) und eine mit den Sensoren (70, 74, 82) verbundene Verarbeitungseinheit (88), die programmiert ist, anhand der Messwerte der Sensoren (70, 74, 82) und/oder daraus abgeleiteter Werte unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells (94) eine Information über den Betriebszustand der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten. Die Verarbeitungseinheit (88) ist mit einer Zustandsübergangsmatrix A, Elementen einer Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B für die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung durch einen bestimmten Zustand bedingt ist und einem Vektor π zur Beschreibung eines Eingangszustands beaufschlagbar, um daraus den Betriebszustand S der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten. Die Verarbeitungseinheit (88) ist programmiert, Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B aus den Messwerten der Sensoren (70, 74, 82) abzuleiten.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erfassung des Betriebszustands einer Arbeitsmaschine, umfassend:

einen oder mehrere Sensoren zur Bereitstellung jeweils eines Ausgangswerts hinsichtlich eines aktuellen Parameters einer Komponente der Arbeitsmaschine,

eine mit den Sensoren verbundene Verarbeitungseinheit, die programmiert ist, anhand des oder der Messwerte der Sensoren und/oder daraus abgeleiteter Werte unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells eine Information über den Betriebszustand der Arbeitsmaschine abzuleiten,

wobei die Verarbeitungseinheit mit einer Zustandsübergangsmatrix A , Elementen einer Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B für die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung durch einen bestimmten Zustand bedingt ist und einem Vektor π zur Beschreibung eines Eingangszustands beaufschlagbar ist, um daraus den Betriebszustand S der Arbeitsmaschine abzuleiten.

Stand der Technik

[0002] Arbeitsmaschinen werden derzeit mit immer mehr Aktoren und Sensoren ausgestattet, die zum Antrieb beweglicher Elemente dienen. Dies trifft insbesondere für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen zu, wie selbstfahrende Erntemaschinen und Traktoren, die mit unterschiedlichen Zusatzausrüstungen betrieben werden können, wie Erntevorsätzen für Erntemaschinen oder gezogenen oder angebauten Geräten z.B. zur Bodenbearbeitung, zum Säen oder zur Ernte für Traktoren. Um dem Bediener oder einer beabstandeten Stelle eine Information darüber zu geben, ob alle Komponenten der Arbeitsmaschine korrekt arbeiten, und/oder zur selbsttätigen Ansteuerung von Komponenten basierend auf dem jeweiligen Betriebszustand der Arbeitsmaschine wurde vorgeschlagen (Sebastian Blank, Georg Kormann, Karsten Berns: A Modular Sensor Fusion Approach for Agricultural Machines, XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference, Juni 2011 – Wien, im Internet veröffentlicht unter http://www.nas.boku.ac.at/fileadmin/_/H93/H931/CIOSTA_Presentations/Blank.pdf), den Betriebszustand der Arbeitsmaschine mittels einer Mehrzahl an Sensoren zu erfassen. Die Signale der Sensoren werden durch einen Sensorwissensmanager angeglichen und mittels eines Fusionsmoduls verschmolzen (fusioniert), um eine gegenüber den einzelnen Sensorwerten verminderte, jedoch genauere Datenmenge zu erzielen. Dann werden die fusionierten Daten einer Fuzzy-Klassifikation unterzogen und das Ergebnis dieser Klassifikation wird unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells (HMM) analysiert, um schließlich eine Information über den jeweiligen Betriebszustand der Arbeitsmaschine zu gewinnen. Dem Sensorwissens-

manager werden aus einer Sensorwissens-Datenbank Informationen über die einzelnen Sensoren zugeführt, die zur Verschmelzung der Sensordaten benötigt werden. Dem Fusionsmodul und dem Hidden-Markov-Modell werden weiteres, statisches Domänenwissen hinsichtlich der Konfiguration der Arbeitsmaschine aus einer gemeinsam genutzten Datenbank zugeführt, die einerseits zur Ableitung einer Regelbasis für die Fuzzy-Klassifikation und andererseits zur Auswertung der Daten durch das Hidden-Markov-Modell dienen.

[0003] Aus mathematischer Perspektive sind die HMMs eine Erweiterung normaler Markov-Ketten zur Überwindung der Beschränkung, dass jeder Übergangszustand mit einer physikalischen Beobachtung korrespondieren muss. Dieses Erfordernis beschränkt die Fälle, in denen ein temporäres probabilistisches Modell angewendet werden kann, beträchtlich. Zur Überwindung dieses Problems bestehen die HMM aus einer Struktur aus zwei verbundenen statistischen Prozessen, die ineinander eingebettet sind. Der erste, nicht beobachtbare Prozess ist eine Markovkette mit Zuständen und Übergangswahrscheinlichkeiten und der zweite, beobachtbare Prozess erzeugt zu jedem Zeitpunkt Emissionen, die auf dem derzeitigen, nicht beobachtbaren internen (ersten) Zustand basieren. Man verwendet den zweiten Prozess als Mittel zur Beobachtung des ersten Prozesses, der die weitestgehend unbekannteste Struktur des unter Beobachtung befindlichen Prozesses emuliert.

[0004] Das Hidden-Markov-Modell λ lässt sich standardmäßig durch folgende fünf Größen beschreiben: $\lambda = \lambda(S, A, B, \pi, V)$. Dabei ist S eine Menge an Zuständen (s_1 bis s_N) eines Modells, A eine Zustandsübergangsmatrix mit Elementen a_{ij} , B eine Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix mit Elementen b_{jk} für die Wahrscheinlichkeit, dass die Beobachtung v_k durch den Zustand s_j bedingt ist, π ein Vektor zur Beschreibung eines Eingangszustands und V ein Beobachtungssymbolalphabet mit Elementen v_1 bis v_M . Basierend auf diesem Konzept kann eine Vielzahl an realen Problemen gehandhabt werden, die dadurch gekennzeichnet sind, dass ihre inneren Mechanismen teilweise nicht beobachtbar sind und somit nur stochastische Spezifikationen aus ihrem Verhalten abgeleitet werden können. Man leitet demnach den jeweiligen Zustand S des Modells aus der Beobachtung V ab, wozu der Eingangszustand π und die Matrizen A und B bekannt und insbesondere konstant (zeitlich invariant) sein müssen. Zu weiteren Details hierzu sei auf die Literatur verwiesen, z.B. L. R. Rabiner, A Tutorial on Hidden-Markov-Models and Selected Applications in Speech Recognition, Proc. IEEE Vol. 77 No. 2 (Feb. 1989), S. 257 ff.

[0005] Im oben erwähnten Stand der Technik von Blank et al. werden die Zustandsübergangsmatrix A , die Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B und der

Eingangszustand π aus der Datenbank für statisches Domänenwissen entnommen. Das bedeutet einerseits einen relativ hohen Aufwand für eine anfängliche Erstellung der Matrix und andererseits eine gewisse Anfälligkeit für Fehler und/oder Toleranzen von Sensoren, denn diese sind in der statischen, vorab definierten Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B nicht eingerechnet.

Aufgabe der Erfindung

[0006] Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird darin gesehen, eine Einrichtung zur Überwachung des Zustands einer Arbeitsmaschine und ein entsprechendes Verfahren dahingehend weiterzubilden, dass die erwähnten Nachteile des Standes der Technik nicht oder in einem verminderten Maße auftreten.

Lösung

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Lehre der Patentansprüche 1, 4 und 6 gelöst, wobei in den weiteren Patentansprüchen Merkmale aufgeführt sind, die die Lösung in vorteilhafter Weise weiterentwickeln.

[0008] Eine Einrichtung zur Überwachung des Betriebszustands einer Arbeitsmaschine umfasst einen Sensor oder eine Mehrzahl an Sensoren zur Bereitstellung jeweils eines Ausgangswert hinsichtlich eines aktuellen Parameters einer Komponente der Arbeitsmaschine und eine mit den Sensor(en) verbundene Verarbeitungseinheit, die programmiert ist, anhand der Messwerte der Sensor(en) und/oder daraus abgeleiteter Werte unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells eine Information über den Betriebszustand der Arbeitsmaschine abzuleiten. Die Verarbeitungseinheit ist mit einer Zustandsübergangsmatrix A , Elementen einer Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B für die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung durch einen bestimmten Zustand bedingt ist und einem Vektor π zur Beschreibung eines Eingangszustands beaufschlagbar, um anhand der der Messwerte der Sensor(en) und/oder daraus abgeleiteter Werte (d.h. der jeweiligen Beobachtung) den Betriebszustand S der Arbeitsmaschine abzuleiten. Die Verarbeitungseinheit ist programmiert, Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B aus den Messwerten des Sensors bzw. der Sensoren abzuleiten. Die erfindungsgemäße Einrichtung ist demnach in der Lage, aus den Signalen des oder der Sensoren unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells abzuleiten, welchen Betriebszustand die Arbeitsmaschine gerade hat. Im Fall eines Traktors mit angebautem Bodenbearbeitungsgerät kann die Einrichtung somit beispielsweise feststellen, ob das Bodenbearbeitungsgerät gerade den Boden bearbeitet oder nicht. Außerdem kann die Einrichtung erkennen, wenn der Traktor mit ausgehobenem Bodenbe-

arbeitungsgerät auf einer Straße fährt oder im Vorwege wendet. Optional könnten quantitative Werte, wie Arbeitstiefe, bearbeitete Fläche, Kraftstoffverbrauch, Verschleiß der Bodenbearbeitungswerkzeuge etc. evaluiert und ausgegeben werden. Das Hidden-Markov-Modell benötigt, wie eingangs beschrieben, eine Zustandsübergangsmatrix A , eine Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B mit Elementen für die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung durch einen bestimmten Zustand bedingt ist und einen Vektor π zur Beschreibung eines Eingangszustands. Die Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B enthält definitionsgemäß Elemente b_{jk} für die Wahrscheinlichkeit, dass die Beobachtung v_k durch den Zustand s_j bedingt ist. Anstelle der bisherigen, fest abgespeicherten Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B wird gemäß der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B aus Messwerten des oder der Sensoren abzuleiten, d.h. die gemessenen Emissionen des zweiten Prozesses mit den unterschiedlichen Zuständen des ersten Prozesses zu verknüpfen oder zu korrelieren, um Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B zu bestimmen.

[0009] Auf diese Weise kann sich die Einrichtung selbsttätig an besondere Situationen, wie variierende Qualitäten der Sensordaten, Unsicherheiten der Messwerte oder Sensorfehler beispielsweise bei Überhitzung und Sensorausfälle anpassen.

[0010] Vorzugsweise ist die Verarbeitungseinheit programmiert, die besagten Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B ganz oder teilweise aus fuzzifizierten Messwerten von Sensoren abzuleiten, die dem Hidden-Markov-Modell als Beobachtung zuführbar sind. Es wäre aber auch eine beliebige andere Vorklassifizierung oder Vorverarbeitung der Sensorwerte möglich, wie Clustering-Ansätze, Support Vector Machines, neuronale Netze, oder probabilistische Ansätze. Zusätzlich oder alternativ kann die Verarbeitungseinheit die erwähnten Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B ganz oder teilweise aus Messwerten von Überwachungssensoren zur Erfassung des Zustands von Sensoren und/oder zur Überwachung eines Bedieners ableiten.

[0011] Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung ist die Verarbeitungseinheit programmiert, ein Modell für die jeweilige Betriebsart der Arbeitsmaschine anhand von Messwerten von Sensoren und/oder eines Positionsbestimmungssystems auszuwählen oder zu bestimmen und die Zustandsübergangsmatrix A und den Vektor π anhand des ermittelten Modells aus einer Datenbank, in welcher unterschiedliche Zustandsübergangsmatrizen für unterschiedliche Betriebsarten der Arbeitsmaschine abgelegt sind, auszuwählen. Es werden demnach mehrere, unterschiedliche Zustandsübergangsmatrizen A und/oder Vektoren π in einer Datenbank abgespei-

chert und bei jedem Durchlauf einer Zustandsabschätzungsschleife entschieden, welche Zustandsübergangsmatrix A und/oder welcher Vektor π nun verwendet werden soll.

[0012] Die Entscheidung hinsichtlich des Modells für die Betriebsart kann basierend auf den Signalen eines Positionsbestimmungssystems zur Feststellung des Landes und der Region (um festzustellen, welche landwirtschaftlichen Praktiken dort üblich sind) und/oder zur Bestimmung der Position der Arbeitsmaschine im Feld insbesondere zwecks Unterscheidung zwischen Vorgewende und eigentlichem Feldbetrieb erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann das Modell für die Betriebsart anhand der Position eines Schalters zum Umschalten zwischen Straßen- und Feldbetrieb erkannt werden, oder es wird erkannt, ob gerade eine Wartung der Arbeitsmaschine stattfindet. Auch kann festgestellt werden, ob sich ein Fahrer an Bord befindet oder nicht, oder ob die Arbeitsmaschine gerade selbsttätig gelenkt wird. Weiterhin können Elemente der Zustandsübergangsmatrix A online modifiziert werden. Diese Elemente werden demnach nicht direkt aus der statischen Datenbank entnommen, sondern erst während des Betriebs berechnet. So besteht die Möglichkeit, beim Annähern an das Vorgewende die Wahrscheinlichkeit für einen Wendevorgang zu vergrößern und die Wahrscheinlichkeit für eine Transportfahrt auf dem Feld zu verkleinern, was zu entsprechend ansteigenden bzw. absinkenden Wahrscheinlichkeiten in der Zustandsübergangsmatrix A führt. Es wird demnach nicht mehr nur ein einziges Modell für den Betriebszustand verwendet, sondern mehrere derartige Modelle gleichzeitig, denen jeweils Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden, und die Zustandsübergangsmatrix A und der Eingangszustand π werden entsprechend ausgewählt.

[0013] Nach einem dritten Aspekt der Erfindung ist die Verarbeitungseinheit programmiert, einen Nachverfolgungsschritt zur Bestimmung des Betriebszustands der Arbeitsmaschine nur dann auszuführen, wenn seit einem vorherigen Nachverfolgungsschritt eine andere Zustandsübergangsmatrix A und/oder ein anderer Vektor π ausgewählt wurde und/oder eine hinreichende Datenmenge zur Unterscheidung unterschiedlicher Betriebszustände vorliegt.

[0014] Insbesondere kann die Verarbeitungseinheit den Zeitpunkt des Nachverfolgungsschritts abhängig von den Diagonalelementen der Zustandsübergangsmatrix A bestimmen.

Ausführungsbeispiel

[0015] In den Zeichnungen ist ein nachfolgend näher beschriebenes Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigt:

[0016] Fig. 1 eine seitliche Ansicht einer landwirtschaftlichen Maschine in Form eines Traktors mit einer gezogenen Bestellkombination,

[0017] Fig. 2 ein Diagramm einer Steuereinrichtung mit den angeschlossenen Komponenten zur Kontrolle der Aktoren der Bestellkombination und einer Verarbeitungseinrichtung zur Erfassung des Betriebszustands des Traktors und der Bestellkombination, und

[0018] Fig. 3 ein Flussdiagramm, nach dem die Verarbeitungseinrichtung vorgeht.

[0019] In der Fig. 1 ist eine landwirtschaftliche Arbeitsmaschine in Form eines Traktors **18** mit einer durch den Traktor **18** gezogenen Bestellkombination **10** dargestellt. Die Bestellkombination umfasst einen sich in der Vorwärtsrichtung, die in der Zeichnung von rechts nach links verläuft, erstreckenden Rahmen **12**, der sich über ein Laufräder **14** umfassendes Fahrwerk auf dem Erdboden abstützt. An seinem vorderen Ende ist der Rahmen **12** über eine Deichsel **18** über eine lösbare Kupplung **20** mit dem Traktor **18** verkuppelt.

[0020] Der Rahmen **12** trägt vor den Laufrädern **14** einen Saatgutbehälter **22** zur Aufnahme von Saatgut. Durch, in der Zeichnung nicht dargestellte Messsysteme wird das Saatgut aus dem Saatgutbehälter **22** abgemessen und über Saatgutleitungen an der Rückseite des Rahmens **12** angeordneten Säeinrichtungen **24** zugeführt, die einen Furchenöffner **26** in Form einer Scheibe, Säscharre **30**, die das Saatgut in die durch den Furchenöffner **26** erzeugte Furche abgeben und Schließräder **28** zum anschließenden Schließen der Furche umfassen.

[0021] Es sind mehrere Säeinrichtungen **24** seitlich nebeneinander an einem sich am Rahmen **12** abstützenden, sich quer zur Vorwärtsrichtung erstreckenden Werkzeugträger **32** abgestützt. Die Säeinrichtungen **24** sind um eine parallel zur Längsachse des Werkzeugträgers **32** verlaufende Achse schwenkbar gelagert. Der Schwenkwinkel aller Säeinrichtungen **24** und damit die Sätiefe wird durch einen Aktor **34** in Form eines Hydraulikzylinders festgelegt, der sich zwischen einer mit dem Rahmen **12** verbundenen Halterung **33** und einem mit den Säeinrichtungen **24** gekoppelten Arm **35** erstreckt.

[0022] Vor dem Saatgutbehälter **22** ist unterhalb des Rahmens **12** ein Trägerrahmen **36** befestigt. Der Trägerrahmen **36** haltet einen um eine horizontale, quer zur Vorwärtsrichtung verlaufende Schwenkachse **44** schwenkbaren Schwenkrahmen **38**, an dem sich über eine U-förmige Feder **40** ein Bodenbearbeitungswerkzeug **42** in Form einer Scheibenegge abstützt. Ein zwischen Rahmen **12** und Schwenkrahmen **38** angeordneter Aktor **46** in Form eines Hydraulikzylinders definiert den Schwenkwinkel des

Schwenkrahmens **38** um die Schwenkachse **44**. Der Aktor **46** ist mit einem einstellbaren Druck betreibbar und steuert auf diese Weise den Druck, mit dem das Bodenbearbeitungswerkzeug **42** auf den Erdboden einwirkt. Anstelle der Scheibenegge kann ein beliebiges anderes Bodenbearbeitungswerkzeug **42** verwendet werden.

[0023] Am Trägerrahmen **36** ist weiterhin in Vorwärtsrichtung hinter dem Bodenbearbeitungswerkzeug **42** eine, um eine parallel zur Schwenkachse **44** verlaufende Achse schwenkbare Halterung **48** angeordnet, an deren unterem Ende eine Bodenwalze **50** in Form eines Reifenpackers angebracht ist. Ein Aktor **52** in Form eines Hydraulikzylinders, der sich zwischen dem Trägerrahmen **36** und der Halterung **48** erstreckt, definiert den Schwenkwinkel der Halterung **48**. Der Aktor **52** ist mit einem einstellbaren Druck beaufschlagbar und steuert auf diese Weise den Druck, mit dem die Bodenwalze **42** auf den Erdboden einwirkt.

[0024] An beiden seitlichen Enden des Bodenbearbeitungswerkzeugs **42** sind mit dem Schwenkrahmen **38** verbundene U-förmige Federn **40** angeordnet. Auch sind Halterungen **48** an beiden seitlichen Enden der Bodenwalze **50** angeordnet und mit dem Trägerrahmen **36** verbunden. Das Bodenbearbeitungswerkzeug **42** und die Bodenwalze **50** können sich aus drei oder mehr seitlich nebeneinander angeordneten Abschnitten zusammensetzen, von denen die Äußeren, in an sich bekannter Weise, zum Straßentransport hochklappbar sind. Dazu sind entsprechende Antriebe in Form von Hydraulikzylindern vorzusehen. Zwischen dem Bodenbearbeitungswerkzeug **42** und der Bodenwalze **50** ist ein Striegel **66** angeordnet, der mit dem Trägerrahmen **36** verbunden ist.

[0025] Die Bestellkombination **10** stellt nach alledem eine Kombination aus einer Sämaschine mit dem Saatgutbehälter **22** und den Säeinrichtungen **24** einerseits und einem Bodenbearbeitungsgerät mit dem Bodenbearbeitungswerkzeug **42**, dem Striegel **66** und der Bodenwalze **50** andererseits dar. Der Traktor **18** ist mit einer Steuereinrichtung **54** ausgestattet, die eingerichtet ist, über in der Zeichnung nicht dargestellte Leitungen die Aktoren **34**, **46** und **52** mittels einer vorzugsweise Proportionalventile enthaltenden Ventileinrichtung **56** aus einer Quelle **58** unter Druck stehenden Hydraulikfluids mit Hydraulikfluid zu beaufschlagen bzw. zu entlasten. In der dargestellten Ausführungsform sind die Aktoren **34**, **46** und **52** doppeltwirkend, um die Arbeitselemente der Bestellkombination **10** im Vorgewende oder bei einer Straßenfahrt ausheben zu können. Denkbar wäre aber auch die Verwendung einfachwirkender Hydraulikzylinder. Die Steuereinrichtung **54** ist somit eingerichtet, den Druck der Aktoren **46** und **52** vorzugeben. Eine Information über die Position des Aktors **34** wird der Steuereinrichtung **54** über einen Fühler **60** zugeführt,

so dass die Sätiefe der Säeinrichtungen **24** durch die Steuereinrichtung **54** mittels der Ventileinrichtung **56** regelbar ist.

[0026] Die Ventileinrichtung **56** kann sich an Bord des Traktors **18** befinden, wie in der **Fig. 1** gezeigt, oder an Bord der Bestellkombination **18**. Im zweiten Fall wäre sie mit der Steuereinrichtung **54** über ein Bussystem, z.B. einen ISO-Bus, verbunden, das auch die Verbindung zwischen der Steuereinrichtung **54** und dem Aktor **86** und dem Fühler **60** herstellt. Außerdem könnte auch die Steuereinrichtung **54** an Bord der Bestellkombination **10** angeordnet sein und nur die Bedieneingabeeinrichtung **68** als virtuelles Terminal an Bord des Traktors **18** positioniert und über ein Bussystem mit der Steuereinrichtung **54** (und ggf. mit einer weiteren Verarbeitungseinrichtung des Traktors **18**, die den Aktor **84** und die Ventileinrichtung **56** kontrolliert) verbunden werden.

[0027] Ein Geschwindigkeitssensor **74** erfasst die Drehzahl eines vorderen Rades **78** oder rückwärtigen Rades **80** des Traktors **18** und führt seine Signale ebenfalls der Steuereinrichtung **54** zu. Die Geschwindigkeit des Traktors **18** über dem Erdboden kann auch mittels eines Radarsensors **82** erfasst werden.

[0028] Ein Aktor **84** in Form einer Geschwindigkeitsvorgabeeinrichtung ist mit der Steuereinrichtung **54** verbunden und dient zur Vorgabe der Vorwärtsgeschwindigkeit des Traktors **18**, indem er die Drehzahl des Antriebsmotors des Traktors **18** und/oder der Getriebeübersetzung zwischen dem Antriebsmotor und den antreibbaren Rädern **78** und/oder **80** verstellt. Ein Aktor **86** gibt den Abstand vor, in welchem die Säeinrichtungen **24** Saatgut im Erdboden ablegen. Der Aktor **86** kann beispielsweise zum Antrieb der Messsysteme der Säeinrichtungen **24** oder zur Veränderung von deren Drehzahl dienen.

[0029] Schließlich ist am Arbeitsplatz des Traktors **18** noch eine Bedieneingabeeinrichtung **68** angebracht, die ebenfalls mit der Steuereinrichtung **54** verbunden ist. Die Steuereinrichtung **54** und die mit ihr verbundenen Komponenten einschließlich einer Speichereinrichtung **64** sind in der **Fig. 2** schematisch dargestellt. Die Bedieneingabeeinrichtung **68** ermöglicht es dem in der Kabine des Traktors **18** sitzenden Bediener, verschiedene Arbeitsparameter der Bestellkombination **10** einzugeben, nämlich die Sätiefe (Verstellung des Aktors **34** mit Rückkopplung über den Fühler **60**), den Bodendruck der Bodenwalze **50** (Aktor **52**) und den Bodendruck des Bodenbearbeitungswerkzeugs **42** (Aktor **46**). Der Bediener gibt die Vortriebsgeschwindigkeit des Traktors **18** über einen Fahrhebel **70** vor, der zur Ansteuerung des Aktors **84** dient. Abhängig von der jeweiligen Geschwindigkeitsvorgabe (Fahrhebel **70**) oder der aktuellen Geschwindigkeit (Geschwindigkeitssensor **74**

oder Radarsensor **82**) wird auch der Aktor **86** angesteuert, um einen mit der Bedieneingabeeinrichtung **68** eingegebenen Abstand des Saatguts auf dem Feld zu erzielen. Das Ausheben der Werkzeuge der Bestellkombination **10** am Feldende mittels der Aktoren **34**, **46**, **52** erfolgt durch eine Vorgewendeeingabeeinrichtung **76** am Fahrhebel **70**. Bei Betätigung einer ersten Taste der Vorgewendeeingabeeinrichtung **76** werden die Werkzeuge angehoben und bei Betätigung einer zweiten Taste der Vorgewendeeingabeeinrichtung **76** wieder abgesenkt.

[0030] Der Betrieb des Traktors **18** und der Bestellkombination **10** wird demnach bei der Feldarbeit manuell durch den Bediener in der Kabine des Traktors **18** gesteuert.

[0031] Zur Dokumentation des Betriebs des Traktors **18** und der Bestellkombination **10** ist eine Verarbeitungseinrichtung **88** vorgesehen, die mit der Steuereinrichtung **54** verbunden ist und den Betriebszustand des Traktors **18** und der Bestellkombination **10** erfasst und über die Zeit georeferenziert dokumentiert. Der Verarbeitungseinrichtung **88** werden von einem Positionsbestimmungssystem **62** mit einer Satellitenempfangsantenne, die zum Empfang von Signalen des GPS (Global Positioning Systems) eingerichtet ist, eine Information über die jeweilige Position des Traktors **18** enthaltende Signale zugeführt. Die Verbindung zwischen der Verarbeitungseinrichtung **88** und der Steuereinrichtung **54** kann, wie in der **Fig. 2** dargestellt, über eine separate Leitung erfolgen, oder sie erfolgt durch eine Bus-Leitung (nicht gezeigt), die sich über den Traktor **18** und vorzugsweise auch über die Bestellkombination **10** erstreckt und an welcher die Steuereinrichtung **54**, die Verarbeitungseinrichtung **88** und die als virtuelles Terminal ausgeführte Bedieneingabeeinrichtung **68**, sowie – wie oben erwähnt – ein Controller (nicht gezeigt) der Ventileinrichtung **56** und des Fühlers **60** angeschlossen sind. Auch das Positionsbestimmungssystem **62**, die Vorgewendeeingabeeinrichtung **76**, ein Sensor zur Erfassung der Position des Fahrhebels **70**, der Geschwindigkeitssensor **74** und/oder der Radarsensor **82**, der Aktor **84** und der Aktor **86** (bzw. ihnen zugeordnete Controller) können über diese Busleitung mit der Steuereinrichtung **54** kommunizieren.

[0032] Die Verarbeitungseinrichtung **88** erhält somit direkt und/oder über die Busleitung und/oder von der Steuereinheit **54** Informationen über die Ausgabe des Positionsbestimmungssystems **62**, die Signale der Sensoren **70**, **74**, **82** und den Sollzustand der Aktoren **84** und **86** als Eingangssignale. Die Verarbeitungseinrichtung **88** umfasst ein Verschmelzungsmodul **90**, in dem Eingangssignale unterschiedlicher Herkunft miteinander verschmolzen werden, um die Datenmenge zu reduzieren und genauere Daten zu erhalten. Beispielsweise können die Signale des Geschwindigkeitssensors **74**, des Radarsensors **82**, des

Aktors **84** und des Fahrhebels **70** miteinander verschmolzen werden, um ein genaueres Signal über die Geschwindigkeit des Traktors **18** zu erhalten. Hierzu und zur Bereitstellung eventuell zur Verschmelzung erforderlicher Formatierungsdaten sei auf die Offenbarung der DE 10 2010 031 344 A1 verwiesen. Die verschmolzenen Daten werden dann einer Fuzzy-Klassifizierung **92** zugeführt, welche den Daten Wahrscheinlichkeiten zuordnet, dass sie in einzelne Klassen fallen. So kann anhand des vom Verschmelzungsmodul **90** gelieferten Geschwindigkeitswerts und der Daten vom Positionserfassungssystem **62** jeweils eine Wahrscheinlichkeit für folgende Zustände ausgegeben werden: „erfasster Leerlauf“, „erfasste Transportfahrt auf einer Straße“, „erfasste Transportfahrt auf dem Feld“, „erfasste Feldarbeit“ und „erfasster unbekannter Zustand“.

[0033] Diese Fuzzy-klassifizierte Wahrscheinlichkeiten werden dann einem Hidden-Markov-Modell **94** zugeführt, unter Verwendung dessen die Verarbeitungseinrichtung **88** aus diesen Wahrscheinlichkeiten den Betriebszustand des Traktors **18** und der Bestellkombination **10** ableitet. Dieser Betriebszustand kann beispielsweise die Zustände „Leerlauf“, „Transport auf einer Straße“, „Transport auf dem Feld“ und „Feldarbeit“ umfassen. Dieser erfasste Betriebszustand kann dem Bediener auf einem Anzeigefeld der Bedieneingabeeinrichtung **68** angezeigt werden. Zusätzlich kann er (z.B. für Abrechnungszwecke eines Lohnunternehmers) mit den zugehörigen Zeiten abgespeichert werden, und/oder er kann zur Ansteuerung von Komponenten des Traktors **18** oder der Bestellkombination **10** dienen, z.B. zum Abstellen des Motors nach längerem Leerlauf.

[0034] Die beschriebene Vorgehensweise erscheint zunächst etwas umständlich, denn aus einigen vorliegenden Daten könnte der Betriebszustand direkt abgeleitet werden. Hierfür wäre aber eine aufwändige, sehr maschinenspezifische Programmierung erforderlich, da eine Kenntnis der Bedeutung der zur Erkennung des Betriebszustands notwendigen Daten erforderlich wäre. Die erfindungsgemäße Verarbeitungseinrichtung **88** zeichnet sich demgegenüber durch universelle Anwendbarkeit ohne an die jeweilige Maschine angepasste Programmierung aus. So ist eine Berücksichtigung von Details der Bestellkombination **10** nicht erforderlich, weshalb die Verarbeitungseinrichtung **88** ohne Neuprogrammierung auch an einem Traktor mit einer Spritze oder einer Sämaschine einsetzbar wäre. Durch die HMM-Verarbeitung kann weiterhin die zeitliche Abhängigkeit der Zustände beobachtet werden.

[0035] Der Betrieb der Verarbeitungseinrichtung **88** erfolgt wie in der **Fig. 3** dargestellt. Nach dem Start und der Initialisierung im Schritt S100 folgt der Schritt S102, in dem Daten für die Festlegung eines Modells evaluiert werden. Es wird somit ein Modell bestimmt,

das die jeweilige Betriebsart des Traktors **18** charakterisiert. Die dafür verwendeten Daten können über die Busleitung (insbesondere Signale der Sensoren **70**, **74**, **82** und den Sollzustand der Aktoren **84** und **86**), vom Positionsbestimmungssystem **62** oder aus anderen Berechnungen abgeleitet werden (S104). Mögliche Modelle wären z.B. „Feldarbeit“, „Straßenfahrt“, „Wartung“, „Annäherung an Vorgewende“. Die Entscheidung für eines der Modelle kann beispielsweise unter Verwendung der Signale des Positionsbestimmungssystems **62** und/oder des Geschwindigkeitssensors **74** erfolgen, wobei anhand der Signale des Positionsbestimmungssystems **62** die Region und das Land des Traktoreinsatzes (und daraus ggf. spezifische, ländertypische Vorgehensweisen bei der Feldarbeit) und/oder die Position des Traktors **18** gegenüber den Feldgrenzen abgeleitet werden können. Falls vorhanden, kann auch die Position eines Schalters zur Umschaltung zwischen Straßen- und Feldarbeit erfasst werden, der z.B. in der Bedieneingabe-einrichtung **68** integriert sein kann. Bei Wartungsarbeiten ist typischerweise eine Klappe geöffnet, deren Position erfasst werden kann, oder es wird erfasst, ob der Traktor **18** selbsttätig oder manuell gelenkt wird.

[0036] Es folgt der Schritt S106, in dem abgefragt wird, ob ein neues Modell verwendet werden soll, was anhand des bisherigen Modells und des im Schritt S102 bestimmten Modells entschieden wird. Wird ein neues Modell benötigt, folgt der Schritt S108, in dem aus einer Modelldatenbank (S110) – abhängig vom im Schritt S102 determinierten Modell – die dem Modell zugehörige Zustandsübergangsmatrix A und der Eingangszustand π ausgelesen werden.

[0037] Auf den Schritt S108 folgt dann der Schritt S112, in welchem dem Hidden-Markov-Modell **94** einerseits die externen Beobachtungen (Schritt S114) zugeführt werden, die von der Fuzzy-Klassifizierung **92** stammen. Der Schritt S114 kann optional Daten aus dem Schritt S104 (mit-)verwenden. Zusätzlich können Daten von einer Maschinenüberwachung, wie sie üblicherweise für telemetrische Zwecke zur Fernüberwachung des Maschinenzustands verwendet wird (Kontrolle von Motordrehzahl, Motortemperatur, Kraftstoffverbrauch etc.), einer Sensorzustandsüberwachung, die Ausgangswerte der Sensoren auf Plausibilität überprüft, und/oder einer Bedienerüberwachung, die mit einer Kamera in der Kabine die Tätigkeiten und Eingaben des Bedieners erfasst, im Schritt S114 erfasst und dem Schritt S112 zugeführt werden. Diese Daten dienen dem Hidden-Markov-Modell als Beobachtungen. Andererseits werden diese Daten neuerungsgemäß dazu verwendet, die jeweils benötigten Elemente einer Spalte der jeweils verwendeten Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B für das Hidden-Markov-Modell online zu evaluieren. Die Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B werden somit nicht aus einer vorab abgespeicherten Datenbank entnommen, sondern an-

hand der aktuellen Beobachtungen evaluiert. Das hat den Vorteil, dass variierenden Qualitäten der Sensoren und Unsicherheiten der Messwerte Rechnung getragen werden kann, auch können Auswirkungen von Sensorausfällen, Temperaturabhängigkeiten, Überhitzungen etc. ausgeglichen werden.

[0038] Der Schritt S112 wird auch durchlaufen, wenn der Schritt S106 ergeben hat, dass kein neues Modell zu verwenden ist.

[0039] Auf den Schritt S112 folgt der Schritt S116, bei dem es sich um den Vorwärtsschritt eines „Forward-Backward-Algorithmus“ zur Auswertung des Hidden-Markov-Modells handelt. Es folgt der Schritt S118, in dem eine Skalierung der Zustandswahrscheinlichkeiten erfolgt, und der Schritt S120, in welchem die im Schritt S118 erhaltenen Daten in einen Stapelspeicher eingeschrieben werden. Im Schritt S122 werden dann die Bedingungen für den Nachverfolgungsschritt (Backtracking) zur Auswertung des Hidden-Markov-Modells berechnet. Es wird hierzu beispielsweise bestimmt, ob noch derselbe Zustand vorliegt wie beim letzten Durchlauf des Schritts S122 (d.h. alle Zustände denselben Vorgänger haben), ob der Stapelspeicher komplett gefüllt ist, ob der Traktor **18** ausgeschaltet ist, ob Datenverkehr auf der Busleitung vorliegt, ob eine Abbruchbedingung vorliegt, oder ob das Modell (Schritt S106) geändert wurde, und ob hinreichend Daten vorliegen, zwischen versteckten Zuständen zu unterscheiden. Weiterhin können die diagonalen Elemente der Zustandsübergangsmatrix A , die in Relation zur erwarteten Verweildauer in einem Zustand stehen, zur Bestimmung der Bedingungen für einen Nachverfolgungsschritt (Backtracking) verwendet werden. Ist eine oder mehrere dieser Bedingungen erfüllt, wird im nachfolgenden Schritt S124 auf den Schritt S126 weitergegangen, anderenfalls folgt wieder der Schritt S102. Es wird somit in den Schritten S122 und S124 online festgestellt, ob der Backtrackingschritt S126 durchgeführt wird oder nicht, wobei eine oder mehrere der in diesem Absatz erwähnten Konditionen abgefragt wird.

[0040] Im Schritt S126 erfolgt der Nachverfolgungsschritt (Backtracking), gefolgt vom Schritt S128, in welchem die Zustandsabschätzungsergebnisse in einem Speicher abgelegt werden. Darauf folgt der Schritt S130, in dem der Stapelspeicher zurückgesetzt wird, indem dessen Zeiger wieder auf den ersten Eintrag gelegt wird und optional alle beschriebenen Speicherelemente überschrieben werden, z.B. mit dem Wert 0 (null). Dann wird im Schritt S132 abgefragt, ob die Schleife noch einmal durchlaufen werden soll, und wenn das der Fall ist, folgt der Schritt S102, anderenfalls das Ende im Schritt S134. Auf den Schritt S128 kann (anstelle gleich zum Schritt S130 zu gehen) der Schritt S136 folgen, in welchem die ermittelten Daten (Hidden-Markov-Modell, Zustand,

Abschätzung und Ergebnisse) gespeichert und zumindest der ermittelte Betriebszustand z.B. auf der Anzeige der Bedieneingabebeeinrichtung **68** angezeigt werden.

[0041] Falls ein Stapelspeicher mit fester Größe verwendet wird, wird im Schritt 124 lediglich abgefragt, ob der Speicher voll ist und/oder eine Abbruchbedingung vorliegt und/oder der Traktor ausgeschaltet wird, und es folgt dann der Schritt 126 bzw. 102. Zu Details hinsichtlich des Viterbi-Algorithmus (Schritte S116 und S126) sei auf die Literatur verwiesen, insbesondere auf die eingangs erwähnte Veröffentlichung von L. Rabiner.

Bezugszeichenliste

S100	Start, Initialisierung
S102	Daten zur Festlegung eines Modells evaluieren
S104	externe Daten (CAN, GPS, berechnete Daten)
S106	neues Modell?
S108	Modellauswahl (Zustandsübergangsmatrix A und Eingangszustand π)
S110	Modelldatenbank für HMM
S112	Beobachtung empfangen und Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B bestimmen
S114	externe Beobachtung (Ausgang von 92 etc.)
S116	Vorwärtsschritt (Viterbi)
S118	Skalierung
S120	Stapelspeichereintrag
S122	Bedingungen für Backtracking berechnen
S124	Backtracking durchführen?
S126	Nachverfolgungsschritt (Viterbi)
S128	Abschätzungsergebnisse in Speicher schreiben
S130	Stapelspeicher zurücksetzen
S132	Schleife wieder durchlaufen?
S134	Ende
S136	Datenspeicherung und Ausgabe

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102010031344 A1 [0032]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Sebastian Blank, Georg Kormann, Karsten Berns: A Modular Sensor Fusion Approach for Agricultural Machines, XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference, Juni 2011 [0002]
- http://www.nas.boku.ac.at/fileadmin/_/H93/H931/CIOSTA_Presentations/Blank.pdf [0002]
- L. R. Rabiner, A Tutorial on Hidden-Markov-Models and Selected Applications in Speech Recognition, Proc. IEEE Vol. 77 No. 2 (Feb. 1989), S. 257 ff. [0004]

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erfassung des Betriebszustands einer Arbeitsmaschine (18, 10), umfassend:

einen oder mehrere Sensoren (70, 74, 82) zur Bereitstellung jeweils eines Ausgangswerts hinsichtlich eines aktuellen Parameters einer Komponente der Arbeitsmaschine (18, 10),

und eine mit den Sensoren (70, 74, 82) verbundene Verarbeitungseinheit (88), die programmiert ist, anhand der Messwerte des oder der Sensoren (70, 74, 82) und/oder daraus abgeleiteter Werte unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells (94) eine Information über den Betriebszustand der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten,

wobei die Verarbeitungseinheit (88) mit einer Zustandsübergangsmatrix A, Elementen einer Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B für die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung durch einen bestimmten Zustand bedingt ist und einem Vektor π zur Beschreibung eines Eingangszustands beaufschlagbar ist, um daraus den Betriebszustand S der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit (88) programmiert ist, Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B aus den Messwerten des oder der Sensoren (70, 74, 82) abzuleiten.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, wobei die Verarbeitungseinheit (88) programmiert ist, die Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B aus fuzzifizierten Messwerten von Sensoren (70, 74, 82) abzuleiten, die dem Hidden-Markov-Modell (94) als Beobachtung zuführbar sind.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Verarbeitungseinheit (88) programmiert ist, die Elemente der Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B aus Messwerten einer Sensorzustandsüberwachung zur Erfassung des Zustands von Sensoren und/oder einer Einrichtung zur Überwachung eines Bedieners abzuleiten.

4. Einrichtung zur Erfassung des Betriebszustands einer Arbeitsmaschine (18, 10), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend:

einen oder mehrere Sensoren (70, 74, 82) zur Bereitstellung jeweils eines Ausgangswerts hinsichtlich eines aktuellen Parameters einer Komponente der Arbeitsmaschine (18, 10),

und eine mit den Sensoren (70, 74, 82) verbundene Verarbeitungseinheit (88), die programmiert ist, anhand der Messwerte des oder der Sensoren (70, 74, 82) und/oder daraus abgeleiteter Werte unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells (94) eine Information über den Betriebszustand der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten,

wobei die Verarbeitungseinheit (88) mit einer Zustandsübergangsmatrix A, Elementen einer Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B für die Wahr-

rscheinlichkeit, dass eine Beobachtung durch einen bestimmten Zustand bedingt ist und einem Vektor π zur Beschreibung eines Eingangszustands beaufschlagbar ist, um daraus den Betriebszustand S der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit (88) programmiert ist, ein Modell für die jeweilige Betriebsart der Arbeitsmaschine (18, 10) anhand von Messwerten von Sensoren (70, 74, 82) und/oder eines Positionsbestimmungssystems (62) zu bestimmen und die Zustandsübergangsmatrix A und/oder den Vektor π anhand des ermittelten Modells für die Betriebsart aus einer Datenbank, in welcher unterschiedliche Zustandsübergangsmatrizen A und/oder Vektoren π für unterschiedliche Betriebsarten der Arbeitsmaschine (18, 10) abgelegt sind, auszuwählen.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, wobei die Verarbeitungseinheit (88) programmiert ist, Elemente der Zustandsübergangsmatrix A während des Betriebs zu berechnen.

6. Einrichtung zur Erfassung des Betriebszustands einer Arbeitsmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 5, umfassend:

einen oder mehrere Sensoren (70, 74, 82) zur Bereitstellung jeweils eines Ausgangswerts hinsichtlich eines aktuellen Parameters einer Komponente der Arbeitsmaschine (18, 10),

und eine mit den Sensoren (70, 74, 82) verbundene Verarbeitungseinheit (88), die programmiert ist, anhand der Messwerte des oder der Sensoren (70, 74, 82) und/oder daraus abgeleiteter Werte unter Verwendung eines Hidden-Markov-Modells (94) eine Information über den Betriebszustand der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten,

wobei die Verarbeitungseinheit (88) mit einer Zustandsübergangsmatrix A, Elementen einer Emissionswahrscheinlichkeitsmatrix B für die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung durch einen bestimmten Zustand bedingt ist und einem Vektor π zur Beschreibung eines Eingangszustands beaufschlagbar ist, um daraus den Betriebszustand S der Arbeitsmaschine (18, 10) abzuleiten,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit (88) programmiert ist, einen Nachverfolgungsschritt zur Bestimmung des Betriebszustands der Arbeitsmaschine (18, 10) nur dann auszuführen, wenn seit einem vorherigen Nachverfolgungsschritt eine andere Zustandsübergangsmatrix A und/oder ein anderer Vektor π ausgewählt wurde und/oder eine hinreichende Datenmenge zur Unterscheidung unterschiedlicher Betriebszustände vorliegt und/oder eine Änderung des Betriebszustands zu erwarten ist.

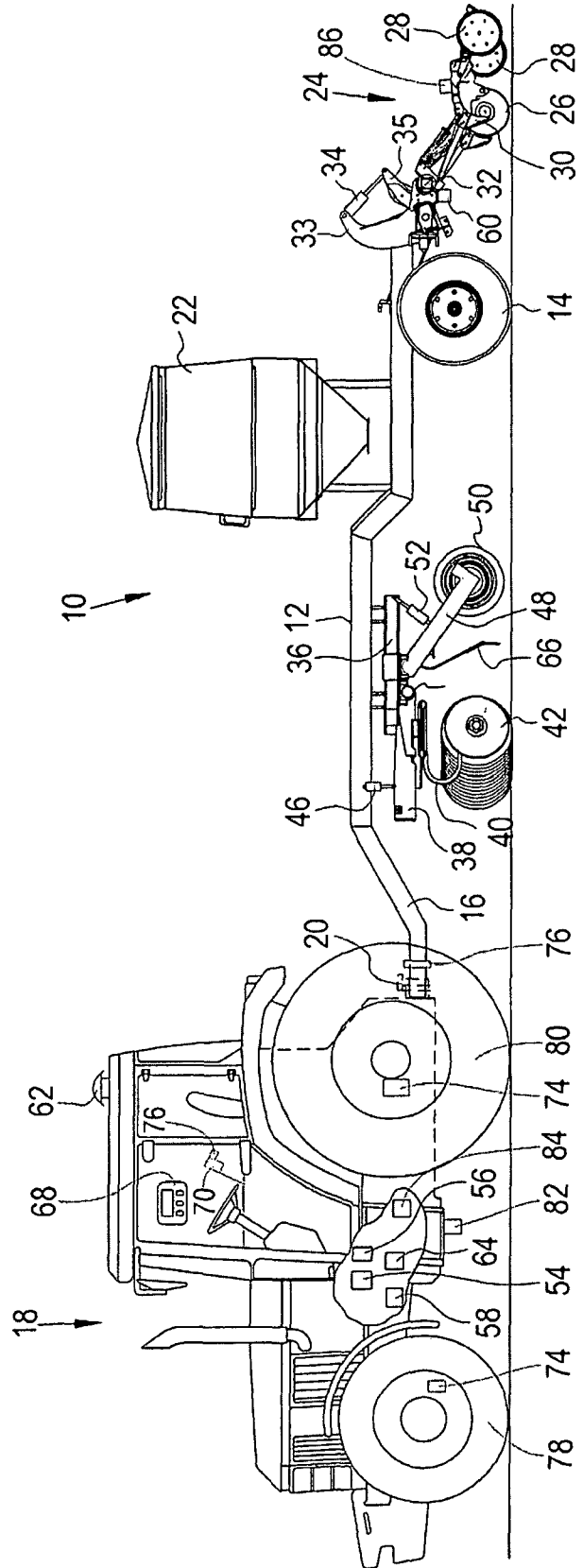
7. Einrichtung nach Anspruch 6, wobei die Verarbeitungseinheit (88) programmiert ist, den Zeitpunkt des Nachverfolgungsschritts abhängig von den Diagonalelementen der Zustandsübergangsmatrix A zu bestimmen.

8. Arbeitsmaschine (**18**, **10**), insbesondere landwirtschaftliche Arbeitsmaschine z.B. in Form eines Traktors (**18**) mit einem Arbeitsgerät (**10**) oder in Form einer Erntemaschine, mit einer Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1



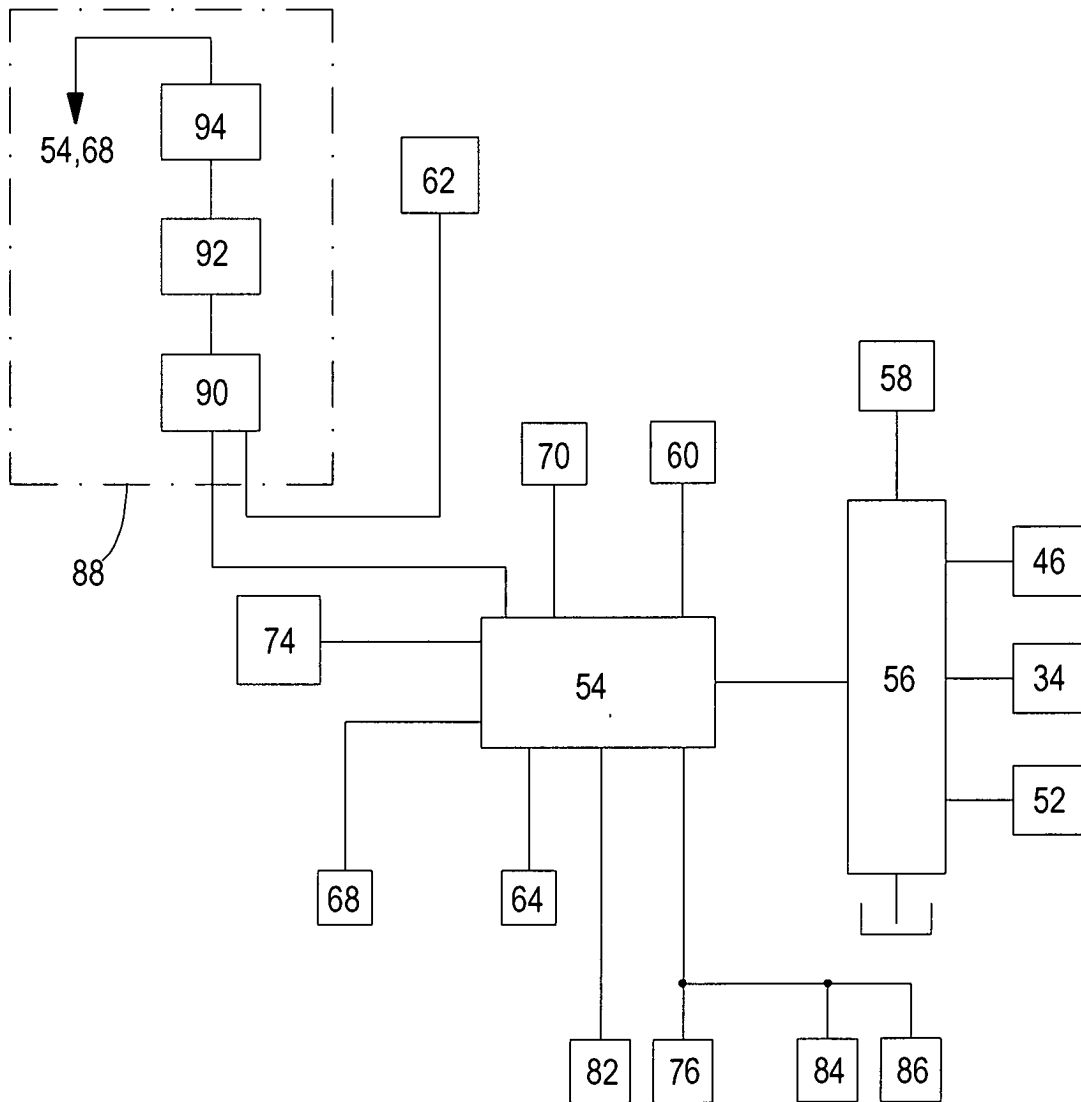


Fig. 2

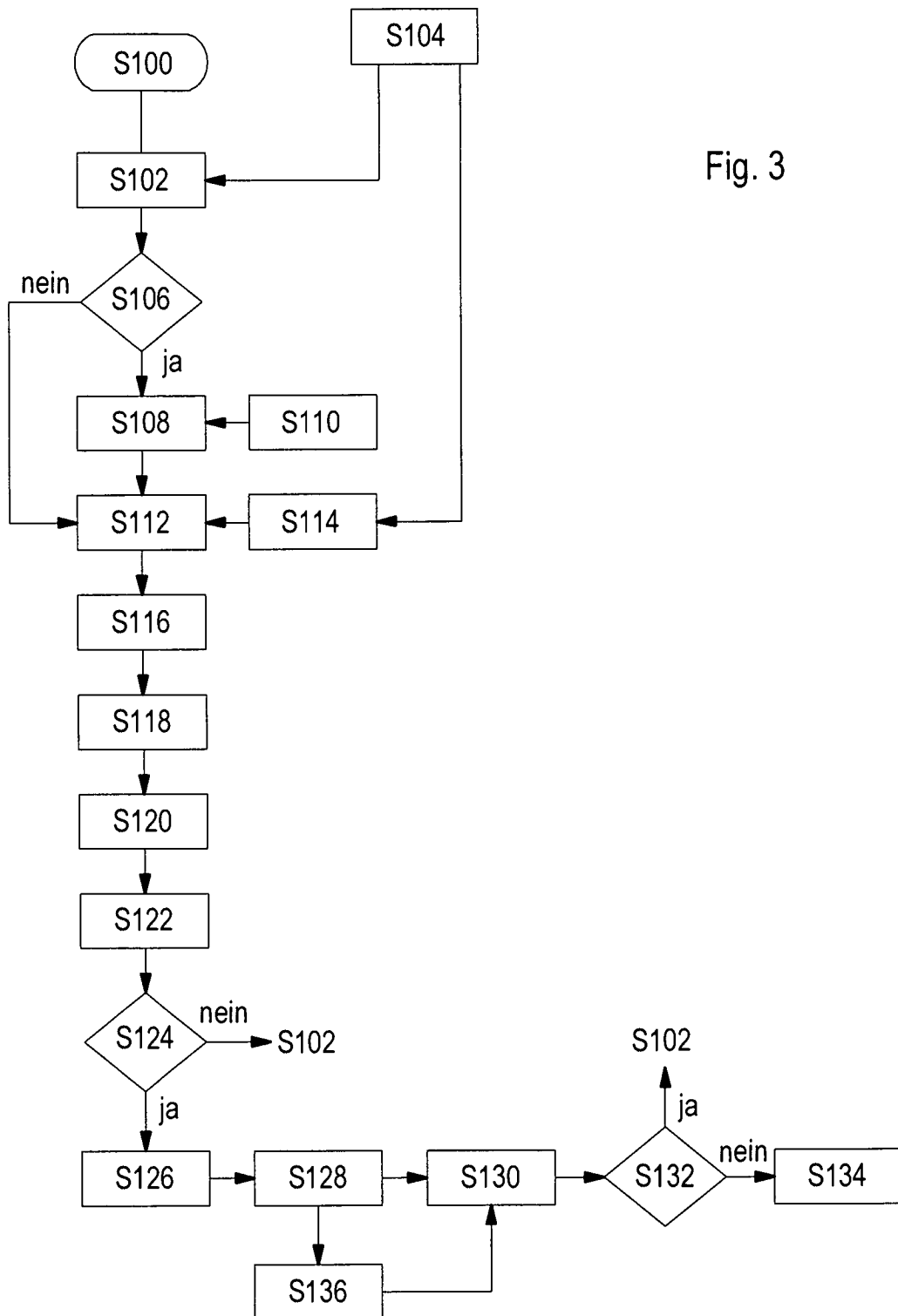


Fig. 3