



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 122 711.9**

(22) Anmeldetag: **02.09.2021**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2023**

(51) Int Cl.: **A01G 20/30 (2018.01)**

**A01G 25/16 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Haarhaus, Meinolf, 58285 Gevelsberg, DE; Oles, Markus, Dr., 45527 Hattingen, DE; Rittinghaus, Andreas, 58097 Hagen, DE**

(74) Vertreter:

**Schneiders & Behrendt PartmbB, Rechts- und Patentanwälte, 44787 Bochum, DE**

(72) Erfinder:

**Oles, Markus, Dr., 45527 Hattingen, DE; Haarhaus, Meinolf, 58285 Gevelsberg, DE; Auer, Mike, 58097 Hagen, DE; Rittinghaus, Andreas, 58097 Hagen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

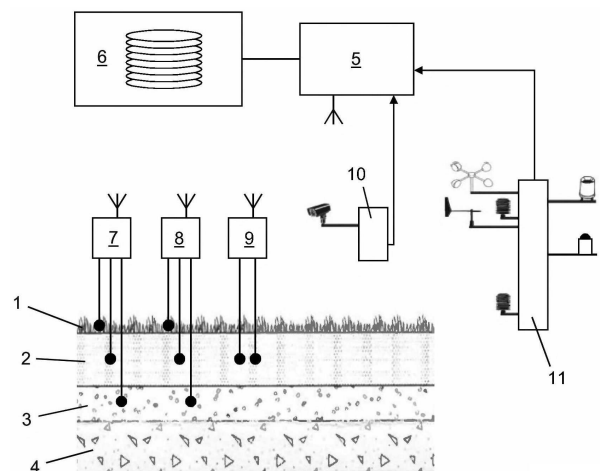
**US 2021 / 0 029 890 A1**  
**KR 10 2021 0 063 921 A**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur Pflege von Rasenflächen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein computer-gestütztes Verfahren zur Pflege von Rasenflächen, wobei mittels Sensoren (7, 8, 9, 10, 11) eine Mehrzahl von Boden- und Umgebungsparametern erfasst werden und wobei daraus Pflegemaßnahmen abgeleitet und initiiert werden. Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Ansatz aufzuzeigen, durch den unter Einsatz technischer Mittel eine kostengünstige sowie umfassende und effektive Pflege von Rasenflächen erreicht werden kann. Hierzu schlägt die Erfindung vor, dass die zu verschiedenen Zeitpunkten erfassten Boden- und Umgebungsparameter in einer Datenbank (6) in Form von Zeitreihen gespeichert werden, wobei die Pflegemaßnahmen mittels einer künstlichen Intelligenz aus den erfassten Parametern und deren zeitlichem Verlauf abgeleitet werden. Weiter betrifft die Erfindung ein System zur Unterstützung der Pflege von Rasenflächen, mit wenigstens einem Computer (5), wenigstens einer Datenbank (6) und einer Mehrzahl von mit dem Computer (5) drahtgebunden oder drahtlos verbundenen Sensoren (7, 8, 9, 10, 11) zur Erfassung von Boden- und Umgebungsparametern. Außerdem betrifft die Erfindung einen Einsatz (21) für ein Golfloch, mit einem in das Golfloch einsetzbaren, an der Oberseite offenen Ballaufnahmeopf (22).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein computergestütztes Verfahren zur Pflege von Rasenflächen, wobei mittels Sensoren eine Mehrzahl von Boden- und Umgebungsparametern erfasst werden und wobei daraus Pflegemaßnahmen abgeleitet und initiiert werden.

**[0002]** Außerdem betrifft die Erfindung ein System zur Unterstützung der Pflege von Rasenflächen, mit wenigstens einem Computer, wenigstens einer Datenbank und einer Mehrzahl von mit dem Computer drahtgebunden oder drahtlos verbundenen Sensoren zur Erfassung von Boden- und Umgebungsparametern.

**[0003]** Schließlich betrifft die Erfindung einen Einsatz für ein Golfloch, mit einem in das Golfloch einsetzbaren, an der Oberseite offenen Ballaufnahme-topf.

**[0004]** Die Pflege von Rasenflächen ist bekanntlich eine arbeits- und ressourcenintensive Aufgabe. In Parkanlagen z.B. werden Grünflächen regelmäßig gemäht und einer Grundpflege unterzogen. Sportstätten, wie z.B. Golfplätze oder Fußballplätze haben deutlich höhere Ansprüche an die Pflege. Verschiedenen Rasentypen werden unterschieden. Relevant im Hinblick auf die regelmäßige Pflege sind insbesondere die sogenannten Mehrschnittrasen. Dazu werden alle Rasenarten gezählt, die einer bestimmten Nutzung durch den Menschen dienen. Zu erwähnen sind folgende Rasenarten: Zierrasen, Gebrauchsrasen, Strapazierrasen, Landschaftsrasen. Zu den anspruchsvollsten Typen gehört der Tiefschnitttrassen, der streng genommen als eigene Rasenart gezählt werden kann. Er wird typischerweise bei Golf- und Bowlinggrüns sowie anderen speziellen Rasenflächen eingesetzt. Seine Eigenschaften zeichnen sich durch eine sehr hohe Tiefschnitttoleranz aus. Schnitthöhen von 3,5-10 mm sind hier je nach Pflegezustand erreichbar. Der Pflegeaufwand ist sehr hoch und sehr zeitaufwendig. Zierrasen dient insbesondere der Repräsentation. Seine dichte, teppichartigen Nabe aus sehr feinen Gräsern ist aber wenig belastbar. Der Pflegeaufwand dagegen ist hoch bis sehr hoch. Gebrauchsrasen wird vornehmlich im öffentlichen Grün und in Wohnsiedlungen angebaut. Seine Belastbarkeit ist mittel bis hoch, dabei weist er eine gute Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit auf. Die Pflegeansprüche an diesen Rasentyp sind mittelhoch. Strapazierbare Rasentypen werden in Sport und Spielflächen sowie als Liegewiese verwendet. Seine Belastbarkeit ist hoch und der Rasen ist ganzjährig nutzbar. Exemplarisch seien hier Fußballplätze und Golfanlagen genannt, auf die sich die Erfindung insbesondere bezieht.

**[0005]** Golfplätze, die zum größten Teil aus Rasenflächen bestehen, haben eine typische Größe von 60-75 ha. Auf der Anlage sind typischerweise verschiedene Rasensorten zu finden. Je nach Funktion werden verschiedene Rasensorten auf dem Golfplatz verwendet, die auch unterschiedliche Anforderungen an die Pflege, Bewässerung und Grundpflege haben. Auch der Aufbau unterscheidet sich von Fläche zu Fläche. Im Bereich der Abschläge („Tees“) wird ein Strapazierrasen verwendet. Seine Schnitthöhe beträgt 10-16 mm. Die Schnitthäufigkeit liegt bei 2-3-mal pro Woche. Eine Bewässerung für diese Flächen ist je nach geographischer Lage erforderlich. Die Spielbahn („Fairway“) benötigt ebenfalls einen sehr strapazierfähigen Rasen. Die Schnitthöhe ist hier höher und liegt bei 10-20 mm, die Schnitthäufigkeit ist etwas geringer, 1-3-mal pro Woche. In der Regel wird diese Fläche nur selten bewässert, da der Wasserbedarf für die gesamte Anlage sonst sehr hoch wäre. Neben den Spielbahnen befinden sich außerhalb der eigentlichen Spielfläche weitere Gräser („Rough“), aber auch Wälder oder Sträucher. Auch diese Bereiche bedürfen einer gesonderten Pflege, da sie das Mikroklima des Platzes wesentlich mit beeinflussen können. Die Anforderungen an die Pflege sind hier allerdings nicht so hoch wie die auf den übrigen Rasenflächen. Zu den anspruchsvollsten Rasenflächen gehören das Vorgrün und das Grün. Die Schnitthäufigkeit liegt im Vorgrünbereich bei 3-4-mal pro Woche und ist damit deutlich höher als auf den zuvor genannten Rasenflächen. Typischerweise wird eine Schnitthöhe von 10-16 mm vorgenommen. Eine regelmäßige Düngung und Bewässerung sind notwendig. Dies erfolgt in der Regel über automatische Bewässerungsanlagen. Noch anspruchsvoller als das Vorgrün ist das Grün. Hier beträgt die Schnitthöhe nur 3,5-5 mm. Die Schnitthäufigkeit liegt bei 5-7 Mal pro Woche. Als Rasen wird ein Tiefschnitttrassen verwendet. Insbesondere die Be- und Entwässerung des Grüns ist kritisch. Die Grüns werden im Spiel stark beansprucht. Insbesondere wird der Boden im Laufe der Zeit immer stärker verdichtet, da Spieler das Grün betreten und **Maschinen** den Bereich des Grüns regelmäßig befahren. Die Verdichtung des Bodens wirkt sich nicht nur auf die physikalischen Eigenschaften des Rasens aus, sondern auch auf die darunter liegenden Schichten und damit auf den Wasserhaushalt. Diese Fläche ist besonders pflegeintensiv, da sie eine möglichst homogene Oberfläche aufweisen soll. In den wärmeren Monaten des Jahres benötigen diese Flächen immer eine intensive Bewässerung.

**[0006]** Auf Golfplätzen, sind regelmäßige Arbeiten für die Pflege der Rasenflächen durchzuführen. Diese lassen sich grob in vier Kategorien einteilen:

### 1. Grundpflege:

Zu dieser Kategorie gehören alle Pflegemaßnahmen, die als Voraussetzung für ein Wachs-

tum des Rasens grundsätzlich notwendig sind. Hierzu zählen das Mähen der Oberfläche, die ausreichende Versorgung mit Nährstoffen durch Düngung sowie die Bewässerung.

## 2. Erhaltungspflege:

Zu dieser Kategorie zählen alle standortspezifischen Maßnahmen, die zur Instandhaltung der Rasenfläche dienen und regelmäßig durchgeführt werden müssen. Im Einzelnen zählen hierzu das sogenannte Vertikutieren, das dem Filzabbau der Rasenschicht dient, das Topdressing (Sanden) zum Einebnen der Flächen und zur Verbesserung der Durchlässigkeit des Bodens für Wasser, und der Pflanzenschutz (durch Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln/-Schädlingsbekämpfungsmitteln) zum Bestandserhalt.

## 3. Regeneration:

Hierzu gehört die Wiederherstellung einer geschlossenen Rasendecke durch geeignete Maßnahmen. Sie wird bei Bedarf durchgeführt. Zu ihr zählen im Einzelnen das Aerifizieren sowie das Schlitzten zur Bodenverbesserung, die Nachsaat zur Bestandsoptimierung und das Besanden zur Abmagerung der Oberflächen.

## 4. Renovation:

Sie dient zur Wiederherstellung der vollen Funktionsfähigkeit der verschiedenen Schichten des Bodenaufbaus der Rasenfläche und verbessert insbesondere die Durchlässigkeit der Rasendecke und der Oberzonen der Rasentragschicht. Zu ihr gehört die Tiefenlockerung zur Aktivierung der Wurzeln, der Drainageeinbau zur Wasserabführung und das Besoden zur Bestandsumstellung/-wiederherstellung.

**[0007]** Diese Pflegemaßnahmen werden in der Regel bei Bedarf und auf der Grundlage des Expertenwissens und der Erfahrung der zuständigen Gärtner und Greenkeeper durchgeführt und initiiert. Sie dienen dem normalen Erhalt und insbesondere der Vorbeugung gegen Rasenkrankheiten, Schädlinge und die Ausbreitung von Fremdarten. Sie sind Teil einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Golfplätzen. Hierin liegt ein wesentlicher Nachteil. Für die erfolgreiche Pflege von Rasenflächen sind Wissen und Erfahrung der Gärtner/Greenkeeper heutzutage zwingend erforderlich. Die Art, der Umfang und der richtige Zeitpunkt der Durchführung der genannten Pflegemaßnahmen beeinflussen die Qualität und den Zustand der Rasenfläche. Dabei haben verschiedene Faktoren einen Einfluss, wie die Jahreszeit, das Wetter, die Niederschlagsmenge, die Temperatur, die Luft- und Bodenfeuchtigkeit, die Anzahl der bereits erfolgten Rasenschnitte, die Belegung z.B. eines Golfplatzes, d.h. die Intensität der Bean-

spruchung etc.. Werden diese Faktoren nicht oder nicht richtig berücksichtigt, wirkt sich dies negativ auf den Zustand der Rasenfläche aus. Der Erfolg bei der Pflege von Rasenflächen, auf den es z.B. bei dem Betrieb eines Golfplatzes entscheidend ankommt, steht und fällt somit damit, dass professionelle Gärtner und/oder Greenkeeper beschäftigt werden, die das erforderliche Wissen und die Erfahrung haben, um die richtigen Pflegemaßnahmen zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Art und Weise durchzuführen. Dies führt zu hohen Kosten. Außerdem können selbst die genannten Fachleute, z.B. aufgrund unzureichender Erfahrung mit den jeweiligen lokalen Gegebenheiten, Fehler machen, die sich negativ auf den Zustand der Rasenfläche auswirken.

**[0008]** Die US 2018/0262571 A1 offenbart die automatische Steuerung von Bewässerung und Beleuchtung von Pflanzen mittels künstlicher Intelligenz auf Basis von erfassten Sensordaten, bei denen es sich u.a. um Daten der Luft- und Bodenfeuchte, Luft- und Bodentemperatur, pH-Wert, Stickstoffgehalt, Salzgehalt, Niederschlag, Wind, Lichteinfall sowie um Bildaten der Pflanzen handelt. Beschrieben ist eine vollständige Automatisierung, d.h. es werden automatisch Bewässerung und Beleuchtung gesteuert. Das vorbekannte Verfahren berücksichtigt in nachteiliger Weise nur einen Teil der erforderlichen Pflegemaßnahmen und strebt dabei eine vollständige Automatisierung an. Die Mehrzahl der Pflegemaßnahmen (s.o.), deren erfolgreiche Durchführung besonders auf Wissen und Erfahrung von Fachleuten angewiesen ist, lässt sich allerdings nicht (vollständig) automatisieren, wie z.B. das Mähen, das Düngen, das Vertikutieren, die Nachsaat, das Aerifizieren, die Besodung, etc., insbesondere auf Golfplätzen. Außerdem berücksichtigt die vorbekannte Methode nicht den Zeitverlauf der erfassten Parameter. Es zeigt sich jedoch, dass es bei der Rasenpflege insbesondere auf den Zeitverlauf, d.h. auf die zeitlichen Änderungen der erfassten Boden- und Umgebungsparameter ankommt, um die richtigen Pflegemaßnahmen zum richtigen Zeitpunkt zu initiieren.

**[0009]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Ansatz aufzuzeigen, durch den unter Einsatz technischer Mittel eine kostengünstige sowie umfassende und effektive Pflege von Rasenflächen erreicht werden kann.

**[0010]** Diese Aufgabe löst die Erfindung ausgehend von einem computergestützten Verfahren der eingangs genannten Art dadurch, dass die zu verschiedenen Zeitpunkten erfassten Boden- und Umgebungsparameter in einer Datenbank in Form von Zeitreihen gespeichert werden, wobei die Pflegemaßnahmen mittels einer künstlichen Intelligenz aus den erfassten Parametern und deren zeitlichem Verlauf abgeleitet werden.

**[0011]** Kern der Erfindung ist die Erfassung von Boden- und Umgebungsparametern der Rasenfläche zu verschiedenen Zeitpunkten und die Speicherung der Parameter als Zeitreihen in einer Datenbank. Eine zuvor geeignet trainierte künstliche Intelligenz, z.B. in Form eines neuronalen Netzes (Deep Learning Network), leitet dann aus diesen Zeitreihen die Initiierung, d.h. die Art und den Zeitpunkt der durchzuführenden Pflegemaßnahmen ab. Damit wird nicht (nur) der jeweils aktuelle Wert der erfassten Parameter berücksichtigt, sondern deren zeitlicher Verlauf ist maßgebend. Durch die Berücksichtigung der Zeitreihen kommt es erfindungsgemäß vor allem auf die relativen Veränderungen der Parameter an. Dies hat den Vorteil, dass die Absolutwerte der Parameter von untergeordneter Bedeutung sind. Auf eine aufwendige, präzise kalibrierte Sensorik kann verzichtet werden. Der Vorteil der Erfindung liegt aber insbesondere darin, dass auf Expertenwissen von Gärtnern oder Greenkeepern bei der Pflege der Rasenfläche nicht oder nur in verminderter Form zurückgegriffen werden muss. Alle relevanten Pflegemaßnahmen, ob automatisierbar oder nicht, können berücksichtigt werden. Bestimmte Pflegemaßnahmen (z.B. die Bewässerung der Rasenfläche) können durch das erfindungsgemäße Verfahren automatisiert gesteuert werden. Andere Pflegemaßnahmen können durch eine entsprechende Ausgabe/Anweisung des Computersystems initiiert werden. Die Durchführung erfolgt dann auf die Ausgabe/Anweisung hin manuell durch menschliches Personal. Dieses Personal muss nur in der Durchführung der Maßnahmen geschult sein, benötigt aber kein vertieftes Expertenwissen, um über den richtigen Zeitpunkt einer bestimmten Pflegemaßnahme entscheiden zu können. Außerdem können durch die Erfindung Fehler bei der Pflege vermieden werden.

**[0012]** Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Daten zu Art und Zeitpunkt tatsächlich durchgeführter Pflegemaßnahmen ebenfalls in der Datenbank gespeichert. Die entsprechenden Daten können dem computergestützten Verfahren in Form eines Protokolls digital verfügbar gemacht werden. Die künstliche Intelligenz kann dann über die in der Vergangenheit aufgenommenen Zeitreihen in einer Trainingsphase angelernt (trainiert) werden, wobei als Trainingsdaten für den Lernprozess jeweils die durchgeführten Pflegemaßnahmen (z.B. als Ausgabedaten des neuronalen Netzes) zu dem zeitlichen Verlauf der erfassten Boden- und Umgebungsparameter (als Eingabedaten des neuronalen Netzes) in Beziehung gesetzt werden.

**[0013]** Bei einer weiteren Ausgestaltung können außerdem Zustandsdaten der Rasenfläche zu verschiedenen Zeitpunkten erfasst und in der Datenbank als Zeitreihen gespeichert werden. Die

Zustandsdaten können dabei zumindest eine oder mehrere der folgenden Angaben umfassen: Flächenanteil von Kahlstellen, Vorkommen von Blüten, Vorkommen von Unkräutern, Vorhandensein von Rasenerkrankungen, Schädlingsbefall, Wurzeltiefe, Dicke der Rasenfilzschicht, Rasenfarbe, Farbhomogenität der Rasenfläche. Diese Zustandsdaten können zweckmäßig ebenfalls als Trainingsdaten der künstlichen Intelligenz verwendet werden. Die entsprechenden Daten können dem computergestützten Verfahren entweder in Form von sensorisch erfassten Messwerten oder in Form eines manuell eingegebenen Protokolls digital verfügbar gemacht werden. Die künstliche Intelligenz kann dann über die in der Vergangenheit aufgenommenen Zeitreihen angelernt (trainiert) werden, wobei als Trainingsdaten für den Lernprozess wiederum jeweils die durchgeführten Pflegemaßnahmen (z.B. als Ausgabedaten des neuronalen Netzes) zu dem zeitlichen Verlauf der erfassten Boden- und Umgebungsparameter und der Zustandsdaten (als Eingabedaten des neuronalen Netzes) in Beziehung gesetzt werden. Die Einbeziehung der Zustandsdaten ist besonders sinnvoll, weil diese beim Training des neuronalen Netzes direkt die Berücksichtigung des Zustands und der zeitlichen Veränderungen des Zustands der Rasenfläche sowie der Auswirkungen der durchgeführten Pflegemaßnahmen ermöglichen und somit eine besonders zuverlässige Initiierung der jeweils richtigen Pflegemaßnahmen zu einem bestimmten Zeitpunkt sichergestellt werden kann.

**[0014]** Weiter können Wetterdaten und/oder Klimadaten als Zeitreihendaten in der Datenbank gespeichert werden. Die Wetterdaten können lokal (z.B. mittels einer geeigneten Wetterstation) gemessen oder automatisiert aus dem Internet von Wetterdiensten heruntergeladen werden. Der zeitliche Verlauf der Wetterdaten kann ebenfalls beim Anlernen der künstlichen Intelligenz berücksichtigt werden.

**[0015]** Die trainierte künstliche Intelligenz ist dann in der Lage, sowohl aktuelle Wetterdaten als auch Wetterprognosen bei der Initiierung von Pflegemaßnahmen zu berücksichtigen. Z.B. kann angekündigter Niederschlag dazu führen, dass die künstliche Intelligenz eine aufgrund des Verlaufes der Boden- und Luftfeuchtigkeitsmessdaten an sich erforderliche Bewässerung nicht initiiert, um eine sich nach dem späteren Niederschlag einstellende Überbewässerung der Rasenfläche, die sich auf deren Zustand negativ auswirken würde, zu vermeiden. Alternativ oder ergänzend können langfristige Klimadaten von der künstlichen Intelligenz mit Vorteil verwendet werden, um Pflegemaßnahmen mit längerfristiger Auswirkung zu initiieren.

**[0016]** Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden wenigstens die folgenden Bodenparameter sensorisch erfasst: Feuchtigkeit in

einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen, Temperatur in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen. Gleichzeitig sollten zumindest die folgenden Umgebungsparameter erfasst werden: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, vorzugsweise jeweils in unterschiedlichen Höhen über dem Boden. Auf Basis dieses minimalen Umfangs an sensorisch erfassten Parametern ist eine sinnvolle Steuerung der Pflegemaßnahmen auf Basis der künstlichen Intelligenz bereits möglich. Bei weiter fortgeschrittenen Ausgestaltungen wird wenigstens einer der folgenden weiteren Bodenparameter sensorisch erfasst: Nährstoffgehalt (z.B. Stickstoffgehalt), pH-Wert, CO<sub>2</sub>-Gehalt, O<sub>2</sub>-Gehalt, elektrische Leitfähigkeit. Ebenso kann wenigstens einer der folgenden weiteren Umgebungsparameter erfasst werden: Bestrahlungsstärke der Sonne (z.B. per Pyranometer), Windstärke, Niederschlagsmenge, Pollenflug (z.B. durch Erfassung der Zahl der Gräserpollen pro Volumeneinheit der Umgebungsluft), Windrichtung, UV-Index (ggf. aufgeschlüsselt nach UV-A, UV-B, UV-C-Strahlung), Begehungsintensität (z.B. durch Erfassung der Zahl der Spieler auf dem Golfplatz je Tag), Härtegrad des Bewässerungswassers. Geeignete Sensoren sind dem Fachmann geläufig und kommerziell verfügbar.

**[0017]** Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden wenigstens die folgenden Pflegemaßnahmen mittels der künstlichen Intelligenz aus den in der Datenbank gespeicherten Daten abgeleitet: Mähen, Bewässern, Düngen. Bei einer weiter fortgeschrittenen Ausgestaltung wird zusätzlich wenigstens eine der folgenden weiteren Pflegemaßnahmen mittels der künstlichen Intelligenz aus den in der Datenbank gespeicherten Daten abgeleitet: Vertikutieren, Nachsaat, Schlitzen, Aerifizieren, Sanden, Bürsten, Tiefenlockerung, Wurzelaktivierung, Ausbringen von Pflanzenschutzmittel, Schädlingsbekämpfung, Drainageeinbau, Besodung.

**[0018]** Beim Mähen wird grundsätzlich die Wuchshöhe der Rasenfläche reduziert. Hierbei wird in der Regel eine Drittel- Regel angewendet, d.h. es sollte maximal ein Drittel der Wuchshöhe des Rasens abgemäht werden. Mähen sichert eine homogene Oberfläche und beeinflusst das Wurzelwachstum.

**[0019]** Die Düngung stellt sicher, dass der Boden optimal mit Nährstoffen versorgt wird. Sie stellt nicht nur einen optimalen Wuchs der Gräser der Rasenfläche sicher, sondern wirkt auch auf die Dichte, Farb- aspekte sowie auf Pilzbewuchs und Trockenresistenz, sowie auf das Unkrautverdrängungsvermögen ein. Die Ermittlung der Düngerart und -menge ist abhängig von den biochemischen Prozessen im Rasen, die erfindungsgemäß anhand der erfassten Bodenparameter festgestellt werden können.

**[0020]** Abgestorbenes organisches Material bildet eine Filzschicht in der Rasenschicht aus. Diese muss regelmäßig durch Vertikutieren entfernt werden. Die Filzschicht entsteht beispielsweise durch nicht zersetzbare Schnittgutreste. Die Filzschicht speichert bis zu 10 l Wasser pro cm<sup>2</sup> Rasenfilz. In ihr können sich Erreger von Rasenkrankheiten festsetzen. Darüber hinaus führt die erhöhte Wasserspeicherung im Winter zu einer höheren Eisbildung und damit zu einer höheren Krankheitsanfälligkeit (z.B. Schneeschimmel). Darüber hinaus wird der Gasaustausch in den tieferen Schichten reduziert. Insbesondere die sich im Laufe der Zeit erhöhende Wasserspeicherung in den oberen Rasenschichten auch die Bildung einer Eisschicht kann erfindungsgemäß sensorisch erfasst werden. Hierbei sind insbesondere die zeitlichen Veränderungen relevant und liefern Anlass für Pflegemaßnahme wie Vertikutieren, aber auch beispielsweise nötige Düngungen, Aerifizieren oder Besadungen.

**[0021]** Durch die hohe Belastung der Oberflächen von Golf-Rasenflächen durch Maschinen und Spieler wird der Boden verdichtet und ändert seine Eigenschaften. Die Verdichtung des Bodens führt zu einem schwächeren Gasaustausch und somit zu weniger Sauerstoff in Boden und einer Anreicherung von Kohlendioxid. Darüber hinaus wird das Wasser schlechter abgeleitet und es bildet sich Stauässe. Insbesondere Grüns müssen deshalb regelmäßig belüftet und gelockert werden. Dies geschieht durch Aerifizieren, z.B. durch lochende Verfahren, Schlitzen oder Spalten und anschließendes Verfüllen der Löcher bzw. Spalten mit Sand.

**[0022]** Die Erfindung nutzt u.a. die nachfolgend erläuterten Einsichten und Erkenntnisse, die die prinzipiellen kausalen Zusammenhänge zwischen den oben angeführten Boden- und Umgebungsparametern und den durchzuführenden Pflegemaßnahmen betreffen. Diese Zusammenhänge ermöglichen den Einsatz der künstlichen Intelligenz, die auf einem Modell basiert, welches den zeitlichen Verlauf der Boden- und Umgebungsparameter (und optional den zeitlichen Verlauf des erfassten Zustands der Rasenfläche) zu den Daten betreffend Art und Zeitpunkt durchzuführender Pflegemaßnahmen in Beziehung setzt. Ein entsprechendes Training einer künstlichen Intelligenz während einer Trainingsphase kann durch maschinelles Lernen anhand gespeicherter (historischer) Zeitreihendaten durchgeführt werden. Die künstliche Intelligenz ist dann erfolgreich dazu in der Lage, die richtigen Pflegemaßnahmen zum jeweils richtigen Zeitpunkt selbsttätig zu initiieren, ohne dass es dazu der Erfahrung und des Expertenwissens von Gärtnern/Greenkeepern bedarf.

**[0023]** Beispielsweise aus der erfassten Bodenfeuchtigkeit des Grüns, der Uhrzeit, der Wetterprog-

nose, der Temperatur und dem Datum (Jahreszeit/Wachstumsphase) kann die künstliche Intelligenz auf die richtige Bewässerungsmenge und den optimalen Zeitpunkt schließen. Über die Frequenzen und Intensität der Bewässerung kann auch eine Wurzelaktivierung eingeleitet werden, es wird dann weniger bewässert, so dass sich die Wurzeln in tiefere Schichten entwickeln. Auf die Ermittlung des Bewässerungszeitpunktes und der Wassermenge wirken sich die erfasste Feuchtigkeit im Boden und in der Luft, sowie die Temperatur im Boden und in der Luft vornehmlich aus. Die Windgeschwindigkeit (Trocknung), das Datum, die Uhrzeit, aber auch die Sonneneinstrahlung und die Wetterprognose können zusätzlich berücksichtigt werden.

**[0024]** Aus den Daten betreffend Umgebungstemperatur, Bodentemperatur, Feuchtigkeit, Pollenflugintensität, Jahreszeit und/oder Sonneneinstrahlung kann - jeweils einzeln oder in Kombination - auf die Vegetationsphase und das Wachstumsverhalten und die Wachstumsgeschwindigkeit der in der Rasenfläche vorkommenden Gräser geschlossen werden. Auf dieser Basis kann die künstliche Intelligenz Mähvorgänge initiieren.

**[0025]** Aus dem zeitlichen Verlauf der Bodenfeuchtigkeit in verschiedenen Bodentiefen (z.B. nach einer Beregnung oder Bewässerung) kann die künstliche Intelligenz auf die Versickerungsgeschwindigkeit des Wassers und damit auf die Verdichtung des Bodens schließen. Ein unmittelbarer kausaler Zusammenhang besteht hier zwar nicht. Aus der zeitlichen Entwicklung der Versickerungsgeschwindigkeit kann die künstliche Intelligenz jedoch nach entsprechendem Training den richtigen Zeitpunkt für Maßnahmen einer Bodenauflockerung/Tiefenauflockerung vorgeben.

**[0026]** Rasenflächen leiden sehr durch Betreten im gefrorenen Zustand. Anhand der erfassten Sensordaten kann festgestellt werden, ob Grüns eines Golfplatzes gefroren sind. In diesem Fall können Sie automatisch gesperrt werden. Z.B. kann in abgestufter Weise die Zahl der Spieler begrenzt werden, das Befahren mit Golfcarts untersagt werden oder der Platz ganz gesperrt werden. Auch dies kann als Pflegemaßnahme im Sinne der Erfindung angesehen werden. Die Dauer und der Verlauf des Bodenfrostes lassen außerdem Rückschlüsse auf die Gefahr von Schädlingsbefall zu. Eine direkte Kausalität existiert wiederum nicht. Dennoch ist die künstliche Intelligenz erfindungsgemäß dazu in der Lage, geeignete Pflegemaßnahmen (z.B. Schädlingsbekämpfung) automatisch einzuleiten.

**[0027]** Rasenflächen leiden ebenfalls sehr durch Betreten im sehr nassen Zustand. Dies betrifft alle Bereiche eines Golfplatzes. Aus der Niederschlagsmenge und der Luft- und/oder Bodenfeuchtigkeit

kann abgeleitet werden, wie feucht die Rasenfläche ist und ob ggf. spezielle Schutzmaßnahmen notwendig sind. So kann - im Falle eines Golfplatzes - im ersten Schritt das Befahren mit Golfcarts untersagt werden, bei noch höherer Feuchtigkeit auch die Verwendung von Golftröleys und schlussendlich kann der Platz ganz gesperrt werden.

**[0028]** Sogenanntes Bürsten bzw. Grooming wird bei besonders tief gemähten Rasenflächen zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften eingesetzt. Dabei werden die Grashalme mittels einer Bürste aufgerichtet, damit sie anschließend geschnitten werden können. Neben einem sauberen Schnitt werden mit diesem Verfahren auch aufgebrauchtes Saatgut oder Sand gleichmäßig auf der Oberfläche verteilt. In den Morgenstunden kann mit den Bürsten auch der Morgentau entfernt werden. Beim Golfsport hat dieses Verfahren unmittelbaren Einfluss auf das Rollverhalten und die Rollgeschwindigkeit von Bällen auf dem Grün (die mit dem sog. Stimpfmeter gemessen wird). Den richtigen Zeitpunkt für Bürsten/Grooming kann die künstliche Intelligenz aus den Daten der Bodenfeuchtigkeit, der Umgebungsfeuchtigkeit, des Taupunktes (errechnet aus Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit), der Bodentemperatur, der Jahreszeit, der Sonneneinstrahlung und der ebenfalls in der Datenbank erfassten Belegung des Golfplatzes ermitteln und die Pflegemaßnahme entsprechend gezielt initiieren. Dabei kann berücksichtigt werden, ob eine Wurzelaktivierung erfolgen soll. Ebenso kann die erfasste Rollgeschwindigkeit (Stimpfmeter) berücksichtigt werden.

**[0029]** Der Rasenfilz verändert die Wasseraufnahme- und -speicherkapazität der Rasenfläche. Auch der Gasaustausch zwischen Boden und Luft wird verändert. Ein Vertikutieren bzw. eine Scarification initiiert die künstliche Intelligenz entsprechend auf Basis der Zeitreihendaten betreffend den CO<sub>2</sub>-Gehalt des Bodens (als wichtiger Indikator der Stoffwechsellätigkeit im Boden/Bodenatmung) und der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen, idealerweise unter zusätzlicher Berücksichtigung des pH-Wertes im Boden, der erfolgten Düngung und Bewässerung und der Niederschläge, der Anzahl der Schnitte, der Bodenfeuchtigkeit und/oder der Umgebungstemperatur.

**[0030]** Durch den Spielbetrieb auf dem Golfplatz kommt es insbesondere in den oberen Bodenschichten zu einer Verdichtung. Hierdurch wird der Gasaustausch verschlechtert, der für die Lebensbedingungen der Mikroorganismen im Boden relevant ist. Durch Aerifizieren kann eine Verbesserung erreicht werden. Darüber hinaus können sich die Wurzelverzweigungen besser ausbilden und die Wasseraufnahme (Wasserinfiltration) wird ebenfalls erhöht. Technisch werden Löcher in den Boden gedrückt oder ausgestanzt. Bei großen Rasenflächen und

Rasenflächen, die weniger anspruchsvoll sind, werden auch rotierende Messer (Schlitzen) verwendet. Die künstliche Intelligenz initiiert eine solche Maßnahme erfindungsgemäß auf Basis der Zeitreihendaten betreffend zumindest den CO<sub>2</sub>-Gehalt im Boden, den Boden-pH-Wert und die Bodenfeuchtigkeit. Idealerweise werden zusätzlich erfasste Daten betreffend die Stickstoffkonzentration im Boden, erfolgte Düngung, erfolgte Bewässerung bzw. Niederschläge, Anzahl der Schnitte, Bodentemperatur, Umgebungstemperatur, Veränderung der Sickergeschwindigkeit (aus Zeitverlauf der Bodenfeuchtigkeit in verschiedenen Bodentiefen abgeleitet) und/oder die Platzbelegung einbezogen.

**[0031]** Für die Erhaltung der Rasentragschichten ist, wie oben erwähnt, ein regelmäßiges Besanden notwendig. Der Sand stabilisiert die Rasentragschicht bzw. verbessert die Wasserdurchlässigkeit. Er bewirkt auch ein schnelleres Abtrocknen der Oberflächen. Das Sanden kann erfindungsgemäß durch die künstliche Intelligenz in Abhängigkeit von den Zeitreihen der Daten betreffend den CO<sub>2</sub>-Gehalt im Boden, den Boden-pH-Wert und die Bodenfeuchtigkeit initiiert werden. Idealerweise werden auch Daten betreffend den Stickstoffgehalt im Boden, erfolgte Düngungen und Bewässerungen sowie Niederschläge, die Anzahl der Schnitte, Veränderungen der Sickergeschwindigkeit und/oder die Platzbelegung einbezogen.

**[0032]** Je nach geographischer Lage werden die Rasenflächen eines Golfplatzes das ganze Jahr genutzt oder einer starken mechanischen Beanspruchung ausgesetzt (z.B. im Bereich der Abschläge). Dies kann punktuell und flächenmäßig zu einer Zerstörung der Rasenoberfläche führen. Darüber hinaus können erdgrabende Tiere Verwerfungen auf den Rasenflächen erzeugen, die nachbearbeitet werden müssen. Die künstliche Intelligenz kann zur Reparatur derartiger Schäden eine Nachsaat initiieren, und zwar auf Basis der Zeitreihendaten betreffend die Platzbelegung, d.h. die Begehungsintensität. Es zeigt sich, dass zweckmäßigerweise dabei auch Daten betreffend die Stickstoffkonzentration im Boden, der Boden-pH-Wert, erfolgte Düngungen und Bewässerungen sowie Niederschläge, Anzahl der Rasenschnitte und/oder langfristige Wetterdaten und Wetterprognosen einbezogen werden.

**[0033]** Der Einsatz von Dünger kann auf Basis des erfassten CO<sub>2</sub>-Gehaltes im Boden, des pH-Wertes, der Bodenfeuchtigkeit und des Nährstoffgehaltes initiiert werden.

**[0034]** Die Zusammenhänge zwischen einzelnen der aufgeführten Pflegemaßnahmen und den erfassten Parametern bzw. Sensordaten sind zum Teil direkt kausal (z.B. Bewässerung in Abhängigkeit von Bodenfeuchtigkeit, Temperatur und Jahreszeit).

Insofern kann bei der erfindungsgemäß computergestützten Initiierung von Pflegemaßnahmen auch eine Kombination aus künstlicher Intelligenz (z.B. in Form eines neuronalen Netzes) und regelbasierter Ableitung der Art und des Zeitpunktes von Pflegemaßnahmen aus den erfassten Sensordaten erfolgen. Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch in der Weise genutzt werden, dass die per Computer vorgeschlagenen Pflegemaßnahmen erst nach **Freigabe** durch einen Gärtner oder Greenkeeper durchgeführt werden, oder der Gärtner/Greenkeeper auf Basis seines Wissens zusätzliche/andere Pflegemaßnahmen initiiert. Die entsprechenden Pflegemaßnahmen werden dann in der Datenbank protokolliert, so dass die Daten beim Training der künstlichen Intelligenz verwendet werden können und so zu einer Verbesserung der Funktion bei der Initiierung der Pflegemaßnahmen durch kontinuierliches Lernen führen.

**[0035]** Die Aufgabe der Erfindung wird ausgehend von einem System der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass es durch eine Programmsteuerung des wenigstens einen Computers zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens eingerichtet ist.

**[0036]** Zweckmäßigerweise umfasst das System zumindest die folgenden Sensoren:

- einen oder mehrere Feuchtigkeitssensoren, ausgelegt zur Erfassung der Feuchtigkeit in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen;
- einen oder mehrere Temperatursensoren, ausgelegt zur Erfassung der Temperatur in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen;
- einen oder mehrere Temperatursensoren, angeordnet in einer oder mehreren verschiedenen Höhen über dem Boden;
- einen oder mehrere Luftfeuchtigkeitssensoren, angeordnet in einer oder mehreren verschiedenen Höhen über dem Boden.

**[0037]** Vorzugsweise umfasst das System zusätzlich zumindest einen der folgenden Sensoren:

- wenigstens einen Bestrahlungssensor, ausgelegt zur Erfassung der Bestrahlungsstärke der Sonne im Bereich der Rasenfläche (z.B. Pyranometer);
- einen im Bereich der Rasenfläche angeordneten Windsensor (Windrichtungs- und/oder Windgeschwindigkeitssensor);
- einen im Bereich der Rasenfläche angeordneten Niederschlagsmengensensor.

**[0038]** Weiter kann das System ein Photometer zur Erfassung der Farbe der Rasenfläche und/oder

einen digitalen Bildsensor zur Erfassung von Bilddaten der Rasenfläche umfassen. Aus der Farbe der Rasenfläche auf den Zustand der Rasenfläche und ggf. vorliegende Rasenerkrankungen zurückgeschlossen werden. Ein Bildsensor ermöglicht ebenfalls die Erfassung der Farbe der Rasenfläche, dies sogar orts aufgelöst. Weiter können aus Bilddaten weitere Zustandsparameter, wie z.B. der Flächenanteil von Kahlstellen, Vorkommen von Blüten, Vorkommen von Unkräutern, Farbhomogenität, durch gängige Methoden der Bildverarbeitung ermittelt werden, die in der Datenbank gespeichert werden und bei der Ableitung von Pflegemaßnahmen per künstlicher Intelligenz eingehen. Es können auch die Bilddaten selbst sowie Zeitserien von Bilddaten als Eingabedaten der künstlichen Intelligenz verwendet werden.

**[0039]** Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das System zumindest einen der folgenden Sensoren, die vor allem zur Erfassung des Bodenzustands und des Bodenstoffwechsels dienen: CO<sub>2</sub>-Sensor, ausgelegt zur Erfassung des CO<sub>2</sub>-Gehalts im Boden; Nährwertsensor, ausgelegt zur Erfassung des Stickstoff-, Nitrat-, Kalium- und/oder Phosphorgehalts im Boden; pH-Sensor, ausgelegt zur Erfassung des Boden-pH-Wertes. Diese Sensoren können auch einzeln, in Unterkombination oder insgesamt mit einem oder mehreren der zuvor genannten Sensoren kombiniert werden.

**[0040]** Weiter betrifft die Erfindung einen Einsatz für ein Golfloch, mit einem in das Golfloch einsetzbaren, an der Oberseite offenen Ballaufnahmeopf. Derartige Einsätze sind auf Golfplätzen üblich. Das Loch wird innerhalb des Grüns regelmäßig versetzt, um eine zu starke lokale Beanspruchung zu vermeiden. Dabei wird ein neues Loch in der Rasenfläche ausgestanzt und ein entsprechender Einsatz zum Aufnehmen des Balls wird in das Loch eingesetzt. Meist ist der Einsatz außerdem zur Aufnahme und Halterung einer Fahne zur Anzeige der Lochposition ausgelegt. Die Erfindung schlägt vor, dass an der Unterseite des Ballaufnahmeopfes eine **Sensorelektronikeinheit** und, vorzugsweise an der Unterseite der **Sensorelektronikeinheit**, ein oder mehrere sich in das Erdreich unterhalb des Golflochs hinein erstreckende oder darauf gerichtete Messfühler angeordnet sind. Dabei ist die **Sensorelektronikeinheit** zweckmäßig mit den Messfühlern verbunden und zur Erfassung von Messsignalen der Messfühler ausgelegt. Der wenigstens eine Messfühler kann an einem in das Erdreich eindringenden Messdorn angeordnet sein, um Sensorsignale aus tieferen Bodenschichten erfassen zu können. Auf diese Weise kann eine zur Verwendung gemäß der Erfindung geeignete Sensorik auf einfache und praktikable Weise zur Verfügung gestellt werden, jedenfalls im Bereich des besonders pflegeintensiven Grüns. Die erforderlichen Bodensensoren sind in

den ohnehin benötigten Einsatz integriert und können ohne weitere Installationsmaßnahmen in Betrieb genommen werden.

**[0041]** Der wenigstens eine Messfühler des Einsatzes ist zweckmäßig zur sensorischen Erfassung eines oder mehrerer der folgenden Bodenparameter ausgelegt: Feuchtigkeit in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen, Temperatur in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen, Nährstoffgehalt (z.B. Stickstoffgehalt), pH-Wert, CO<sub>2</sub>-Gehalt, O<sub>2</sub>-Gehalt, **elektrische** Leitfähigkeit.

**[0042]** Bevorzugt weist die **Sensorelektronikeinheit** eine oder mehrere **Kommunikationsschnittstellen** zur drahtgebundenen oder drahtlosen Übermittlung der erfassten Messsignale an einen entfernten Empfänger auf. Die Kommunikation kann z.B. per LoRa-WAN oder anderer Funknetzwerktechnologien erfolgen. So kann die Sensorik die Messdaten zur Speicherung in der Datenbank an den Computer **übertragen**.

**[0043]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** schematisch ein erfindungsgemäßes System als Blockdiagramm;

**Fig. 2** schematisch einen erfindungsgemäßen Einsatz.

**[0044]** In der nachfolgenden Figurenbeschreibung werden für die gleichen Elemente die gleichen Bezugszeichen und die gleichen Begriffe verwendet.

**[0045]** Die **Fig. 1** zeigt ein erfindungsgemäßes System. In dem dargestellten Bodenquerschnitt ist zu erkennen, dass eine Rasenfläche 1 auf einer Rasentragschicht 2 wächst. Darunter befindet sich eine wasserdurchlässige Drainageschicht 3. Darunter wiederum befindet sich ein Baugrund 4. Das System umfasst einen Computer 5, der mit einer Datenbank 6 in Verbindung steht. Eine Vielzahl von Sensoren ist zur Erfassung von Boden- und Umgebungsparametern drahtgebunden bzw. drahtlos mit dem Computer 5 verbunden. Vorgesehen sind ein Temperatursensor 7, der die Bodentemperatur jeweils in den verschiedenen Bodenschichten erfasst, sowie ein Feuchtigkeitssensor 8 und ein kombinierter CO<sub>2</sub>- und pH-Sensor 9. Ein digitaler Bildsensor 10 nimmt Bilddaten der Rasenfläche 1 auf. Eine Wetterstation 11, die sich im Bereich der Rasenfläche befindet, erfasst die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung und misst die Niederschlagsmenge, die Sonnenbestrahlung, die Umgebungstemperatur in unterschiedlichen Höhen über dem Boden sowie die Luftfeuchtigkeit in unterschiedlichen Höhen über dem Boden. Der Computer 5 ist durch eine Programmsteuerung dazu eingerichtet, mittels der Sen-



soren 7, 8, 9, 10, 11 Boden- und Umgebungsparameter zu erfassen und die zu verschiedenen Zeitpunkten erfassten Boden- und Umgebungsparameter in der Datenbank 6 in Form von Zeitreihen zu speichern. Der Computer 5 leitet dann Pflegemaßnahmen der Rasenfläche mittels einer künstlichen Intelligenz, z.B. eines auf dem Computer 5 implementierten Deep-Learning-Netzwerkes, aus den erfassten Parametern und deren zeitlichem Verlauf ab, wie weiter oben beschrieben.

[0046] Die Fig. 2 zeigt schematisch einen Einsatz 21 für ein Golfloch, mit einem in das Golfloch einsetzbaren, an der Oberseite offenen, zylindrischen Ballaufnahmeopf 22. An der Unterseite des Ballaufnahmeopfes ist eine Sensorelektronikeinheit 22 und an der Unterseite der Sensorelektronikeinheit 22 sind ein oder mehrere sich in das Erdreich unterhalb des Golflochs hinein erstreckende Messfühler 24 an in das Erdreich eindringenden Messdornen angeordnet. Bei den Messfühlern kann es sich z.B. um Temperatur-, Feuchtigkeits-, CO<sub>2</sub>- und/oder pH-Sensoren handeln. Die Sensorelektronikeinheit 23 ist mit den Messfühlern 24 verbunden und zur Erfassung von Messsignalen der Messfühler 24 ausgelegt. Als Energiequelle kann dabei zweckmäßig eine in die Sensorelektronikeinheit integrierte Batterie dienen. Die Sensorelektronikeinheit 23 weist eine oder mehrere Kommunikationsschnittstellen zur drahtlosen Übermittlung der erfassten Messsignale an den Computer 5 auf.

**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**

- US 20180262571 A1 [0008]

## Patentansprüche

1. Computergestütztes Verfahren zur Pflege von Rasenflächen, wobei mittels Sensoren eine Mehrzahl von Boden- und Umgebungsparametern erfasst werden und wobei daraus Pflegemaßnahmen abgeleitet und initiiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zu verschiedenen Zeitpunkten erfassten Boden- und Umgebungsparameter in einer Datenbank in Form von Zeitreihen gespeichert werden, wobei die Pflegemaßnahmen mittels einer künstlichen Intelligenz aus den erfassten Parametern und deren zeitlichem Verlauf abgeleitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Daten zu Art und Zeitpunkt durchgeführter Pflegemaßnahmen ebenfalls in der Datenbank gespeichert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens die folgenden Bodenparameter sensorisch erfasst werden:

- Feuchtigkeit in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen;
- Temperatur in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens einer der folgenden weiteren Bodenparameter sensorisch erfasst wird:

- Nährstoffgehalt;
- pH-Wert;
- CO<sub>2</sub>-Gehalt;
- O<sub>2</sub>-Gehalt;
- elektrische Leitfähigkeit.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens die folgenden Umgebungsparameter sensorisch erfasst werden:

- Temperatur, vorzugsweise in unterschiedlichen Höhen über dem Boden;
- Luftfeuchtigkeit, vorzugsweise in unterschiedlichen Höhen über dem Boden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens einer der folgenden weiteren Umgebungsparameter erfasst wird:

- Bestrahlungsstärke der Sonne;
- Windstärke;
- Niederschlagsmenge
- Pollenflug;
- Windrichtung;
- UV-Index;
- Begehungsintensität;
- Härtegrad des Bewässerungswassers.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens die fol-

genden Pflegemaßnahmen mittels der künstlichen Intelligenz aus den in der Datenbank gespeicherten Daten abgeleitet werden:

- Mähen;
- Bewässern;
- Düngen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine der folgenden weiteren Pflegemaßnahmen mittels der künstlichen Intelligenz aus den in der Datenbank gespeicherten Daten abgeleitet wird:

- Vertikutieren;
- Nachsaat;
- Schlüthen;
- Aerifizieren;
- Sanden;
- Bürsten;
- Tiefenlockerung;
- Wurzelaktivierung;
- Ausbringen von Pflanzenschutzmittel;
- Schädlingsbekämpfung;
- Drainageeinbau;
- Besodung.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass außerdem Zustandsdaten der Rasenfläche zu verschiedenen Zeitpunkten erfasst und in der Datenbank als Zeitreihen gespeichert werden, wobei die Zustandsdaten zumindest eine oder mehrere der folgenden Angaben umfassen:

- Flächenanteil von Kahlstellen;
- Vorkommen von Blüten;
- Vorkommen von Unkräutern;
- Vorhandensein von Rasenerkrankungen;
- Schädlingsbefall;
- Wurzeltiefe;
- Dicke der Rasenfilzschicht;
- Rasenfarbe;
- Farbhomogenität.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass außerdem Wetterdaten als Zeitreihendaten in der Datenbank gespeichert werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die künstliche Intelligenz auf einem Modell basiert, welches den zeitlichen Verlauf der Boden- und Umgebungsparameter zu den Daten betreffend Art und Zeitpunkt durchzuführender Pflegemaßnahmen in Beziehung setzt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die künstliche Intelligenz mittels Methoden des **maschinellen** Lernens auf Basis der in der Datenbank gespeicherten Zeitreihendaten trainiert wird.

13. System zur Unterstützung der Pflege von Rasenflächen, mit wenigstens einem Computer (5), wenigstens einer Datenbank (6) und einer Mehrzahl von mit dem Computer drahtgebunden oder drahtlos verbundenen Sensoren (7, 8, 9, 10, 11) zur Erfassung von Boden- und Umgebungsparametern, **dadurch gekennzeichnet**, dass das System durch eine Programmsteuerung des wenigstens einen Computers (5) zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12 eingerichtet ist.

14. System nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest die folgenden Sensoren umfasst:

- einen oder mehrere Feuchtigkeitssensoren (8), ausgelegt zur Erfassung der Feuchtigkeit in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen;
- einen oder mehrere Temperatursensoren (7), ausgelegt zur Erfassung der Temperatur in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen;
- einen oder mehrere Temperatursensoren, angeordnet in einer oder mehreren verschiedenen Höhen über dem Boden;
- einen oder mehrere Luftfeuchtigkeitssensoren, angeordnet in einer oder mehreren verschiedenen Höhen über dem Boden;
- einen Bestrahlungssensor, ausgelegt zur Erfassung der Bestrahlungsstärke der Sonne;
- einen Windsensor;
- einen Niederschlagsmengensensor.

15. System nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest ein Photometer zur Erfassung der Farbe der Rasenfläche und/oder einen digitalen Bildsensor zur Erfassung von Bilddaten der Rasenfläche umfasst.

16. System nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest einen der folgenden Sensoren umfasst:

- CO<sub>2</sub>-Sensor, ausgelegt zur Erfassung des CO<sub>2</sub>-Gehalts im Boden;
- Nährwertsensor, ausgelegt zur Erfassung des Stickstoff-, Nitrat-, Kalium- und/oder Phosphorgehalts im Boden;
- pH-Sensor, ausgelegt zur Erfassung des Boden-pH-Wertes.

17. Einsatz für ein Golfloch, mit einem in das Golfloch einsetzbaren, an der Oberseite offenen Ballaufnahmeopf (22), **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Unterseite des Ballaufnahmeopfes (22) eine **Sensorelektronikeinheit** (23) und, vorzugsweise an der Unterseite der **Sensorelektronikeinheit** (23), ein oder mehrere sich in das Erdreich unterhalb des Golflochs hinein erstreckende oder darauf gerichtete Messfühler (24) angeordnet sind.

18. Einsatz nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Mess-

fühler (24) zur sensorischen Erfassung eines oder mehrerer der folgenden Bodenparameter ausgelegt ist:

- Feuchtigkeit in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen;
- Temperatur in einer oder mehreren verschiedenen Bodentiefen;
- Nährstoffgehalt;
- pH-Wert;
- CO<sub>2</sub>-Gehalt;
- O<sub>2</sub>-Gehalt;
- **elektrische** Leitfähigkeit.

19. Einsatz nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die **Sensorelektronikeinheit** (23) mit den Messfühlern (24) verbunden ist und zur Erfassung von Messsignalen der Messfühler (24) ausgelegt ist.

20. Einsatz nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die **Sensorelektronikeinheit** (23) eine oder mehrere **Kommunikationsschnittstellen** zur drahtgebundenen oder drahtlosen Übermittlung der erfassten Messsignale an einen entfernten Empfänger (5) umfasst.

21. Einsatz nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Messfühler (24) an einem in das Erdreich eindringenden Messdorn angeordnet ist.

22. System nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **gekennzeichnet durch** einen Einsatz (21) nach einem der Ansprüche 17 bis 21, wobei der Computer (5) drahtgebunden oder drahtlos mit der **Sensorelektronikeinheit** (23) des Einsatzes (21) in Kommunikationsverbindung steht.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

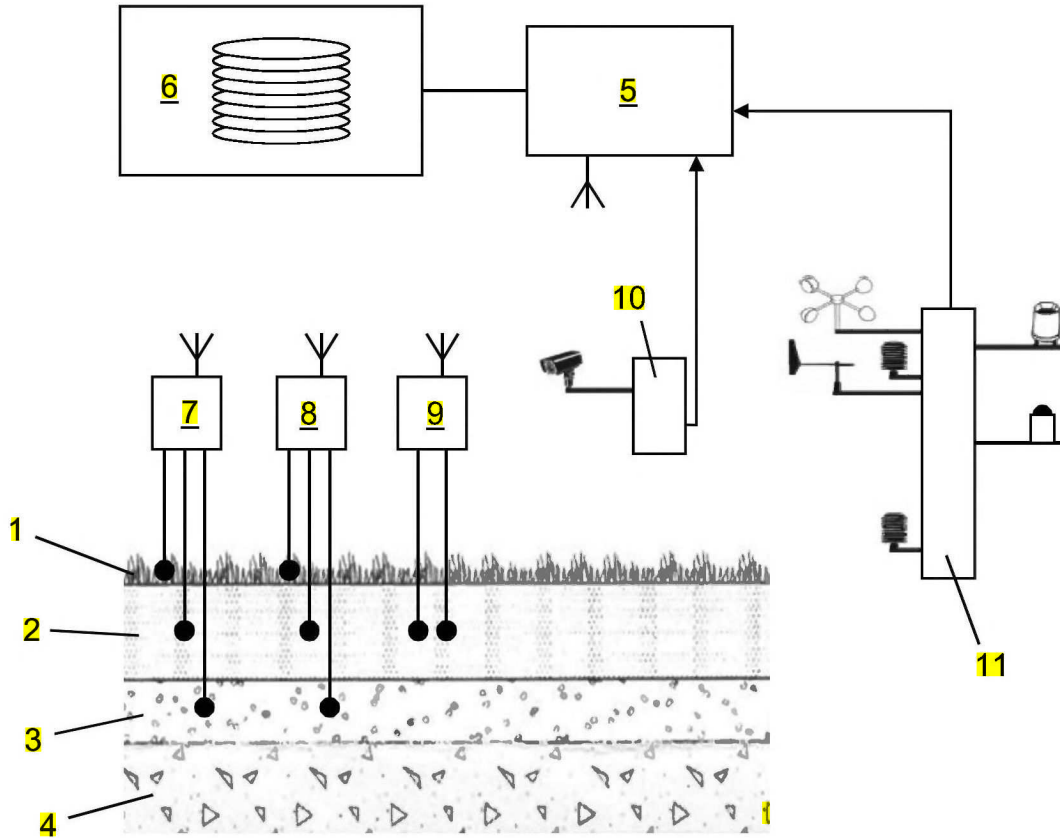


Fig. 1

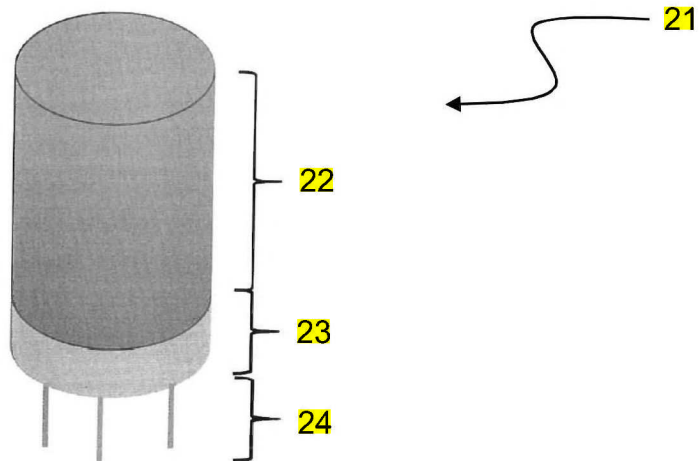


Fig. 2