

Autonome und herkömmliche Mähssysteme für Golfanlagen
– ein Vergleich von Kosten, Produktivität und Pflegequalität
unter Berücksichtigung des ökologischen Fußabdrucks –
Hinweise für Betreiber von Golfanlagen -

ILOS

**Institut für Landschaftsbau
Sportfreizeitanlagen und Grünflächen**

In Science to Business GmbH -
Hochschule Osnabrück

Bearbeitung:

Daniel Hunt, B. Eng.

Projektleitung:

Prof. Martin Thieme-Hack

Prof. Dr. Wolfgang Prämaßing

Stand: August 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Executive Summary	4
2. Einleitung	5
3. Techniken der automatisierten Rasenpflege	6
4. Wirtschaftliche Aspekte	8
4.1 Vergleich Maschinen- und Wartungskosten	8
4.2 Bewertung Produktivität & effektive Flächenleistung	9
4.3 Zuverlässigkeit	10
5. Einfluss auf die Rasenqualität	10
5.1 Schnittbild & Optik	10
5.2 Rasenqualität	11
5.3 Auswirkungen auf das Golfspiel	14
6. Umweltbelastungen	17
7. Technische Voraussetzungen	19
8. Ausblick	19
9. Fazit	20
Literaturverzeichnis	21
Bullet Points	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Rasenmäroboter auf einem Fairway mit zufälliger Fahrweise (Bild: ILOS)	7
Abbildung 2:	Rasenmäroboter mit linearer Bahnenfahrweise (Bild: ILOS)	7
Abbildung 3:	Rasenmäroboter neben einem Fairway mit Ladestation und Referenzstation auf einem Mast (Bild: ILOS)	7
Abbildung 4:	Ladestation für zwei Rasenmäroboter (Bild: ILOS)	7
Abbildung 5:	Spindelmäher (HKM) mit georeferenzierter Steuerung	8
Abbildung 6:	Kosten für das Mähen von Fairways in €/m ² x Jahr	9
Abbildung 7:	Kosten für das Mähen von Golfanlagen in € x Jahr	9
Abbildung 8:	Verbliebender Grasstreifen am Übergang	10
Abbildung 9:	Mittlere Boniturwerte aus dem Jahr 2022 zum Vergleich Roboter-Mahd und klassischer Fairwaymahd von 5 Golfplätzen	12
Abbildung 10:	Schnittgutreste auf einem Fairway nach Mahd mit RMR im Sommer 2023 (Bild: ILOS)	12
Abbildung 11:	Mittlere Boniturwerte verschiedener Rasenqualitätsparameter aus dem Jahr 2023 zum Vergleich Robotic-Mahd und herkömmlicher Fairwaymahd mit Spindelmäher	13
Abbildung 12:	NDVI-Werte aus den Jahren 2022 und 2023 zum Vergleich von RMR und HKM	14
Abbildung 13:	Ergebnis der Golferbefragung zum Einsatz von Mährobotern im Vergleich zu herkömmlichem Mähen bezogen auf das Spiel	15
Abbildung 14:	Ergebnis der Golferbefragung für welche Golfplatzflächen Mähroboter im Vergleich zum herkömmlichen Mähen Ihrer Meinung nach besonders geeignet sind	15
Abbildung 15:	CO ₂ -Ausstoß pro Pflegemonat bei 35.000 m ² Fairways (Umweltbundesamt, Stand 2023) (Vierhaus, 2024)	18
Abbildung 16:	Energiekosten pro Pflegemonat bei 35.000 m ² Fairways (Vierhaus, 2024)	18

1. Executive Summary

Im Trend der zunehmenden Automatisierung von Mäharbeiten auf Golfplätzen wurde in der hier vorliegenden Studie die herkömmliche Mahd von Fairways mit Aufsitzspindelmähern (HKM-Herkömmliche Mahd) mit dem Einsatz von autonom arbeitenden, akkubetriebenen Rasenmärobotern (RMR) im Hinblick auf wirtschaftliche Aspekte, die Rasenqualität und die Auswirkungen auf das Golfspiel untersucht. Dazu wurden in den Jahren 2022 und 2023 auf sechs Golfanlagen Befragungen von Pflegepersonal und Golfspielern sowie Bewertungen zur Rasenqualität durchgeführt und Kosten erfasst. Die RMR waren dabei teilweise mit zufälliger Fahrweise, begrenzt durch Induktionsschleifen, in der Mehrheit jedoch mit georeferenzierter GPS-Steuerung im Einsatz. Die HKM wurde meist vom Pflegepersonal gefahren, im Einzelfall auch autonom durch GPS-Daten gesteuert.

Auf Grundlage der Befragungen der besuchten Golfanlagen stellte sich heraus, dass die Kosten für den Einsatz von Mährobotern stark von der örtlichen Situation abhängig sind und diese eine große Spreizung der Kosten verursachen kann. Insgesamt ergaben sich durch den RMR-Einsatz keine signifikanten Änderungen der Kostensituation. Meist wurde durch freiwerdende Arbeitszeiten eine Verbesserung im Pflegemanagement angestrebt, da Zeit für andere Arbeiten genutzt wurde. Für das notwendige Beheben von Fehlermeldungen an den RMR wurde aber auch Arbeitszeit verbraucht.

Die visuelle Beurteilung der Rasenqualität wird vor allem durch das Mähen von Bahnen und der Schnitttrichtung beeinflusst. Mit der technischen Entwicklung wurden beim Einsatz von RMR zunehmend Geräte mit georeferenzierter GPS-Steuerung eingesetzt, was definierte Schnitttrichtungen mit linearen Bahnenmustern ermöglicht. Im Vergleich zur herkömmlichen Mahd (HKM) wurde beobachtet, dass die durch gegenläufige Schnitttrichtungen verursachten Mähmuster bei den RMR weniger stark ausgeprägt waren als bei der herkömmlichen Mähtechnik, die mit Rollen an den Mäheinheiten die Gräser flacher liegend hinterlassen. Die visuellen Boniturdaten zeigen auf, dass zwischen der herkömmlichen Mahd (HKM) und der autonomen Robotermahd (RMR) nur geringe Qualitätsunterschiede festgestellt wurden. Die RMR-Mahd zeigte bei der Homogenität und Qualität der Rasennarbe sowie der Gleichmäßigkeit der Schnitthöhe insgesamt etwas bessere Boniturnoten auf, während die HKM beim Schnittbild (Hell-Dunkel-Mähmuster mit linearen Bahnen) und der Schnittqualität tendenziell bessere Bewertungen erhielt. Zudem konnte die HKM bei stärkerem Schnittgutaufkommen durch eine gleichmäßigere Schnittgutverteilung deutlich besser abschneiden.

Die Messungen des NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) zeigten auf den von RMR mit höherer Frequenz gemähten Fairways die besseren Werte für die Vitalität (Grünaspekt) der Grasnarbe.

Die befragten Golfspieler stuften den Einsatz von Mährobotern (RMR) insgesamt für die Rasenqualität und die Auswirkungen auf das Golfspiel als „eher besser“ ein und sehen den Einsatz von RMR auf Golfplätzen vor allem im Bereich von Fairways als „besonders geeignet“ an.

Nach der hier vorgenommenen Betrachtung der Platzsituationen und Auswertung der Literatur sind mit der Weiterentwicklung der RMR für das Golfplatzpflegemanagement mit weiteren Verbesserungen bei Qualität und Effektivität zu rechnen.

2. Einleitung

Die in eine Vielzahl von Arbeitsbereichen einziehende Automatisierung macht vor dem Greenkeeping auf Golfanlagen nicht halt. Auch für die Rasenpflege werden zunehmend autonome Systeme angeboten.

Ob und wie es sinnvoll ist, solche Systeme auch für das Greenkeeping auf Golfanlagen zu nutzen, hängt von verschiedenen Faktoren ab, die auch stark von den Gegebenheiten auf der jeweiligen Golfanlage anhängig sind. Diese Studie soll den Verantwortlichen auf Golfanlagen Hinweise zur automatisierten Rasenpflege geben, welche Veränderungen und Auswirkungen sich durch die Einführung von Mährobotern ergeben. Dabei werden im Sinne einer nachhaltigen Betrachtung die ökonomischen, ökologischen, sozialen und technischen Qualitäten betrachtet.

Grundlage der folgenden Hinweise ist eine im Auftrage des Deutschen Golf Verbandes an der Hochschule Osnabrück, Institut für Landschaftsbau, Sportfreizeitanlagen und Grünflächen (ILOS), durchgeführte Arbeit, die folgende Kernthemen betrachtet:

- Wirtschaftliche Aspekte
- Vergleich Maschinen- und Wartungskosten
- Bewertung Produktivität & effektive Flächenleistung
- Zuverlässigkeit
- Rasenqualität
 - o Schnittqualität & Optik
 - o Rasenqualität
- Auswirkung auf das Golfspiel
- Umweltbelastung
- Technische Voraussetzungen

Dazu wurden in Abstimmung mit dem DGV auf sechs Golfanlagen Befragungen von Spielern und Pflegepersonal, sowie Bonituren und Messungen in Bezug auf die Rasenqualität in den Jahren 2022 und 2023 an mehreren Terminen durchgeführt. Außerdem wurden Kosten- und Leistungsdaten der Rasenmähroboter (RMR) und der herkömmlichen Mäher (HKM) erfasst. Die Golfanlagen waren:

- Golfclub am Meer e.V., Bad Zwischenahn (3 Ortstermine)
- Gut Kaden - Golf und Land Club GmbH, Alveslohe (2 Ortstermine)
- Golf Club Gut Apeldör gGmbH, Hennstedt (3 Ortstermine)
- Golfclub Hamburg-Walddörfer e.V., Ammersbek (3 Ortstermine)
- Golfanlage Haus Bey GmbH & Co. KG, Nettetal-Hinsbeck (3 Ortstermine)
- Golfclub Memmingen e.V. - MTK Golfanlagen GmbH & Co. KG, Buxheim (1 Ortstermin)

Die befragten Golfanlagen haben die Rasenmähroboter nur auf den Fairways, in Einzelfällen auch auf Driving Ranges eingesetzt. Eine Verwendung auf anderen Flächen wird aktuell nicht als sinnvoll betrachtet.

3. Techniken der automatisierten Rasenpflege

Was sind die gängigsten Techniken der automatisierten Rasenpflege und welche Voraussetzungen müssen vor einer Einführung erfüllt sein?

Die wichtigste Eigenschaft automatisierter Rasenpflege ist die bedienungslose Arbeitsweise.

Die Unterscheidung verschiedener autonomer Mähtechniken erfolgt in:

a) Rasenmähroboter (RMR)

1. In der Regel akkubetriebene, zufällige und je nach Modell durch Verortung unterstützte Fahrweise in einem durch Induktionsschleifen begrenzten Bereich.
2. Akkubetriebene, georeferenzierte Steuerung, durch in der Regel durch GPS-Daten ohne Notwendigkeit eines durch Induktionsschleifen begrenzten Bereichs. Die Mäher können dadurch in vorgegebenen, z.B. linearen Bahnen fahren.

Diese auch als leichtgewichtige akkubetriebene Rasenmähroboter bezeichneten Geräte (vgl. Abb. 1 und Abb. 2) können das Mähen leise, unauffällig und auf sich allein gestellt verrichten.

Da sie anfallendes Schnittgut nicht aufnehmen und über Sichelmähwerke verfügen, sind sie den Sichelmähern (Unterkategorie Sichelmulchmäher) zuzuordnen, wenn auch die Mähwerkzeuge feiner und in der Regel „schärfer“ sind.

Einen festgelegten Arbeitsbereich mähen Rasenmähroboter je nach Modell zufällig oder GPS gesteuert. Die für den Betrieb notwendige Akkuladung wird eigenständig überwacht und die Ladestation (Abb. 4) bei Bedarf selbstständig angesteuert.

Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Modellen von diversen Herstellern am Markt, die sich vor allem in Punkto Arbeitsbreite, Messeranzahl, Fahrgeschwindigkeit, Akkukapazität, Ladezeit, Schnitthöhenbereich und Begrenzungstechnik des Arbeitsbereiches unterscheiden.

Für die zufällig arbeitenden Mäher erfolgt die Festlegung des begrenzten, auf die Größe des Mähers abgestimmten Arbeitsbereichs durch Erdverlegung eines Signalkabels als Induktionsschleife.

Die GPS-gesteuerten Geräte benötigen in der Regel kein Signalkabel, sondern laden eine georeferenzierte (raumbezogene) Karte des Arbeitsbereichs in das Betriebssystem und empfangen RTK-GPS Signale (Real Time Kinematic Global Positioning System) z.B. über entsprechend eingerichtete Basis-/Referenzstationen (Abb. 3), die über ein verschlüsseltes WLAN-Netz oder LTE-Datennetz an den Rasenmähroboter übertragen werden. Baumbestand, Gebäude oder andere Hindernisse können das GPS-Signal beeinträchtigen.



Abbildung 1: Rasenmäroboter auf einem Fairway zufälliger Fahrweise (Bild: ILOS)



Abbildung 2: Rasenmäroboter mit linearer Bahnenfahrweise (Bild: ILOS)



Abbildung 3: Rasenmäroboter neben einem Fairway mit Ladestation und Referenzstation auf einem Mast (Bild: ILOS)



Abbildung 4: Ladestation für zwei Rasenmäroboter (Bild: ILOS)

b) Herkömmliche Mähtechnik mit Spindelmähwerken (HKM)

Die herkömmlichen Mäher, nach aktuellem Stand insbesondere Fairwaymäher (vgl. Abb. 5) werden entweder vom Pflegepersonal gefahren oder sind mit einer georeferenzierten Steuerung durch GPS-Daten ausgestattet. Bei der Ausstattung mit GPS-Steuerung muss das Bedienpersonal einen Musterarbeitsablauf durchführen, um die Arbeitsbereiche festzulegen und die Fahrstrecken zu programmieren (Teach-and-Replay). Diese Mäher benötigen aufgrund ihrer Größe aktuell eine ständige Überwachung, damit im Notfall eingegriffen werden kann. Baumbestand, Gebäude oder andere Hindernisse können das GPS-Signal beeinträchtigen.



Abbildung 5: Spindelmäher (HKM) mit georeferenzierter Steuerung

4. Wirtschaftliche Aspekte

4.1 Vergleich Maschinen- und Wartungskosten

Auf Grundlage der Angaben der besuchten Golfanlagen ist eine Kostenkalkulation durchgeführt worden. Die Angaben beruhen auf den Angaben der Befragten aus den Erfahrungen der Jahre 2022 und 2023. Neue Technologien können hier schnell zu anderen Kostenstrukturen führen.

Die detaillierte Aufstellung der Kosten ist in der Anlage zu finden. Auffällig sind die großen Spreizungen der Kosten. Diese sind im konkreten Fall immer nachvollziehbar und sind in der Regel mit örtlichen Rahmenbedingungen wie Flächengrößen, Zuschnitt, Sicherheitserwartung (Reservegeräte), erforderliche Vorbereitungsarbeiten u.v.m. verbunden. Ob sich also ein Mähroboter auch wirtschaftlich als sinnvoll erweist, hängt sehr stark vom Einzelfall ab. Aktuell bietet der Einsatz von Mährobotern meist keine Kostenersparnis aber auch keine erhöhten Kosten. Das deckt sich auch mit den Angaben der Befragten auf den Golfanlagen, die weniger einen möglichen Kostenvorteil erreichen wollten, sondern insbesondere dem Fachkräftemangel begegnet sind.

Bei fortschreitender Technologie ist zu erwarten, dass in Zukunft die Verwendung von Rasenmährobotern auch zu einem ökonomischen Vorteil auf Golfanlagen führen.

Die Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die aus der Befragung erhobenen Kosten. Da die Vorstellungen der Anwender stark auseinander gehen über den Umfang und den Bedarf an Geräten, ist in Abbildung 7 der finanzielle Bedarf hochgerechnet worden auf eine 18-Loch Golfanlage.

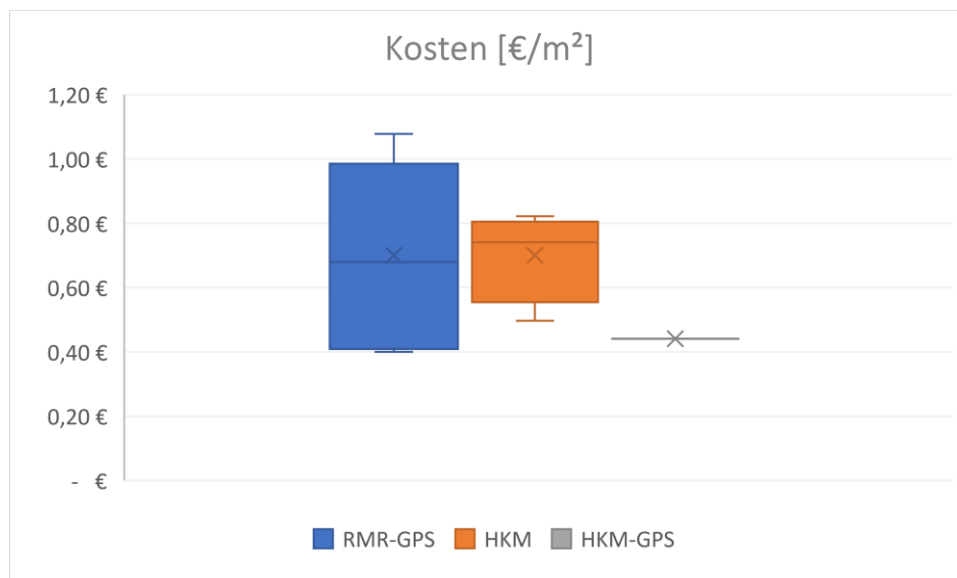


Abbildung 6: Kosten für das Mähen von Fairways in €/m² x Jahr

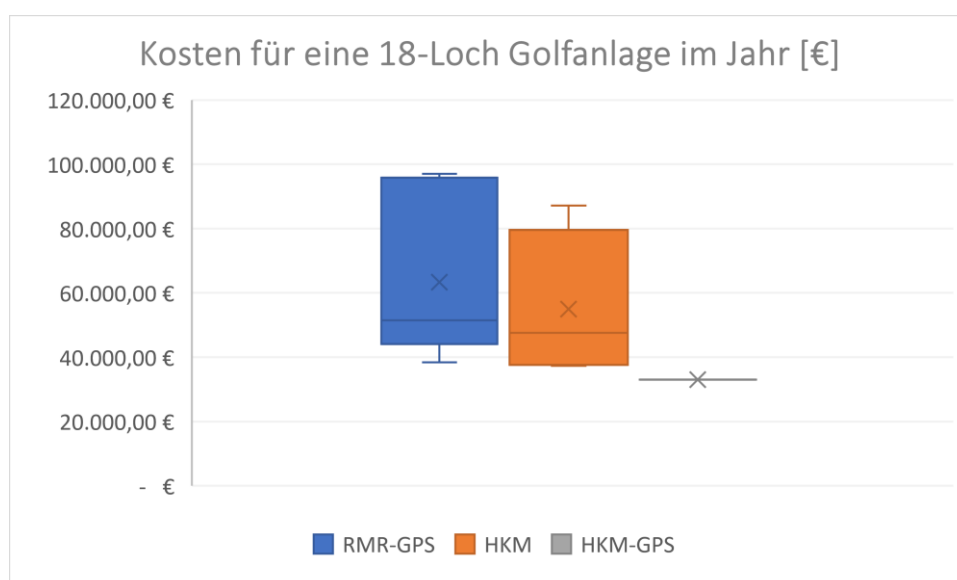


Abbildung 7: Kosten für das Mähen von Golfanlagen in € x Jahr

4.2 Bewertung Produktivität & effektive Flächenleistung

Auf Grundlage der Befragung der Greenkeeper zu der Bewertung der Produktivität und der effektiven Flächenleistung der RMR im Vergleich zu HKM konnte festgestellt werden, dass RMR eine gute Unterstützung für die Pflege darstellen. Jedoch war es in keinem Fall das Ziel, Personal einzusparen. In der Regel wurden freiwerdende Zeiten für andere Arbeiten verwendet. Personalabbau, der direkt auf die Einführung der RMR zurückzuführen ist, konnte nicht festgestellt werden.

RMR haben laut Aussage der Head-Greenkeeper nur zu einer geringfügigen bis kaum wahrnehmbaren Reduzierung der Arbeitszeit für das Mähen der Fairways geführt. Das lässt sich durch den Einführungsaufwand, das Beheben von Fehlermeldungen und Wartungsarbeiten erklären. Möglicherweise wird in Zukunft eine einsetzende Routine zu einer Reduzierung der

Arbeitszeiten führen. Aktuell ist das nach ein bis zwei Jahren nach Einführung der Geräte nicht feststellbar.

Der nicht mit Mahd verbundene Pflegeaufwand, wie Bewässerung, Düngung, Vertikutieren oder Aerifizieren fiel auf den Anlagen unterschiedlich aus. Während einige Head-Greenkeeper keinerlei Veränderungen feststellen konnten, gaben andere an, den Aufwand, um bis zu 30 % im Bereich anderer Pflegemaßnahmen reduzieren zu können.

4.3 Zuverlässigkeit

Die Head-Greenkeeper kritisierten teilweise bei den RMR einen hohen Ausfall durch Fehlermeldungen oder fehlerhafter Standortübertragung aufgrund von GPS-Störungen. Die Head-Greenkeeper wünschen sich einen reibungslosen Ablauf und schnell reagierenden Kundensupport. Die geschätzten Aufwendungen, die durch Fehlermeldungen entstanden sind, können in der Kostenrechnung im Anhang nachgelesen werden.

5. Einfluss auf die Rasenqualität

5.1 Schnittbild & Optik

Beim wichtigen Thema Schnittqualität zählt nicht allein die Qualität des Schnittes der Messer an sich, sondern auch optische Aspekte, wie die Schattierung. HKM können durch bestimmte Schnittrichtungen einen hell-dunkel-Effekt erzeugen, der besondere optische Anreize entstehen lassen kann und somit das Gesamtbild von Spielbahnen beeinflusst. Es gibt bereits RMR, die ebenfalls nach vorher definierter Schnittrichtung fahren und so auch ein lineares Muster erzeugen können. Der Effekt fällt jedoch nicht so stark aus, wie bei den HKM, da am Spindelmähwerk befindliche Rollen zur Einstellung der Schnitthöhe an akkubetriebenen RMR nicht vorhanden sind.

Nach HESSELSØE ET AL. (2023) haben einige Spieler zur Rasenqualität von RMR im Vergleich zu HKM kritisiert, dass es einzelne Bereiche gab, die nicht gemäht wurden und somit das Schnittbild nicht einheitlich war (Abb. 8). In den hier durchgeführten Ortsterminen konnte das in Einzelfällen auch festgestellt werden.

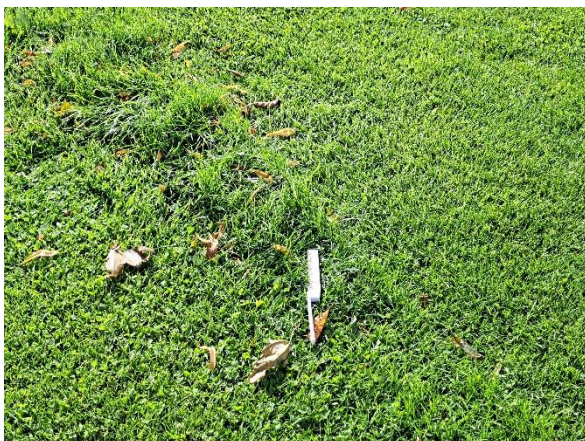


Abbildung 8: Verbliebener Grasstreifen am Übergang

5.2 Rasenqualität

Für die Bewertung der Rasenqualität auf Fairways wurden in den Jahren 2022 und 2023 vergleichende Untersuchungen zwischen RMR und HKM auf insgesamt sechs Golfanlagen durchgeführt. Dabei wurden Bonituren auf jeweils mindestens zwei Fairways mit HKM bzw. RMR vorgenommen und insgesamt 119 Golfspieler befragt. Die Datenerhebung fand auf den oben genannten Golfanlagen zu verschiedenen Terminen während der Vegetationsperiode zwischen Juni und Oktober der Jahre 2022 und 2023 statt. Auf den Golfplätzen waren fast ausschließlich Rasenmäroboter von Husqvarna, Typ Ceora, bei einem Platz zusätzlich ein Gerät des Herstellers Echo im Einsatz.

Durch visuelle Bonitur mit einer Notengebung von 1 (=sehr schlechte Merkmalsausprägung) bis 9 (=sehr gute Merkmalsausprägung) wurden folgende Parameter erfasst:

- Homogenität der Rasennarbe,
- Rasenqualität gesamt,
- Farbe der Rasennarbe (hell-/dunkelgrün),
- Schnittbild – gleichmäßiges ruhiges Bild/Unruhe, Fahrspuren,
- Schnitthöhe – Gleichmäßigkeit der Höhe nach Messung mit Prisma,
- Schnittqualität – glatter Schnitt bis fransig,
- Schnittgutreste – gleichmäßige Verteilung (im Jahr 2023 ergänzend bewertet).

Ergänzend zu der visuellen Farbbonitur wurde messtechnisch die Gräservitalität und damit die Grünintensität mit Hilfe eines handgeführten Greenseeker von Trimble der NDVI-Wert (Normalized Difference Vegetation Index) bestimmt.

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 7 bis 9 als Mittelwerte von fünf Golfplätzen mit je zwei Boniturterminen im Jahr 2022 und von fünf Golfplätzen im Jahr 2023 mit je einem Boniturtermin erfasst. 2023 wurden am Golfclub Memmingen e.V. zusätzlich Daten erfasst, während im selben Zeitraum auf dem Golfplatz Gut Kaden - Golf und Land Club GmbH keine weitere Erfassung stattfand.

Im Mittel ist der Unterschied zwischen der Fairwaymähd mit Rasenmäroboter (RMR) und der herkömmlichen Mähtechnik (HKM) mit Werten zwischen 7 und 7,8 gering. Im Trend zeigt die Mähd mit RMR bei Homogenität, Qualität, Schnitthöhe durch den täglichen Schnitt geringfügig höhere Werte an, während die HKM beim Schnittbild (Muster) und Schnittqualität (weniger gerupft, gefranst)) tendenziell bessere Werte zeigt (vgl. Abb. 9). Beim Einsatz von RMR konnte in Einzelfällen mit kürzeren Intervallen der Messerwechsel (z.B. wöchentlich statt zweiwöchig) ebenfalls eine bessere Schnittqualität beobachtet werden.

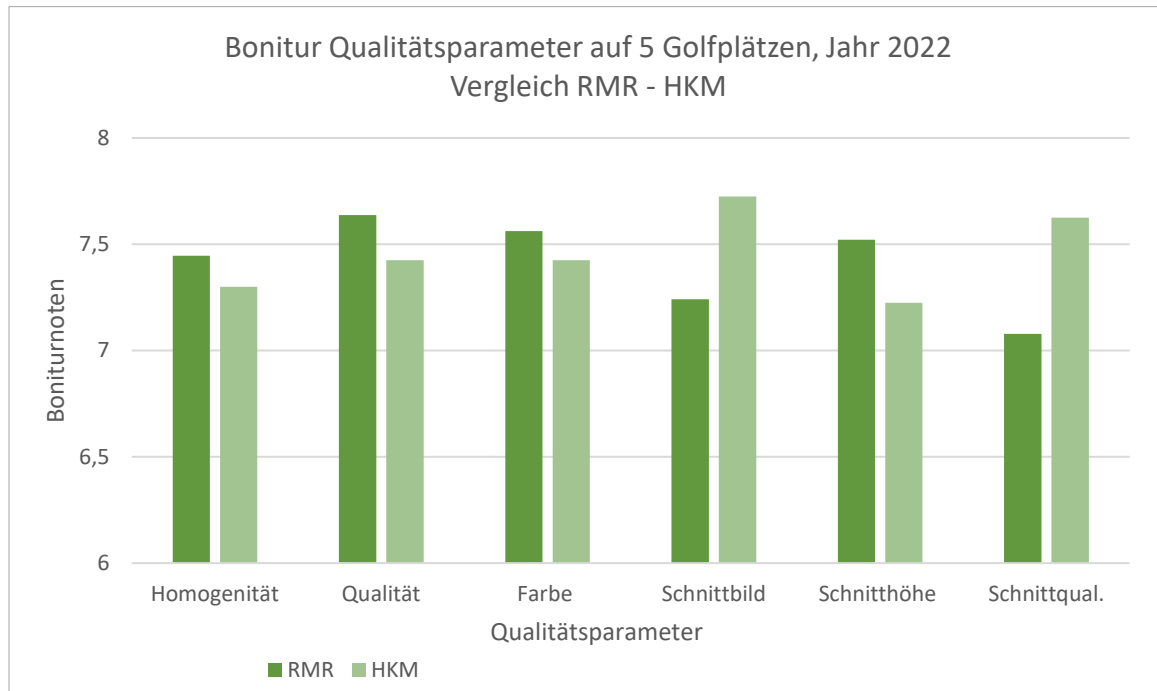


Abbildung 9: Mittlere Boniturwerte aus dem Jahr 2022 zum Vergleich Roboter-Mahd und klassischer Fairwaymahd von 5 Golfplätzen

Bei den Ergebnissen im Jahr 2023 wurde als weiterer Bewertungsparameter „Schnittgutreste“ aufgenommen. Hier wurde die Sichtbarkeit und die Verteilung von anfallendem Schnittgut bewertet (vgl. Abb.10 und Abb. 11).



Abbildung 10 Schnittgutreste auf einem Fairway nach Mahd mit RMR im Sommer 2023 (Bild: ILOS)

Im Sommer 2023 kam es aufgrund der langen Feuchteperioden zu insgesamt höheren Wachstumsraten und damit zu stärkerem Schnittgutaufkommen auf den Fairways. Im Vergleich zu klassischen Spindel-Fairwaymähern (HKM) fiel die Bewertung für die RMR mit einem Mittelwert von etwa 6,5 insbesondere durch eine ungleichmäßigere Verteilung des Schnittgutes geringer aus als für die herkömmliche Mähtechnik (HKM) mit 7,3 (vgl. Abb. 9). In einzelnen Fällen musste hier laut Angaben der Head-Greenkeeper mit dem klassischen Fairwaymäher zur besseren Verteilung nachgearbeitet werden.

Auf einigen Golfplätzen wurden vereinzelt „nicht gemähte“ Grasstreifen auf Fairways und in Übergangsbereichen von Fairway zu Semirough (Abb. 8) entsprechend der Feststellungen von HESSELSØE ET AL. beobachtet.

Bei den übrigen Parametern ist der Trend der Bonituren aus den Jahren 2022 und 2023 annähernd gleichbleibend (Abb. 9 und 10).

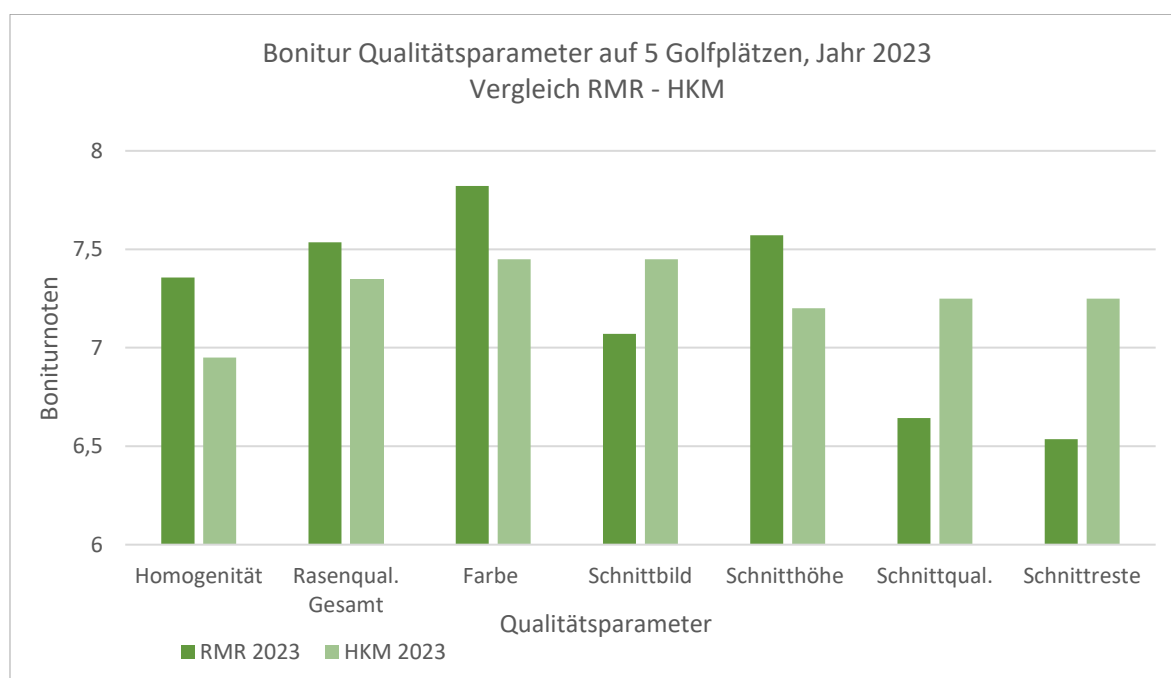


Abbildung 11: Mittlere Boniturwerte verschiedener Rasenqualitätsparameter aus dem Jahr 2023 zum Vergleich Robotic-Mahd und herkömmlicher Fairwaymahd mit Spindelmäher

Die Messung des NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) zur Darstellung der Gräservitalität (Abb. 12) zeigte entsprechend der Farbbonitur (Abb. 9 und 11) auf den RMR-Flächen tendenziell etwas höhere Werte als auf den klassisch gemähten HKM-Flächen. Die NDVI-Werte fielen im Sommer 2023 höher aus als im Jahr 2022, was auf die höhere Wachstumsintensität der Rasenbestände zurückzuführen ist.

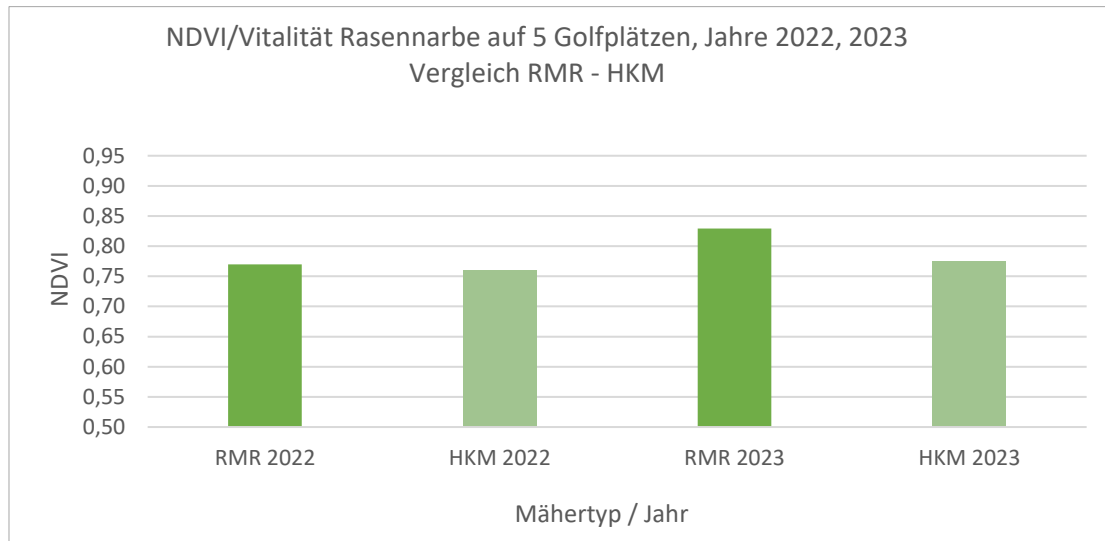


Abbildung 12: NDVI-Werte aus den Jahren 2022 und 2023 zum Vergleich von RMR und HKM

5.3 Auswirkungen auf das Golfspiel

RMR haben laut Hersteller das Potenzial Störungen des Spielablaufs zu minimieren. Die RMR können nachts mähen und auch die Gefahr einen Greenkeeper zu gefährden wird reduziert. Das Ergebnis der Befragung der Golfspieler, wie der Einsatz von RMR das Golfspiel beeinflusst, bewerteten die Befragten die Kriterien „Unruhe auf dem Platz“, „Lärmbelästigung“ und „Störung des Spielflusses“ alle als „eher besser“ im Vergleich zur herkömmlichen Mähtechnik (HKM). Die befragten Golfspieler schätzten die Rasenqualität von Rasenmärobotern (RMR) im Vergleich zum herkömmlichen Mähtechnik (HKM), bezogen auf ihr Spiel, als „eher besser“ ein. Auf die Frage, wie sich die Qualität des Rasens durch Einsatz von RMR im Hinblick auf die Oberfläche, den Ball-Lauf, die Ball-Lage und die Optik verhielt, benoteten die Golfspieler im Rahmen dieser Studie die Rasenqualität „eher besser“ als HKM mit der Note 2,26. (Abb. 13).

Autonome und herkömmliche Mähssysteme für Golfanlagen

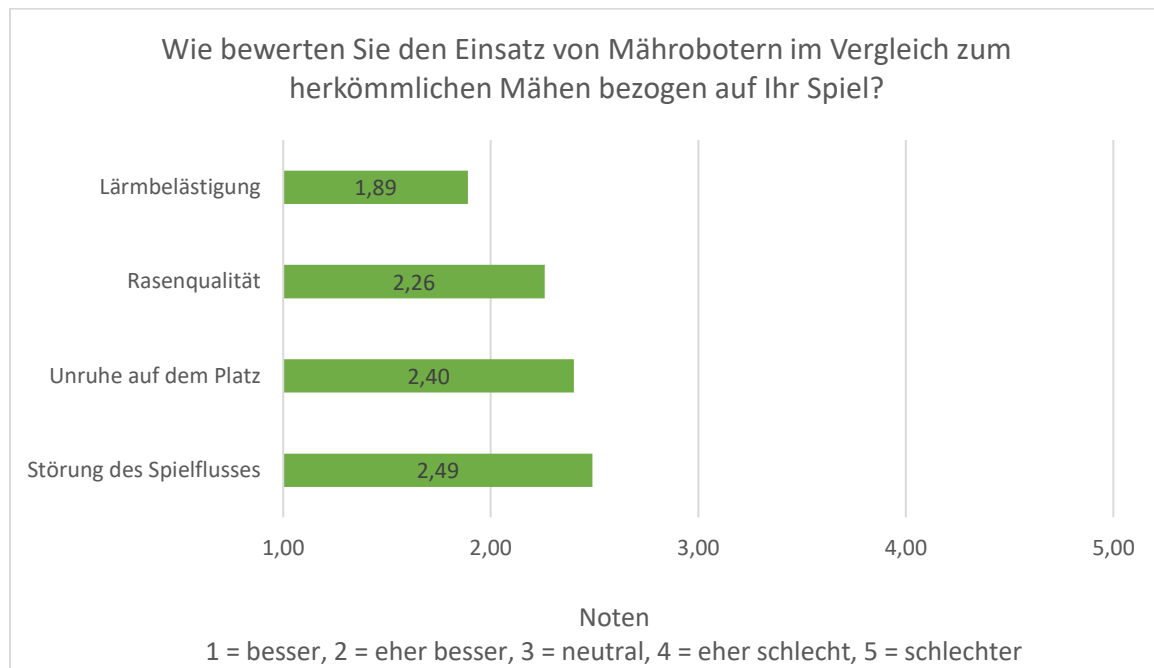


Abbildung 13: Ergebnis der Golferbefragung zum Einsatz von Mährobotern im Vergleich zu herkömmlichem Mähen bezogen auf das Spiel

Auf die Frage für wie geeignet die Golfspieler den Einsatz von Rasenmähroboter auf den unterschiedlichen Flächen halten, decken sich deren Antworten mit den Einschätzungen der Greenkeeping Profis (vgl. Abb. 14). Für die Fairways und die Driving Range wird der Einsatz als besonders akzeptabel gesehen und bei den Grüns überwiegt noch die Skepsis.

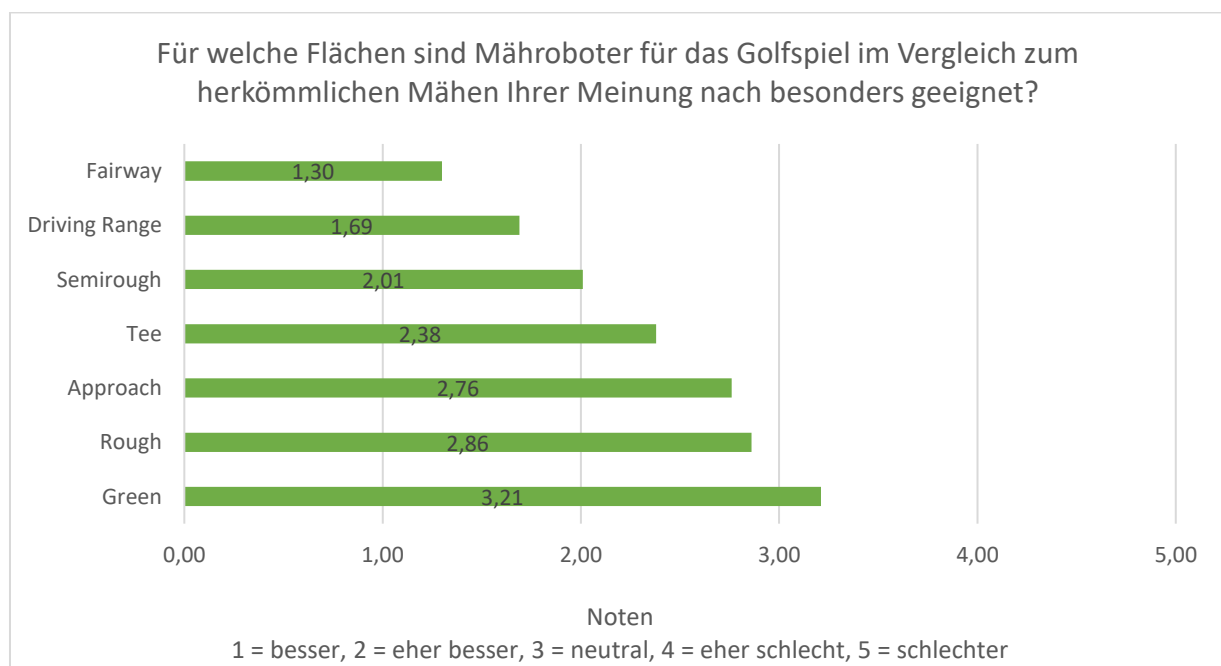


Abbildung 14: Ergebnis der Golferbefragung für welche Golfplatzflächen Mähroboter im Vergleich zum herkömmlichen Mähen Ihrer Meinung nach besonders geeignet sind

Auch in der skandinavischen Studie konnten durch eine Befragung der Golfspieler überwiegend positive Rückmeldung vermerkt werden. Die Golfer störten sich nicht an den Robotern, wünschten jedoch lokale Platzregeln, die den Umgang mit diesen festlegt, sollten sie das Spielgeschehen beeinflussen (vgl. HESSELSØE ET AL. 2023).

Messungen und Bewertungen zur Auswirkung der verschiedenen Mähsysteme auf das Verhalten des Golfballs (Balllage und Ballrollverhalten) wurden bisher nicht vorgenommen.

6. Umweltbelastungen

Düngung und Pflanzenschutz

Die in der Studie befragten Verantwortlichen auf den Golfplätzen konnten mit den bisherigen Erfahrungen noch keine Reduzierung der Stickstoffdüngung vornehmen. Auch im Zusammenhang mit sonstigen Pflegemaßnahmen, wie z.B. Pflanzenschutz gaben die Befragten bisher keine Veränderungen an. Zu gleichen Ergebnissen kommen HESSELSØE ET AL. (2023) die sich in Skandinavien u.a. mit der Stickstoffrückführung durch das Schnittgut durch den Einsatz von Rasenmärobotern befassten. Dabei wurde die Versuchsfläche mit unterschiedlichen N-Mengen/m² gedüngt. Es konnte bisher nicht belegt werden, dass Flächen, die mit RMR gemäht wurden, einen niedrigeren Düngbedarf aufwiesen als herkömmliche Mähtechnik. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer langfristigen Betrachtung positive Effekte zu erwarten sind. Nach der hier kurzfristigen Betrachtung von ein bis zwei Vegetationsperioden waren keine Veränderungen feststellbar.

Energieverbrauch

Weder zum Verbrauch von Kraftstoffen noch zum Strombedarf konnten von den Befragten Daten oder Schätzungen zur Verfügung gestellt werden. Daher sind zurzeit keine Aussagen zu den Fragen Erderwärmungspotenzial (GWP-Global Warming Potential) oder CO₂-Äquivalent (Kohlendioxid) möglich.

Auch konnten im Rahmen dieser Studie keine aussagekräftigen Daten und Informationen von Geräteherstellern für einen möglichen Vergleich ausgewertet werden. Auch in der Literatur ist sehr wenig zu finden. So konnten nur GROSSI ET AL. (2016) für akkubetriebene Rasenmäroboter im Vergleich zu einem benzingetriebenen, handgeführten Sichelmäher bei Gebrauchsrasenschnitthöhe wöchentlich einen etwa um 60 % geringeren Energieverbrauch feststellen.

Auf der Golfanlage Golfclub Castrop-Rauxel e.V. in Frohlinde wurde durch Head Greenkeeper, Roman Vierhaus eine Erhebung durchgeführt. Danach wurden je Pflegemonat im Schnitt für 35.000 m² Fairway mit einem RMR 125 kWh Strom verbraucht. Auf einer gleich großen Fläche (35.000 m²) mit HKM 63 l Diesel verbraucht.

Bezogen auf den damit einhergehenden CO₂-Ausstoß für den Antrieb ergeben sich folgende Werte unter der Annahme des Strom im Deutschen Strommix ca. 380 g/kWh CO₂ verursacht (Umweltbundesamt, Stand 2023) und ein Liter Diesel 2.650 g/l (Abb. 15):

RMR ca. 47,5 kg CO₂ je Pflegemonat für 35.000 m² Fairway

HKM ca. 167 kg CO₂ je Pflegemonat für 35.000 m² Fairway

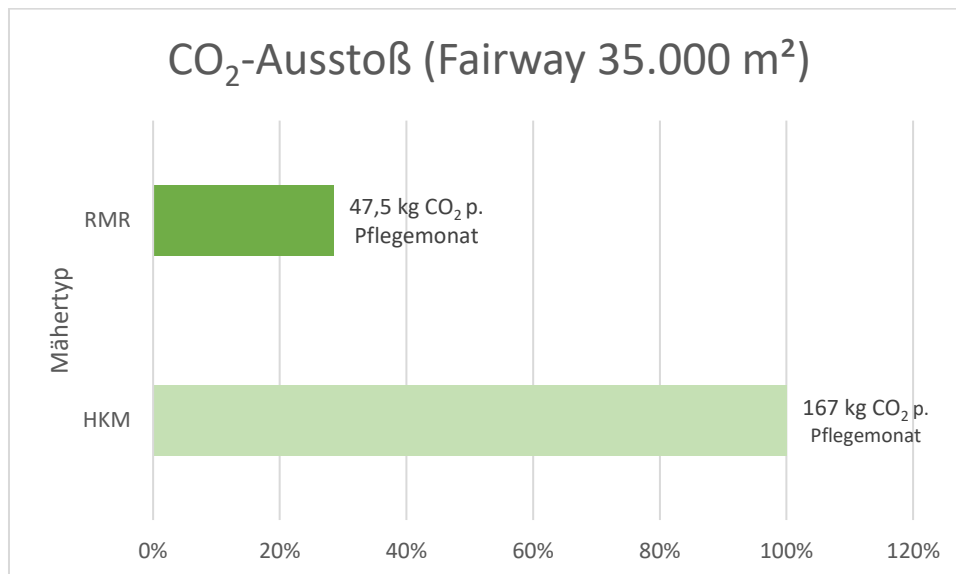


Abbildung 15: CO₂-Ausstoß pro Pflegemonat bei 35.000 m² Fairways (Umweltbundesamt, Stand 2023) (Vierhaus, 2024)

Hinzu kommt bei diesen Werten eine Kostenersparnis von ca. 47 % in absoluten Zahlen (Abb. 16):

RMR ca. 50,00 € je Pflegemonat für 35.000 m² Fairway

HKM ca. 95,00 € je Pflegemonat für 35.000 m² Fairway

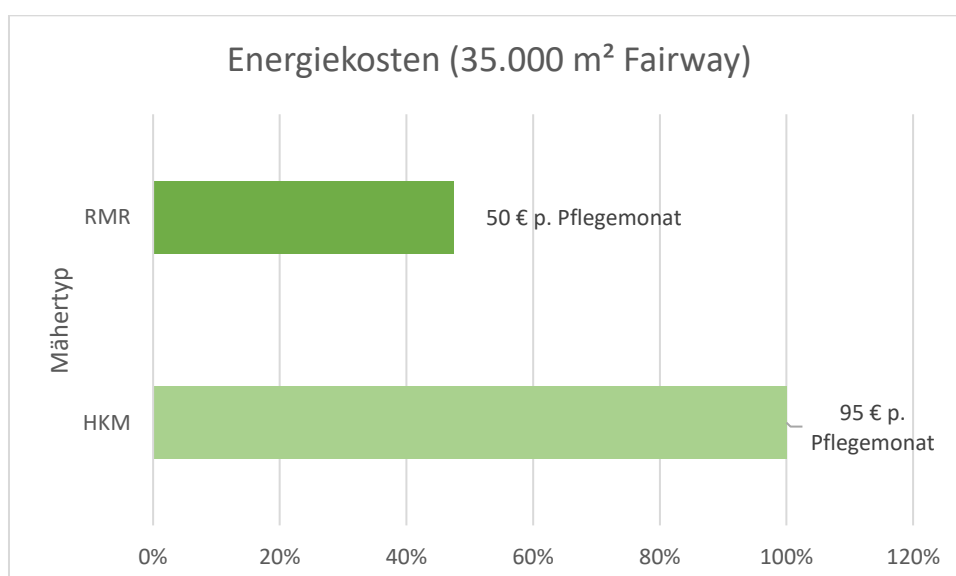


Abbildung 16: Energiekosten pro Pflegemonat bei 35.000 m² Fairways (Vierhaus, 2024)

7. Technische Voraussetzungen

Für die Stromversorgung der Ladestation wird ein Stromanschluss (230 V) benötigt. Einige Hersteller bieten bereits Ladestationen an, die mit Photovoltaik-Panels ausgestattet sind. Diese können die Stromversorgung der Rasenmäherroboter in Teilen unabhängig von der notwendigen Infrastruktur für Strom machen. Für Geopositionierte RMR muss in der Regel eine Referenzstation als Mast aufgestellt werden. Diese Referenzstationen müssen regelmäßig gewartet werden. Hersteller bieten aber auch Systeme an, bei denen zur Geopositionierung keine Masten erforderlich sind, jedoch RTK-GPS Basisstationen eingerichtet werden müssen. Solche Systeme waren bisher nicht auf Golfanlagen zu finden. Zur Erweiterung auf größere Flächen mit erweiterter Flotte an RMR kann, je nach Hersteller, zusätzlich die Nutzung des 4G-Netzes erforderlich werden.

8. Ausblick

MCELROY ET AL. 2023 gehen davon aus, dass das automatische Mähen die Zukunft der Rasenpflege entscheidend beeinflussen wird. Leichtgewichtige RMR haben das Potenzial, das Mähen zu revolutionieren und z.B. Pflegemaßnahmen wie Aerifizieren durch geringeren Bodendruck zu verändern. Außerdem könnten durch die höhere Mähfrequenz geringere Schnittgutmengen schneller umgesetzt werden und damit Düngemaßnahmen beeinflussen. Die ästhetische Qualität des Rasens wird sich durch RMR ausgehend vom bisher gewohnten Mähbild verändern und mit dem fast täglich „frischen“ Schnittbild neu einordnen.

Durch die schnelle Fortentwicklung der Rasenmäherroboter mit den zunehmenden Erfahrungen in der technischen Standfestigkeit, den sich erweiternden Möglichkeiten der Signalübertragung und Steuerung sowie der Ergänzung von Photovoltaikelementen an den Ladestationen, sollten zukünftig ökonomische Vorteile durch den Einsatz von Mäherobotern erzielbar sein.

9. Fazit

Aus wirtschaftlichen Erwägungen und Gründen der Produktivität zeigen die bisherigen Erhebungen keine Kostenvorteile durch den Einsatz von autonomen Rasenmähroboter-Systemen. Eine gewonnene Arbeitszeit wird in der Regel für andere Tätigkeiten verwendet. Durch den Einsatz von RMR-Systemen wird in der Regel dem zunehmenden Fachkräftemangel begegnet.

Im Hinblick auf die Rasenqualität haben Rasenmähroboter (RMR) wie auch die herkömmliche Mähtechnik (HKM) im Bereich der Fairways Vor- und Nachteile. RMR erzeugen durch fast tägliche Mahd ein insgesamt frischeres Erscheinungsbild des Rasens mit gleichmäßiger Qualität und Rasennarbenhöhe sowie Vitalität und Grünaspekt. Damit können RMR gute bis bessere Voraussetzungen für den alltäglichen Golfspielbetrieb bieten. Die HKM stellt ein klareres Schnittbild (Mähmuster) mit streifenförmigen Hell-Dunkel-Effekt bereit und sorgen durch die Spindelmähtechnik für einen glatteren Schnitt der Gräser sowie eine bessere Verteilung des Schnittgutes insbesondere bei stärkerem Gräseraufwuchs. Damit kann HKM insbesondere für hohe und höchste Anforderungen, z.B. bei häufigem Turnierbetrieb und hohem sportlichen Level die entsprechende Qualität auf Fairways bereitstellen.

Bei der Umweltbelastung ist davon auszugehen, dass der Einsatz akkubetriebener Rasenmähroboter insbesondere von Strom aus regenerativen Energiequellen, einen Beitrag zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes leisten wird.

Beim Einsatz von automatisierten Mähsystemen wie die leichtgewichtigen RMR, die ggf. auch in Nachstunden eingesetzt werden können, sind die entsprechenden Verordnungen/gesetzlichen Regelungen zum Artenschutz (insb. Tierschutz) besonders zu beachten (siehe Informationsblatt Golf & Natur – “Der Einsatz von Mährobotern auf Golfplätzen”, vom März 2024, DGV)

Literaturverzeichnis

- GROSSI, N., FONTANELLI, M., GARRAMONE, E., PERUZZI, A. UND M. RAFFAELLI, 2016: Autonomous mower saves energy and improves quality of oft all fescue lawn. HortTechnology 26(6):825-830 (<https://doi.org/10.21273/HORTTECH03483-16>)
- HESSELSØE, K., BORCHERT, A. F., PETTERSEN, T., BEISLAND, A., HANNESSON, B., NIELSEN, L. H. 2023: ROBO-GOLF: Robotic mowers for better turf quality on golf course fairways and semi-roughs: Scandinavian Turfgrass and Enviroment Research Foundation (STERF).
- MCELROY, J. S., MAGNI, S., CATUREGLI, L., SPORTELLI, M., SCIUSCO, G., FONTANELLI, M., UND M. VOLTERRANI, 2023: Autonomous mowers will change the rules of mowing. Autonomous mowers have the potential to change the quality of tturf, impact on pests and potentially fertization methods, aerification and verticutting. Hg. v. GCM Online. Online verfügbar unter <https://www.gcmonline.com/research/news/autonomous-mowers>.
- UMWELTBUNDESAMT, 2023: CO₂-Rechner des Umweltbundesamtes. Online verfügbar unter https://uba.co2-rechner.de/de_DE/start#panel-calc
- VIERHAUS R., 2024: Datenerhebung des Head-Greenkeepers für den Energieverbrauch auf der Golfanlage Castrop-Rauxel e.V. in Frohlinde

Bullet Points

Studie

Autonome und herkömmliche Mähsysteme für Golfanlagen

- ein Vergleich von Kosten, Produktivität und Pflegequalität unter Berücksichtigung des ökologischen Fußabdrucks –

Bullet Points

Im Trend der zunehmenden Automatisierung von Mäharbeiten auf Rasenflächen, wächst auch die Zahl von Golfplätzen, die eine Umstellung auf akkubetriebene Mähroboter mit georeferenzierter Steuerung durch GPS-Daten im Bereich der Fairways abwägen.

In der folgenden Auflistung sind aus der vorliegenden Studie wesentliche Kriterien als Hinweise für eine Entscheidungsgrundlage zur Umstellung auf Rasenmähroboter „RMR“ oder zum Erhalt der herkömmlichen Mähtechnik „HKM“ kompakt zusammengestellt.

➤ Wirtschaftlichkeit

- Die Kosten für den Einsatz von RMR sind abhängig der örtlichen Situation. Es gibt große Spreizungen der Kosten aufgrund des Ansatzes im Greenkeeping und aufgrund der örtlichen Gegebenheiten verschiedener Golfanlagen zu erwarten.
- Aktuell erscheinen die RMR noch etwas teurer zu sein als die HKM, auch wenn bisher (Stand 2023-24) keine signifikanten Unterschiede der Kosten zwischen RMR und HKM feststellbar sind.
- Interessant kann die HKM ausgerüstet mit einer GPS-Steuerung sein, auch wenn die Investitionskosten zunächst hoch sind und die Datenlage schwach ist.

➤ Produktivität

- Die durch RMR freiwerdende Arbeitszeit ermöglicht dem Greenkeeping bei gleichbleibendem Personalbestand Zeit für andere Arbeiten zur Verbesserung der Platzqualität zu nutzen.
- Häufig ist fehlendes Personal im Greenkeeping ein Grund für die Beschaffung von RMR
- Ein Teil der Arbeitszeit wird für das Beheben von Fehlermeldungen und Wartungsarbeiten der RMR benötigt.

➤ **Zuverlässigkeit**

- Die RMR sind noch nicht zuverlässig. Es kommt zum Ausfall in Verbindung mit Fehlermeldungen und Störungen. Neben Problemen bei der Standortübertragung durch GPS-Signal sind die Ursachen der Fehlermeldung häufig nicht erkennbar. Trotzdem muss vor Ort jemand zumindest die „Reset-Taste“ drücken.
- Größere Havarien mit RMR sind sehr selten, kommen aber dennoch vor.

➤ **Rasenqualität**

- Insgesamt sind die Unterschiede in Bezug auf die Rasenqualität zwischen RMR und HKM nur gering.
- Die RMR zeigen tendenziell für die Rasenqualität, Homogenität und Farbeindruck der Grünintensität geringfügig bessere Werte, während HKM bei Schnittbild, Schnittqualität und Schnittgutresteverteilung höhere Bewertungen erzielen.
- Lineare Bahnenmuster sind beim Einsatz von RMR mit georeferenzierter GPS-Steuerung möglich, jedoch sind die Mähmuster der RMR weniger stark ausgeprägt als bei Einsatz der HKM mit Spindelmähern.
- Der Einsatz von RMR ermöglicht durch den ständigen Schnitt eine im Zeitverlauf gleichmäßigere Schnitthöhe im Vergleich zur HKM, da hier in der Regel nur zwei- bis dreimal die Woche gemäht wird.
- Die HKM leistet aktuell bei höherem Schnittgutaufkommen eine bessere Schnittgutverteilung als RMR.
- Die Rasennarbe zeigt durch den häufigeren Schnitt mit RMR ein frischeres Erscheinungsbild und bessere Vitalitätswerte.

➤ **Einfluss auf Golfspiel**

- Golfspieler bewerten den Einsatz von RMR für das Golfspiel (Lärmbelästigung, Rasenqualität, Unruhe auf dem Platz, Störung des Spielflusses) als „eher besser“ und halten den Einsatz vor allem auf Fairways für „besonders geeignet“.

➤ **Umweltbelastung / CO₂-Ausstoß**

- Der Einsatz von akkubetriebenen RMR kann im Gegensatz zu dieselbetriebener HKM (Spindelmähern) auf Fairways über 70 % CO₂ und über 50 % der Kosten beim Energieverbrauch für den Antrieb einsparen.

➤ **Ausblick**

- Auch wenn es bisher an wissenschaftlichen Belegen fehlt, ist zu erwarten, dass der Einsatz von leichtgewichtigen RMR durch geringeren Bodendruck die Bodenverdichtung und in der Folge Pflegemaßnahmen, wie z.B. Aerifizierungsmaßnahmen einsparen kann.
- Es ist zu erwarten, dass durch die höhere Mähfrequenz beim RMR-Einsatz die geringeren Schnittgutmengen schneller zur Nährstoffrückführung umgesetzt werden können.
- Durch technologische Weiterentwicklung bei Technik und Signalübertragung, Einsatz von Photovoltaik an Ladestationen ist zu erwarten, dass RMR weitere ökonomische Vorteile aufzeigen können.