



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 006 387 A1 2009.07.30

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 006 387.8

(22) Anmeldetag: 29.01.2008

(43) Offenlegungstag: 30.07.2009

(51) Int Cl.⁸: **G01N 27/44** (2006.01)
G01N 27/26 (2006.01)

(71) Anmelder:
Otto, Albrecht, 33142 Büren, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Messung und kontaktlosen Übertragung der Konzentration von Pflanzennährstoffen in wirtschaftlich genutzten Kulturböden**

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zur Messung und kontaktlosen Übertragung der Konzentration von Pflanzennährstoffen in wirtschaftlich genutzten Kulturböden gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

1. Die Messkapsel befindet sich im Boden und misst während des Düngungsvorganges die Konzentration von Pflanzennährstoffen. Die Messergebnisse dienen als Stellgröße zur Steuerung der Ausbringmenge.

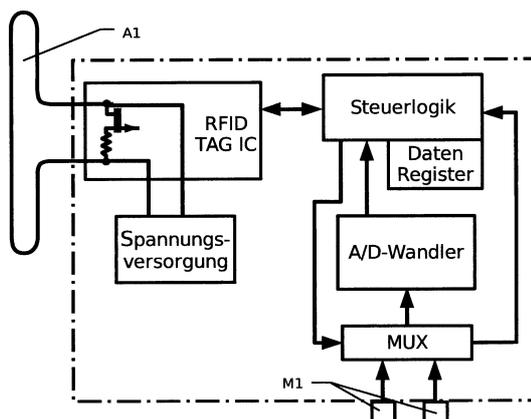
2. Das Messverfahren basiert auf der RFID-Technologie. Dazu ist ein RFID-IC um die Schaltungsmodule Steuerungslogik, A/D-Wandler und Analog-Multiplexer erweitert.

3. Der A/D-Wandler und die Analog-Multiplexer sind über die Steuerungslogik mit dem RFID-Chip so verschaltet, dass diese beim Messvorgang durch den RFID-IC gesteuert werden. Dabei versorgt der RFID-Chip während der Aktivierungsphase alle Komponenten mit Betriebsspannung.

4. Die Messanordnung ist in ein isolierendes und gegenüber Umwelteinflüssen beständiges Material eingehüllt. Zugleich dient die Umhüllung als Träger für Ionen-selektive Sensoren, die auf der Oberfläche angebracht sind.

5. Die Sensoren sind über Messbrücken mit den Eingängen des Analog-Multiplexers im Innern der Messkapsel verschaltet.

6. Beim Messvorgang erfolgt durch die Sensoren eine Signalwandlung von chemischen in elektrische Messgrößen, die Auskunft über den Zustand des Kulturbodens geben. Die Spannung am Ausgang der jeweiligen Messbrücke wird durch einen A/D-Wandler in eine digitale Größe umgewandelt, die durch den RFID-IC in Form eines ...



Beschreibung

Nachteile der heutigen Verfahren

Stand der Technik

[0001] Zur Steigerung des Ertrages wirtschaftlich genutzter Kulturböden werden bei intensiver Bewirtschaftung Düngemittel eingesetzt. In Abhängigkeit von Art der Kulturpflanzen und den natürlichen Standortbedingungen (Boden, Klima) werden vielfach große Mengen an Düngemitteln mineralischen Ursprungs (Kunstdünger) je Flächeneinheit verabreicht.

Pflanzennährstoffe mineralischen Ursprungs

[0002] Die in den Düngemitteln mineralischen Ursprungs enthaltenen Nährstoffe werden in Makro- und Mikronährstoffe (K. Mangel, Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze, 4. Auflage, S. 203ff) unterteilt. Zu den Makronährstoffen zählen Stickstoff, Phosphor, Kalium und Kalzium, die regelmäßig in größeren Mengen den Kulturböden zugefügt werden. Die chemischen Elemente Eisen und Magnesium zählen auch zu den Makronährstoffen, werden aber in Kombination mit anderen Mineraldünger verabreicht.

[0003] Daneben spielen die Mikronährstoffe (ebenda), in der Literatur häufig als Spurenelemente bezeichnet, eine wichtige Rolle für die Ernährung der Kulturpflanzen. Zu dieser Kategorie zählen die chemischen Elemente Mangan, Kupfer, Zink, Molybdän, Schwefel und Bor.

[0004] In den Kulturböden kommen die mineralischen Nährstoffe überwiegend in wasserlöslicher Form als Anionen (H_2PO_4^- , NO_3^-) oder Kationen (K^+ , Ca^{++} , NH_4^+) vor. Das hat zur Folge, dass durch Niederschläge ein beträchtlicher Teil der Pflanzen-verfügbaren Nährstoffe in das Grundwasser ausgewaschen oder durch Oberflächenwasser weggespült werden.

Verfahren zur Messung des Versorgungszustandes mit Nährstoffen

[0005] Unter diesen Bedingungen ist es erforderlich, dass in zeitlichen Abständen Bodenproben entnommen werden, um durch eine chemische Analyse den Versorgungszustand des Bodens mit Pflanzennährstoffen zu ermitteln. Für die Makronährstoffe Kalium, Kalzium und Phosphor findet diese Untersuchung im Regelfall alle 3 Jahre statt. Aufgrund der hohen Löslichkeit und der damit verbundenen Dynamik wird der Pflanzen-verfügbare Stickstoff durch jährliche Bodenproben ermittelt. Bei einigen Feldkulturen wird, insbesondere dann, wenn ein besonders hoher Ertrag erzielt werden soll, der Versorgungszustand mit Stickstoffdüngemittel durch eine so genannte Blattanalyse ermittelt.

[0006] Bei den heute verwendeten Verfahren treten bei verschiedenen Verfahrensschritten Probleme auf, die eine bedarfsgerechte Versorgung der Kulturböden mit Pflanzennährstoffen beeinträchtigen und damit zu erheblichen Mehrkosten bzw. Ertragsverlusten führen.

[0007] Das schwerwiegendste Problem ist, dass zwischen dem Zeitpunkt der Bodenanalyse und der Ausbringung der Düngemittel ein Zeitraum von Monaten bis Jahren liegt. Durch Witterungseinflüsse ändert sich der Versorgungszustand der Kulturböden ständig. Dieser Dynamik wird durch die heutigen Ausbringungsmethoden von Düngemitteln nur unzureichend Rechnung getragen. Um garantiert einen ausreichenden Versorgungsgrad zu erreichen, wird in den meisten Fällen erheblich mehr gedüngt, als tatsächlich erforderlich ist.

[0008] Ein weiterer Aspekt ist, dass im Ackerbau die nach der Bodenanalyse berechnete Menge an Düngemittel gleichmäßig auf dem gesamten Schlag ausgebracht wird. Unterschiedliche Geländestrukturen, wie Hügel oder Senken oder Abweichungen in der Bodenqualität finden bei dieser Technologie keine Berücksichtigung.

[0009] All diese Unzulänglichkeiten der heutigen Verfahren zur Ausbringung von Mineraldüngern verursachen erhöhte Kosten und führen zu einer Belastung der Umwelt.

Beschreibung

[0010] Die beschriebene Vorrichtung in Form einer Messkapsel ermittelt die Konzentration an Pflanzennährstoffen in Kulturböden auf direktem Wege. Das wird dadurch erreicht, dass eine Messkapsel direkt im Boden (im sog. A-Horizont) platziert wird, d. h. mit direkten, materiellen Kontakt zum umgebenden Boden. Die Messkapsel ermittelt während des Ausbringungsvorganges von Düngemitteln Messwerte über den Versorgungszustand. Die gewonnenen Messwerte dienen der Ausbringtontechnik (z. B. Düngersteuer, Feldspritzen für Flüssigdünger) direkt als Stellgröße zur Steuerung der Ausbringmenge.

Aufbau und Funktionsweise

[0011] Grundlage für die Konstruktion der Messkapsel ([Abb. 3](#)) ist die RFID-Technologie (Radio Frequency Identification Device). Ein RFID-IC (auch RFID Tag genannt) (IC1) ist um die Schaltungsmodul (IC2) Steuerungslogik, A/D-Wandler und Analog-Multiplexer ([Abb. 1](#)) erweitert.

[0012] Der A/D-Wandler und der Analog-Multiplexer sind über die Steuerungslogik mit dem RFID-Chip

elektrisch und logisch so verschaltet, dass diese durch den RFID-IC beim Messvorgang gesteuert werden. Dabei dient die im RFID-Chip während der Aktivierungsphase zur Verfügung stehende Betriebsspannung zur Spannungsversorgung von Steuerungslogik, A/D-Wandler, Analog-Multiplexer und der Messbrücken (US Patent 6.720.866) ([Abb. 1](#)). Dadurch ist keine Spannungsversorgung in Form einer Batterie erforderlich.

[0013] An den Eingängen des Analog-Multiplexers (M1) sind die Ionen-selektiven Sensoren mit Messwiderständen in geeigneter Weise (z. B. Wheatstone'sche Brückenschaltung) verschaltet.

[0014] Die Komponenten RFID-IC (IC1), A/D-Wandler und Analog-Multiplexer sowie die Hilfswiderstände der Messbrücken können zur Verbesserung der mechanischen Stabilität auf ein Trägermaterial ([Abb. 2](#), T1) (z. B. mit Hilfe der Chip-on-Board-Technologie oder ähnliche Verfahren) platziert werden.

[0015] Das Trägermaterial ([Abb. 2](#)) kann ebenfalls verwendet werden, um die für den RFID-IC erforderliche Antennenstruktur (A1) an geeigneter Stelle aufzunehmen.

[0016] Die gesamte elektronische Schaltung einschließlich des ggf. verwendeten Trägers wird vollständig in ein isolierendes und gegenüber Umwelteinflüssen beständiges Material (z. B. Kunststoff) eingehüllt (U1). Als geometrische Formen sind eine Kugelform, Ellipsoid-Form oder eine Zylinder-Form mit Halbkugel-artig abgerundeten Enden geeignet. Diese Umhüllung erfüllt 2 Funktionen, wenn sich die Messkapsel im Boden befindet. Die elektronische Schaltung wird vor Umwelteinflüssen geschützt und die Oberfläche der Umhüllung (U1) dient als Träger für die Ionenselektiven Sensoren (S1, S2).

[0017] Die Abmessungen richten sich nach der Größe der gesamten elektronischen Schaltung und der Art der verwendeten Sensoren. Aufgrund möglicher mechanischer Belastungen im Boden sollte eine Zylinder-Form bezüglich Durchmesser und Länge so gewählt sein, dass sie diesen Anforderungen genügt wird.

[0018] Die Sensoren (z. B. ionenselektive Sensormembranen (Einfluß der Polymermatrix auf Eigenschaften membranbedeckter potentiometrischer Mikrosensoren, Dissertation. von Dipl.-Chem. Jens Marstalerz, Martin-Luther-Universität Halle (Saale), 02.04.2003), Ionenensensitive Halbleiter (Herstellung einer Nitrat-sensitiven ISFET-Beschichtung auf Basis von Polxyorganosiloxanen, Diplomarbeit von Rainer Rampf, Fachhochschulen München, 01.02.1998) oder ionenselektive Elektroden) sind in geeigneter Weise (z. B. in Streifen-Form, S1, S2) auf der Oberfläche der Umhüllung (U1) aufgebracht. Jeder Sen-

sor ist mit einer Messbrücke im Innern der Messkapsel verschaltet (L1). Es erfolgt eine physikalische Signalwandlung, wodurch exakte Informationen über den chemischen Zustand des Kulturbodens gewonnen werden. Die Wandlung in ein elektrisches Signal erfolgt selektiv und in Echtzeit während der Aktivierungsphase der Messvorrichtung.

[0019] Die Spannung am Ausgang der Messbrücke wird durch den A/D-Wandler in eine digitale Größe umgewandelt, die durch den RFID-IC in Form eines Bit-Streams zu einer Empfangseinrichtung übertragen wird.

[0020] Für jede zu messenden Art von Ionen wird ein spezieller Sensor eingesetzt, der nur auf eine einzige Ionenart reagiert.

[0021] Je nach der Anzahl der unterschiedlichen zu messenden Ionen können auf der Oberfläche der Umhüllung unterschiedlich viele Sensoren angeordnet und mit der Elektronik im Innern verschaltet werden.

[0022] Die so konstruierte Messkapsel wird in den A-Horizont des Kulturbodens eingebracht. Um eine Messung über eine Nutzfläche hinweg zu unterstützen, ist eine gleichmäßige Verteilung einer vorbestimmten Anzahl von Messkapseln pro Flächeneinheit vorzusehen. Das heißt, dass beispielsweise auf einer Nutzflächen von 1 ha 9 Messkapseln im quadratischen Abstand von jeweils ca. 33 m positioniert werden könnten.

[0023] Für die Beschreibung des Messvorganges wird als Beispiel davon ausgegangen, dass die Messkapseln mit 2 Sensoren ausgerüstet sind. Ein Sensor liefert einen Messwert in Abhängigkeit von der Konzentration der Nitrat-Ionen (NO_3^-) während ein zweiter Sensor Messwerte zur Bodenfeuchte liefert.

[0024] Die Aktivierung der Messkapsel erfolgt dadurch, dass während der Verabreichung von Mineraldünger die Nutzfläche systematisch befahren wird. Durch das Befahren kommt es zu einer Annäherung von den an den Ausbringgeräten (z. B. Düngerstreuer) angebrachten aktiven RFID-Empfangsvorrichtungen an die Messkapseln. Die Annäherung auf eine bestimmte Mindestnähe bewirkt die Aktivierung der Messkapseln entsprechend der Funktionsweise der RFID-Technologie.

[0025] Durch die Positionierung der Messkapseln im A-Horizont stehen die Sensoren in direkten, materiellen Kontakt zu dem umgebenden Boden. Damit wirkt die im Boden vorhandene Konzentration von Nitrat-Ionen und die Bodenfeuchte direkt auf den jeweiligen Sensor, wodurch der Innenwiderstand der Sensoren beeinflusst wird.

[0026] Die Messanordnung eignet sich grundsätzlich für alle im Boden vorhandenen Ionen. Die Messung von Nährstoff-Ionen sollte immer in Kombination mit der Messung der Bodenfeuchte erfolgen, da die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe wesentlich von der Feuchte des Bodens abhängt. Darüber hinaus können je nach Messanordnung alle chemischen und physikalischen Größen im Boden gemessen und die Ergebnisse kontaktlos zu Empfangseinrichtungen übertragen werden.

[0027] Die Messkapseln werden mit mechanischen Verfahren in den A-Horizont eingebracht. Entsprechende mechanische Systeme nach dem Prinzip von Einzelkornlegenmaschinen sind für diesen Zweck geeignet. Bei entsprechender mechanischer Festigkeit der Messkapsel kann von einer mehrjährigen Nutzung ausgegangen werden.

[0028] Durch die fortlaufende mechanische Bodenbearbeitung, insbesondere Pflügen, ist davon auszugehen, dass sich die Messkapseln an unterschiedlichen Tiefen im A-Horizont befinden. Im Laufe der Zeit ist, basierend auf einer statistischen Normalverteilung, davon auszugehen, dass die überwiegende Anzahl Messkapseln in der Mitte des A-Horizontes platziert ist. Der durch unterschiedliche Positioniertiefe verursachte Messfehler kann demnach statistisch vernachlässigt werden.

[0029] Der Messvorgang erfolgt durch das Annähern einer aktiven RFID-Antenne, d. h. einer elektronischen Empfangseinrichtung, die mit den RFID-IC kommuniziert. Durch die Sendeenergie der RFID-Antenne baut der RFID-IC (IC1) kurzzeitig eine Versorgungsspannung auf. Während dieser Aktivierungsphase werden die anderen Teile der Messelektronik ([Abb. 1](#)) ebenfalls mit der erforderlichen Betriebsspannung versorgt. Die Steuerlogik des RFID-IC steuert nun den Analog-Multiplexers und den A/D-Wandler so an, dass die auf dem Widerstandswert der Sensoren (S1, S2) basierenden Messgrößen digitalisiert und als Bitstream zur RFID-Antenne übertragen werden.

[0030] Die auf diese Weise gewonnenen Daten werden von der Steuerelektronik der Ausbringtechnik (wie z. B. Düngerstreuer, Feldspritze) in geeigneter Form verarbeitet. Mit diesem Verfahren wird auf direktem Weg die Konzentration der im Boden verfügbaren Pflanzennährstoffe gemessen. Die gewonnenen Messwerte können nun als Regelgröße zur Steuerung der Ausbringmenge an Mineraldünger verwendet werden.

[0031] Die Verwendung der RFID Technologie zur Messung und kontaktlosen Übertragung der Messgrößen wird im Fall von Reifendruck und Temperatur in der Automobiltechnik (U.S. Patent Nr. 5,483,827; 4,911,217; 5,181,975; 5,218,861) verwendet.

[0032] Die Vorteile des Verfahrens bestehen darin, dass die gewonnenen Messergebnisse direkt und unmittelbar zur Steuerung der Ausbringmenge von Mineraldünger verwendet werden. Dadurch erfolgt eine bedarfsgerechte Dosierung, die mit Kostensparnis, höheren Erträgen und geringerer Umweltbelastung verbunden ist.

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 6720866 [\[0012\]](#)
- US 5483827 [\[0031\]](#)
- US 4911217 [\[0031\]](#)
- US 5181975 [\[0031\]](#)
- US 5218861 [\[0031\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Konzentration von Pflanzennährstoffen in wirtschaftlich genutzten Kulturböden und kontaktlosen Übertragung der Messwerte an eine Empfangsvorrichtung,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Messvorrichtung ([Abb. 3](#)) aus einer Kombination von einem oder mehreren Ionen-selektiven Sensoren und einem RFID-IC (Integrated Circuit) mit Steuerungslogik besteht,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Sensoren (S1, S2) durch einen dauerhaften und direkten materiellen Kontakt zum Boden die physikalischen und chemischen Größen in messbare elektrische Größen umwandeln,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Sensoren (S1, S2) in geeigneter Weise mittels Messbrücke, Analog-Multiplexer und AD-Wandler mit dem RFID-IC verschaltet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die von den Sensoren gelieferten elektrischen Größen während der Aktivierungsphase des RFID-ICs (IC1) durch einen A/D-Wandler ([Abb. 1](#)) digitalisiert und als Bit-Stream kontaktlos zu einer Empfangsvorrichtung übertragen werden,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die elektronischen Komponenten der Messvorrichtung während der Aktivierungsphase durch eine geeignete Steuerungs- und Verarbeitungslogik gesteuert werden,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Spannungsversorgung der elektronischen Komponenten ([Abb. 1](#)) der Messvorrichtung durch den RFID-IC während der Aktivierungsphase erfolgt und deshalb keine eigene Energieversorgung beispielsweise in Form einer Batterie erforderlich ist.

2. Vorrichtung in Form einer Messkapsel ([Abb. 3](#)), die die elektronischen Komponenten, wie Messbrücken, Steuerungslogik, Analog-Multiplexer, A/D-Wandler und RFID-IC (IC1, IC2, L1) beherbergt, diese vor unerwünschten Umwelteinflüssen schützt und so eine langzeitliche und mehrfache Nutzung gewährleistet,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Messkapsel nach dem Verfahren wie im Anspruch 1 beschrieben arbeitet

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Messkapsel in den wirtschaftlich genutzten Kulturböden eingebracht wird und zur Gewinnung der Messgrößen permanent in diesem verbleibt,

dadurch gekennzeichnet, dass

– auf der Oberfläche der Messkapsel ([Abb. 3](#)) je nach Erfordernissen und Verwendungszweck eine unterschiedliche Anzahl von Sensoren (S1, S2) angebracht ist, die in geeigneter Weise mit den elektronischen Komponenten (Messbrücken, Steuerungslogik, Analog-Multiplexer, A/D-Wandler und RFID-IC) verschaltet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

– eine Kombination von Ionen-selektiven Sensoren (S1, S2) verwendet wird, die geeignet ist, die Konzentration von Pflanzennährstoffen in Kulturböden einschließlich erforderlicher Hilfsgrößen ausreichend genau zu messen, wobei die Ermittlung der Messergebnisse erforderlichenfalls über ein Berechnungsverfahren, basierend auf einzelnen Messwerten erfolgt,

dadurch gekennzeichnet, dass

– für die Messvorrichtung eine geometrische Form verwendet wird, die durch eine Umhüllung (U1) gebildet wird, die wiederum als Träger für die Sensoren (S1, S2) dient und geeignet ist eine lange Lebensdauer im Boden zu gewährleisten,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Festigkeit der Umhüllung (U1) sowie die geometrische Form von den Abmessungen so gestaltet ist, dass eine lange Lebensdauer im Boden gewährleistet wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

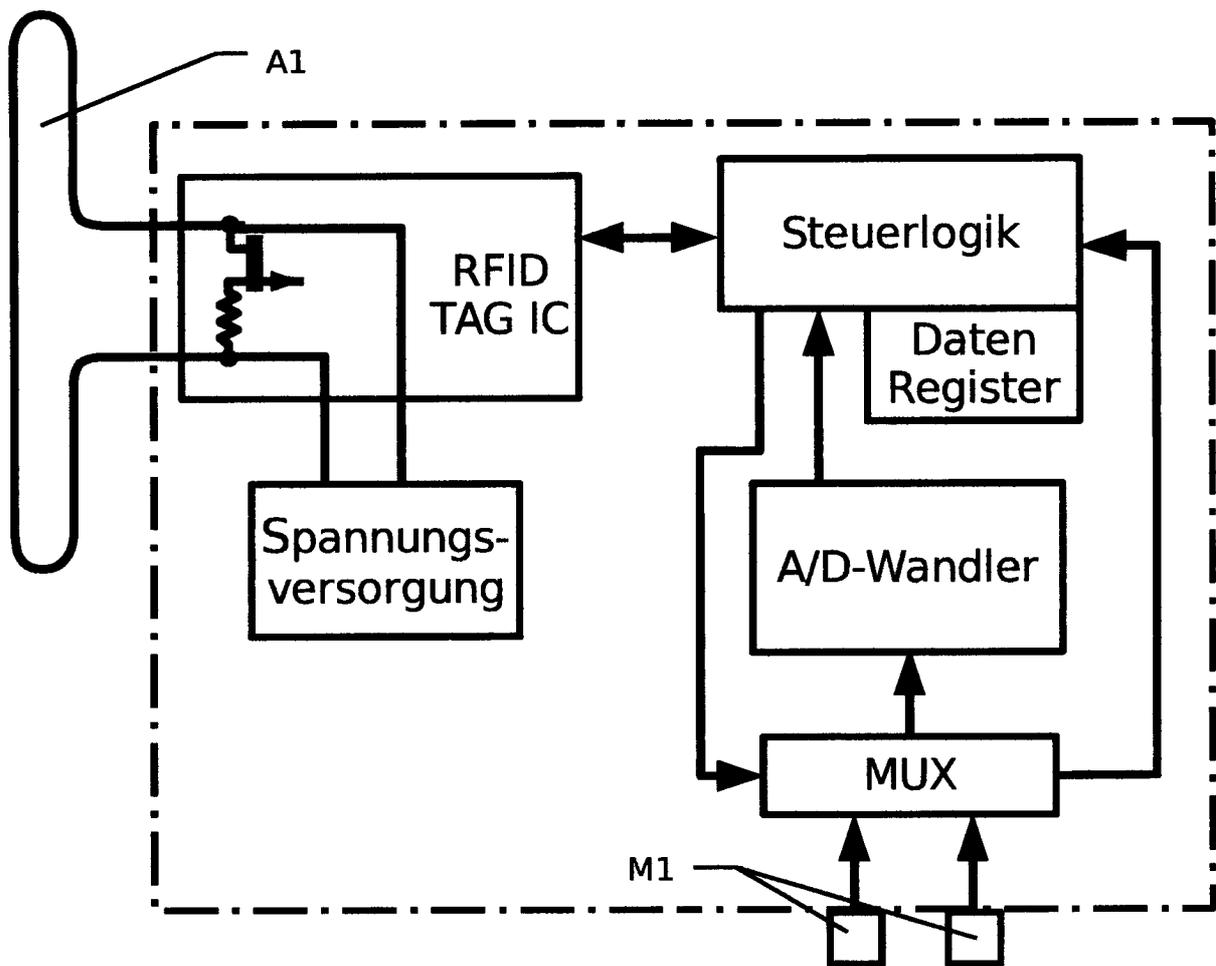


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Elektronik

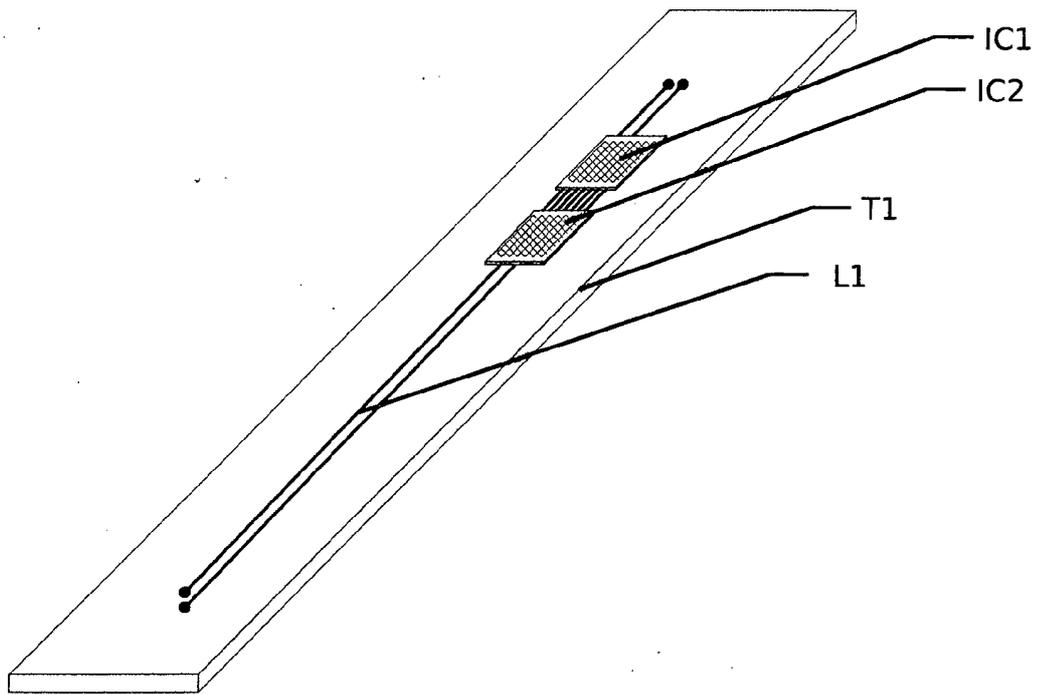


Abbildung 2: Träger mit ICs

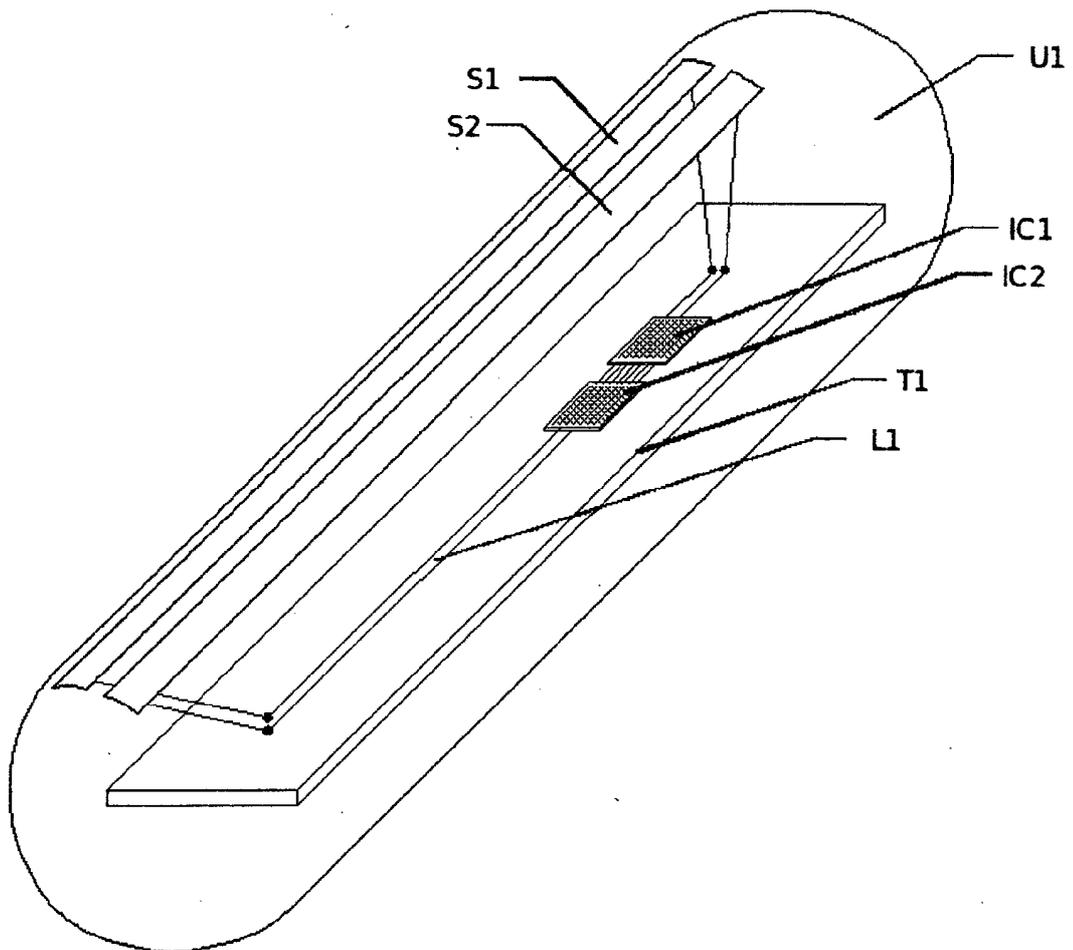


Abbildung 3: Schematischer Aufbau der Messkapsel