

JANDA+DORRER

Gutachten

-

zum Einsatz des Gießroboters „Rainos“ auf dem
Schwabacher Waldfriedhof

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung und Erklärung</i>	3
1.1	Istzustand Schwabacher Waldfriedhof	3
1.2	Beschreibung Gießroboter	3
1.3	Beschreibung Tankstation	3
1.4	Beschreibung Ladestation	3
2	<i>Sicherheit</i>	4
2.1	CE-Erklärung	4
2.2	Technischer Stand und Erklärung der Funktionen	4
2.3	Allgemeine sicherheitstechnische Bewertung	4
2.4	Ergebnisse des Einsatzes auf dem Rednitzhembacher Friedhof und dem Friedhof an der Heilig-Kreuz-Kirche Ansbach	4
2.5	Tests der Sicherheitsfunktionen	5
2.6	Mögliche Probleme der Sicherheitsfunktionen	6
2.7	Rückwärtsfahren	7
3	<i>Umwelteinflüsse</i>	8
3.1	Antrieb, Verbrauch, Lärmemission	8
3.2	Langfristige Merkmale auf unterschiedliche Untergründe	9
3.2.1	feste Wege	9
3.2.2	wassergebundene Decken	9
3.2.3	Rasen	10
3.2.4	Waldwege	10
3.3	Einflüsse auf Flora und Fauna	10
3.4	Wasserverbrauch	11
4	<i>Voraussichtliche Ergebnisse für den Schwabacher Waldfriedhof</i>	12
5	<i>Fazit</i>	13
6	<i>Erstellung / Rechtliche Hinweise</i>	14

1 Einleitung und Erklärung

Der Gießroboter Rainos wird seit 2018 eingesetzt und hat sich inzwischen deutschlandweit auf über 20 Friedhöfen etabliert. Städte wie Berlin, München, Stuttgart und Bern sowie kirchliche Träger empfehlen den Einsatz des Rainos auf Friedhöfen, um die Bewässerung von Grünanlagen zu automatisieren. Die Firma Blumen Schwarz plant seit 2019 den Einsatz eines solchen Gießroboters auf dem Schwabacher Waldfriedhof. Ziel dieses Gutachtens ist es, eine detaillierte Beschreibung des Gießroboters, seiner Infrastruktur und eine sicherheitstechnische sowie ökologische Bewertung für den Schwabacher Waldfriedhof zu liefern.

1.1 Istzustand Schwabacher Waldfriedhof

Der Schwabacher Waldfriedhof erstreckt sich über ca. 12 Hektar und wurde 1914 gegründet. Mit rund 7.000 Grabstellen, von denen etwa 50% belegt sind, bietet er einen vielfältigen Landschaftscharakter, bestehend aus Waldflächen, Parkanlagen und Rasenfeldern. Ein Merkmal des Friedhofs ist der alte Baumbestand, der die Wege beeinflusst, indem Baumwurzeln teilweise Asphalt- und Pflasterwege beschädigen. Abteilungen 1 bis 8 zeichnen sich durch eine naturnahe und „kreative“ Anordnung von Wegen aus, während die neueren Bereiche strukturierter und mit breiteren Wegen gestaltet sind.

1.2 Beschreibung Gießroboter

Der Rainos (von Innok Robotics) ist ein autonomer, elektrischer Gießroboter, der wie ein selbstfahrender Elektroschubkarren mit einem Wasserfass arbeitet. Er hat ein Eigengewicht von 200 kg und ein Gesamtgewicht von etwa 400 kg bei vollem Wassertank. Der Roboter bewegt sich mit maximal 3,3 km/h fort und wird über seine Hinterräder angetrieben, die besonders breit sind, um Schäden am Rasen zu minimieren. Die Front des Roboters ist mit einer Stoßleiste versehen, die beim Kontakt sofort den Antrieb stoppt.

1.3 Beschreibung Tankstation

Die Tankstation besteht aus einem stabil verankerten Kunststofffass und benötigt 0,5 m² Fläche. Die Nachfüllung des Roboters erfolgt automatisch über eine druckgesteuerte Wasserleitung, wobei die Elektronik durch ein Solarpanel und eine Batterie betrieben wird. Bei einem Ausfall bleibt das Nachfüllventil stromlos geschlossen, um unnötigen Wasserverbrauch zu verhindern.

1.4 Beschreibung Ladestation

Die Ladestation nimmt lediglich 0,1 m² ein und lädt den Roboter über eine Induktionsschleife mit 48 V und 6 A. Der Roboter fährt autonom zur Ladestation, um sich aufzuladen, wenn seine Batterie zur Neige geht.

2 Sicherheit

2.1 CE-Erklärung

Die CE-Zertifizierung für den Rainos wurde im Dezember 2023 erteilt und liegt diesem Gutachten bei. Diese Zertifizierung bestätigt, dass der Roboter die europäischen Sicherheitsstandards erfüllt.

2.2 Technischer Stand und Erklärung der Funktionen

Der Rainos arbeitet mit einem dreifachen Sicherheitsmechanismus:

- **Ein Lidar-System** scannt die Umgebung in 16 Höhenebenen und einem 270°-Winkel. Hindernisse werden bei einer Entfernung von unter 160 cm erkannt und bei 45 cm Entfernung gestoppt.
- **Eine Stoßleiste** an der Front des Roboters stoppt den Antrieb bei direktem Kontakt.
- **Zwei Sicherheitsschalter** ermöglichen es, den Roboter manuell auszuschalten. Diese Schalter gewährleisten, dass der Betrieb nur durch autorisierte Personen wiederaufgenommen werden kann, da sie mit einem Schlüssel entriegelt werden müssen.

Der Roboter ist zudem mit einem Warnblinklicht ausgestattet, das im autonomen Modus aktiviert ist.

2.3 Allgemeine sicherheitstechnische Bewertung

Der Schwabacher Waldfriedhof ist nicht durch verschlossene Tore gesichert, sodass der Roboter auch außerhalb der offiziellen Öffnungszeiten auf Personen treffen könnte. Aufgrund der Größe des Friedhofs und der sehr geringen Besucherzahlen in den späten Abend- und Nachtstunden wird jedoch ein minimales Risiko angenommen. Erfahrungen von anderen Friedhöfen, wie dem Rednitzhembacher Friedhof und dem Friedhof an der Heilig-Kreuz-Kirche in Ansbach, zeigen, dass es bislang keine Zwischenfälle mit Personen gegeben hat. Dies lässt darauf schließen, dass der Roboter auch in diesem Fall keine Gefahr für Besucher darstellt.

Ein weiterer wichtiger Sicherheitsaspekt betrifft die elektrische Spannung und Stromstärke des Roboters. Im Roboter und an seiner Ladestation liegt eine Spannung von 48 V an, bei vollständig geladener Batterie sogar bis zu 51 V. Hierdurch ergibt sich eine Stromstärke von 0,048 mA. Selbst unter ungünstigen Umständen (wie nassen Händen) würde jedoch lediglich eine Stromstärke von maximal 0,192 mA fließen. Dies liegt weit unter dem gefährlichen Bereich und entspricht einer Stromstärke, die nur sehr empfindliche Menschen überhaupt wahrnehmen können.

Zusätzlich hat der Roboter keine offenliegenden, stromführenden Kontakte, wodurch das Risiko eines Stromschlags ausgeschlossen ist. Somit kann von dem Roboter, auch in direktem Kontakt, keine Gefahr für Personen ausgehen.

2.4 Ergebnisse des Einsatzes auf dem Rednitzhembacher Friedhof und dem Friedhof an der Heilig-Kreuz-Kirche Ansbach

Seit 2022 betreut Blumen Schwarz erfolgreich einen **Rainos**-Roboter auf dem Rednitzhembacher Friedhof und seit 2024 einen weiteren auf dem Friedhof an der Heilig-Kreuz-Kirche in Ansbach (Stadtfriedhof). In dieser Zeit gab es **keinerlei Personenschäden** auf beiden Friedhöfen, was für die hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems spricht.

In Tests und Vorführungen zeigt der Roboter bei einer „losen“ Gruppe von bis zu **sieben Personen** keinerlei Beeinträchtigung seiner Fahrfunktionen. Bei Gruppen von **12 oder mehr Personen**, die den Roboter umstehen, schaltet das **Sicherheitssystem automatisch ab**, um jegliche Gefährdung zu vermeiden. Besonders im Rednitzhembacher Friedhof wurden Personen beobachtet, die nach den offiziellen Öffnungszeiten den Roboter interessiert beobachtet und teilweise seine Sicherheitsfunktionen getestet haben. **Es gab in keinem Fall physischen Kontakt** zwischen dem Roboter und den Menschen, was die Wirksamkeit der Sicherheitsvorkehrungen untermauert.

Auch auf dem Ansbacher Friedhof wurde der Roboter bei der Einrichtung (unter menschlicher Kontrolle) mit einer historischen Friedhofsführung konfrontiert. Die Gruppe von **15 Personen** wurde vom Roboter sauber als Hindernis erkannt und ohne Probleme umfahren.

Seit der Umstellung des **Lidar-Systems** von einer einzelnen Scanebene auf **16 Höhenebenen** erkennt der Roboter alle Hindernisse auf befestigten Wegen ab einer Höhe von **20 cm**, wodurch selbst kleinere Gegenstände wie Gießkannen oder Pflanzschalen im Fahrweg detektiert und umgangen werden.

Blumen Schwarz berichtet, dass die Reaktionen der Friedhofsbesucher auf den Rainos sehr positiv ausfallen. **Selbst ältere Menschen**, die der Technik oft skeptisch gegenüberstehen, empfinden den Roboter als sinnvoll und zuverlässig. Diese positive Wahrnehmung lässt sich auf die **niedrige Geschwindigkeit** und den **nahezu lautlosen Antrieb** des Roboters zurückführen, wodurch er als sympathisch und ungefährlich empfunden wird.

Zusammengefasst zeigt der Einsatz des Rainos, dass der Roboter nicht nur sicher in der Interaktion mit Menschen ist, sondern auch von der Öffentlichkeit als willkommene technische Unterstützung auf Friedhöfen wahrgenommen wird.

2.5 Tests der Sicherheitsfunktionen

Der **Rainos-Roboter** wurde umfassend auf seine Sicherheitssysteme getestet, insbesondere im Hinblick auf die Hinderniserkennung und die zusätzliche Backup-Sicherheit der Stoßleiste. Die Ergebnisse belegen eindeutig die Zuverlässigkeit und Effektivität der implementierten Sicherheitsmaßnahmen:

1. Lidar-Sicherheitstest:

- Der Roboter wurde bei einer **Höchstgeschwindigkeit von 3,3 km/h** unter realistischen Bedingungen getestet. Dabei sprang ein Mensch als Hindernis vor den Roboter.
- In **100 von 100 Tests** stoppte der Roboter zuverlässig.
- Die tatsächliche gemessene Stop-Entfernung schwankte zwischen **38 cm und 43 cm**, bei einer eingestellten Soll-Distanz von 45 cm (gemessen von der äußeren Kante des Lidars bis zum Bein des Menschen).
- Dies zeigt, dass der Lidar zuverlässig Hindernisse erkennt und der Roboter rechtzeitig stoppt.
- **Genaue Messdetails** sowie ein Video des Versuchsaufbaus können bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

2. Sicherheit der vorderen Stoßleiste (Backup-Sicherheit):

- Die vordere Stoßleiste dient als zusätzliche Sicherheitsfunktion, die nur dann zum Einsatz kommt, wenn der Lidar in seltenen Fällen nicht auslösen sollte.
- Die Tests konnten nur im **Stillstand** durchgeführt werden, da die Stoßleiste als **Notfallmechanismus** fungiert.
- Auch hier zeigte der Roboter bei **100 von 100 Versuchen** einen sofortigen Stillstand, sobald die Stoßleiste betätigt wurde.

- Der **Andrückwiderstand** ist dabei so gering, dass bereits ein **Kind ab 15 kg Gewicht** die Stoßleiste auslösen kann.
- Bei **leichten Plastikgießkannen** auf asphaltierten Wegen wird die Gießkanne aufgrund des geringen Widerstands leicht geschoben. Liegen die Gießkannen auf unebenem Boden, sorgen das Gewicht und die Reibung dafür, dass die Stoßleiste zuverlässig anspricht.

Zusammengefasst zeigen die Tests, dass der **Rainos-Roboter** in puncto Sicherheit hervorragend ausgestattet ist:

- Die **Lidar-Erkennung** bietet eine präzise und zuverlässige Hinderniserkennung und ermöglicht ein rechtzeitiges Anhalten.
- Die **Stoßleiste** stellt ein zusätzliches Sicherheitsnetz dar, das selbst bei minimalem Widerstand aktiviert wird.
- Beide Systeme haben in **100% der Tests** ein sofortiges Stoppen des Roboters bewirkt.

Die erzielten Ergebnisse verdeutlichen, dass vom Rainos-Roboter unter realen Betriebsbedingungen **keine Gefahr** für Personen oder Gegenstände ausgeht.

2.6 Mögliche Probleme der Sicherheitsfunktionen

Die **Sicherheit des Rainos-Roboters** wurde durch die bisherigen Tests umfassend bestätigt. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Stoßleiste nur die **Front des Roboters** schützt, während der Lidar-Sensor einen Erfassungswinkel von **ca. 270°** abdeckt. Daraus ergibt sich, dass der **Bereich hinter dem Roboter** nicht ausreichend gesichert ist.

Szenarien und Beobachtungen:

1. **Person nähert sich von hinten und bleibt am Antriebsrad stehen:**
 - Wenn der Roboter dreht, kann es zu einer **leichten Berührung** zwischen Mensch und Roboter kommen.
 - Aufgrund des **Drehpunkts an der Hinterradachse** sind diese Berührungen allerdings nur gering ausgeprägt und verursachen lediglich ein leichtes Schubsen, ohne eine ernsthafte Gefährdung darzustellen.
2. **Fuß unter dem hinteren Antriebsrad:**
 - In diesem Szenario könnte der Roboter bei der Drehung oder Vorwärtsbewegung über einen Fuß fahren.
 - Subjektive Tests mit **vier unterschiedlich gebauten männlichen und weiblichen Personen** zeigten, dass dies zwar schmerzhaft ist, jedoch keine **ernsthaften Verletzungen** verursacht.
 - Die Tests wurden unter **Vollastbedingungen** (z. B. volles Gießfass) und ausschließlich mit erwachsenen Personen durchgeführt.

Um das Restrisiko weiter zu minimieren, empfehlen wir dem Hersteller, die **Stoßleiste vollständig um den Roboter** zu ziehen. Dadurch würde der **hintere Bereich** ebenfalls abgedeckt und die Sicherheit nochmals verbessert.

Der Rainos-Roboter weist insgesamt ein **hohes Sicherheitsniveau** auf. Die bestehenden Sicherheitsmechanismen (Lidar und vordere Stoßleiste) funktionieren zuverlässig. Das Risiko für Verletzungen ist auch in speziellen Szenarien, wie dem Berühren des Antriebsrads oder dem Überfahren eines Fußes, **minimal** und führt nicht zu ernsthaften Schäden. Dennoch könnte eine Erweiterung der Stoßleiste um den gesamten Roboter dazu beitragen, die Sicherheit weiter zu optimieren.

2.7 Rückwärtsfahren

Aktuell ist es laut **Bedienungsanleitung vom Dezember 2023** nicht möglich, den Rainos-Roboter automatisiert rückwärts fahren zu lassen. Es existiert jedoch eine **manuelle Notfallsteuerung** in der Bediensoftware, die in speziellen Situationen aktiviert werden kann.

Zweck und Funktionsweise der Notfallsteuerung:

- **Einsatzbereich:** Umfahren von Hindernissen oder Fortsetzung des Betriebs, wenn der Weg blockiert ist.
- **Fahrverhalten:** Der Roboter fährt **rückwärts** mit einer reduzierten Geschwindigkeit von **0,5 km/h**.
- **Sicherheitsmaßnahme:** Während dieser Rückwärtsbewegung wird ein **90-dB-Warnton** ausgelöst, um auf die Bewegung aufmerksam zu machen.
- **Wegkontrolle:** Es wird davon ausgegangen, dass der Weg, den der Roboter rückwärtsfährt, zuvor bereits frei war, da er diesen zuvor vorwärts befahren hat.

Risikoabschätzung:

1. Rückwärtsfahren mit Warnton:

Durch die **niedrige Geschwindigkeit** (0,5 km/h) und den **deutlichen akustischen Hinweis** (90 dB) ist die **Gefahr für Menschen** minimal, da der Roboter ausreichend wahrnehmbar ist.

2. Restrisiko:

Trotz der Sicherheitsmaßnahmen besteht ein **geringes Risiko**, dass Personen, die sich unbemerkt hinter dem Roboter aufhalten, beeinträchtigt werden könnten.

Die Notfallsteuerung mit Rückwärtsfahren ist durch Geschwindigkeit und Warnton bereits gut abgesichert. Allerdings empfehlen wir dem Hersteller auch in diesem Anwendungsfall, die **Stoßleiste umlaufend um den Roboter zu erweitern**. Dies würde sicherstellen, dass der Roboter auch bei der manuellen Rückwärtsfahrt durch physische Berührungen zuverlässig gestoppt wird, selbst wenn der Lidar-Sensor Hindernisse nicht erkennt.

3 Umwelteinflüsse

In der Stadtratssitzung 2020 in Schwabach wurde seitens der Verwaltung die Befürchtung geäußert, dass der Einsatz des Roboters negative Umwelteinflüsse haben und das Erscheinungsbild des Friedhofs nachhaltig verändern könnte. Die bisherigen Erfahrungen auf dem Rednitzhembacher Friedhof sowie auf dem Ansbacher Stadtfriedhof an der Heilig-Kreuz-Kirche konnten diese Punkte nicht bestätigen. Auf dem Rednitzhembacher Friedhof, wo der Roboter bereits seit längerer Zeit im Einsatz ist, wurden keine negativen Umwelteinflüsse festgestellt und das Erscheinungsbild des Friedhofs blieb unverändert. Auch auf dem Ansbacher Friedhof, wo die Daten aufgrund des kürzeren Einsatzzeitraums noch begrenzt sind, zeigen sich bisher keine Anzeichen für eine Veränderung des Friedhofsbildes oder der Umwelt. Friedhofsbesucher und Anwohner nehmen den Roboter aufgrund seiner niedrigen Geschwindigkeit und seines nahezu lautlosen Antriebs als unauffällig und angemessen wahr. Besonders ältere Menschen äußern positive Meinungen zur Technik und betonen ihre Sinnhaftigkeit und Zuverlässigkeit. Damit widersprechen die bisherigen Erkenntnisse klar den anfänglichen Bedenken aus der Stadtratssitzung. Bislang konnten weder negative Umwelteinflüsse noch nachhaltige Veränderungen am Erscheinungsbild der Friedhöfe festgestellt werden.

3.1 Antrieb, Verbrauch, Lärmemission

Der Rainos arbeitet zu 100% elektrisch mit einem 48-Volt-System, während die Pumpen mit einem 36-Volt-System betrieben werden. Der Energieverbrauch des Roboters liegt, abhängig von Geländegegebenheiten wie Steigungen und dem Einsatz der Pumpen, bei etwa 1 kWh pro Nacht. Für das Unternehmen Blumen Schwarz würde eine Umstellung vom derzeitigen Gießverfahren mit einem Kommunaltraktor und Gießfass auf den Einsatz von zwei Rainos eine Energieersparnis von rund 98% bedeuten. Diese Berechnung basiert auf vereinfachten Werten: 1 Liter Diesel entspricht etwa 10 kWh, während aktuell pro Gießvorgang etwa 10 Liter Diesel verbraucht werden.

Die Lärmemission des Rainos liegt bei unter 70 dB, wobei die Hauptlärmquelle die Pumpen und der damit verbundene Wasserstrahl sind. Im praktischen Einsatz zeigt sich, dass der Roboter bereits ab einer Entfernung von 15 Metern, besonders in lärmdämpfenden Grabfeldern, kaum noch wahrnehmbar ist. Ab 50 Metern wird er von Friedhofsbesuchern und Anwohnern als nahezu lautlos beschrieben. Auf dem Ansbacher Friedhof, der sich mitten in der Innenstadt mit dichter Bebauung befindet, wurden Lärmbedenken seitens der Verantwortlichen nach der ersten Vorführung vollständig ausgeräumt. Für Blumen Schwarz würde die Umstellung von einem Betrieb mit einem 100 dB lauten Traktor auf den gefühlt lautlosen Betrieb des Rainos außerhalb der Öffnungszeiten einen erheblichen Vorteil darstellen.

Die Batterien des Roboters können mit Solarstrom oder Ökostrom geladen werden, wodurch der Rainos CO₂-neutral betrieben werden kann. Dies gilt auch für das derzeitige Traktorgießen von Blumen Schwarz, das bereits mit CO₂-neutral erzeugtem HVO-Diesel erfolgt.

Die Stadtverwaltung Schwabach äußerte Bedenken hinsichtlich einer möglichen erhöhten Lärmbelästigung durch nächtliche Wartungsarbeiten. Die Praxis zeigt jedoch, dass nächtliche Besuche auf dem Friedhof eine absolute Ausnahme darstellen. 99% der Probleme, die während des autonomen Betriebs auftreten, lassen sich remote über einen Computer lösen. Lediglich in etwa 1% der Fälle ist ein Besuch vor Ort notwendig, der in der Regel tagsüber durchgeführt wird. Auf dem Rednitzhembacher Friedhof gab es bisher keinerlei Beschwerden, und in Ansbach war bislang kein nächtlicher Einsatz erforderlich.

Typische Ursachen für Betriebsunterbrechungen sind Hindernisse im Fahrweg wie ungeschnittene Hecken, umgekippte Bepflanzung wie hohe Rosen, die auf den Weg kippen, Äste, Gießkannen oder Erdhaufen von ausgehobenen Gräbern. Der Roboter stellt somit eine zuverlässige und umweltschonende Alternative zum bisherigen Gießbetrieb dar, ohne die Lärmbelastung oder die Umgebung des Friedhofs negativ zu beeinflussen.

3.2 Langfristige Merkmale auf unterschiedliche Untergründe

Die Verwaltung des Schwabacher Stadtfriedhofes führte in ihrer Argumentation gegen den Einsatz des Rainos massive Schäden an der Weg Decke an. Nach fast drei Jahren Betrieb auf dem Rednitzhembacher Friedhof lassen sich hierzu klare Aussagen treffen, die die normale Nutzung der Wege betreffen. Grundsätzlich zeigt sich, dass der Roboter bei üblichen Fahrbewegungen auf befestigten Wegen keine signifikanten Spuren oder Schäden hinterlässt. Lediglich an den Standorten von Tank- und Ladestationen, an denen der Rainos jede Nacht häufige Drehbewegungen ausführt, ist es sinnvoll, einen stabilen Unterbau wie Rasenwaben, Rasensteine oder ähnliche Materialien zu verwenden. Auf unbefestigten Böden wie Rasen oder Waldwegen könnten sich dort durch die wiederholten Drehbewegungen rasch Abnutzungen oder Schäden zeigen.

Durch diese gezielte Stabilisierung der Flächen an Tank- und Ladepunkten lassen sich potenzielle Probleme zuverlässig vermeiden, sodass der reguläre Betrieb des Rainos keine negativen Auswirkungen auf die Wege des Friedhofs zeigt.

3.2.1 feste Wege

Auf befestigten Wegen wie Asphalt oder Pflaster entstehen durch den Einsatz des Rainos keinerlei Beschädigungen der Weg Decke. Allerdings lassen sich leichte Fahrspuren auf dem Belag erkennen. Diese entstehen, weil beim Gießen immer etwas Wasser an die Antriebsräder gelangt, meist durch ein leichtes Abtropfen nach dem Abschalten der Pumpe. Wenn der Roboter mit diesen leicht feuchten Rädern zuvor über unbefestigte Wege ohne Bewuchs gefahren ist, können Spuren auf den befestigten Flächen sichtbar werden.

Bis heute haben sich alle diese Fahrspuren von selbst nach dem ersten großen Regen vollständig aufgelöst, sodass keine dauerhaften Rückstände oder Schäden zu beobachten sind.

3.2.2 wassergebundene Decken

In Rednitzhembach und Ansbach gibt es keine Wege mit wassergebundener Decke, weshalb die folgenden Ausführungen rein theoretischer Natur sind. Einige dieser Informationen wurden den Untersuchungen der LWG Veitshöchheim entnommen

(https://www.lwg.bayern.de/landespflanze/urbanes_gruen/092626/index.php).

Generell treten bei wassergebundenen Decken ab einer Geschwindigkeit von 20 km/h Probleme mit Staubentwicklung auf. Der Rainos bewegt sich jedoch mit einer Geschwindigkeit von nur 3,3 km/h, wodurch keinerlei Staubentwicklung zu erwarten ist. Die geringe Geschwindigkeit in Kombination mit dem vergleichsweise niedrigen Gewicht des Roboters sorgt zudem dafür, dass auch bei Drehbewegungen keine Schäden an der wassergebundenen Decke zu befürchten sind. Laut der LWG leiden solche Wege ab einer Belastung von 2000 Fahrradfahrern pro Tag. Der Rainos befährt auf beiden Friedhöfen die Hauptwege hingegen maximal 40-mal pro Nacht, was deutlich unter dieser Belastungsgrenze liegt.

3.2.3 Rasen

Der Roboter hinterlässt auf trockenem Rasen Spuren, die ein ähnliches Erscheinungsbild wie bei Fahrten mit einem Schubkarren oder einem Kommunaltraktor aufweisen. Da der Roboter stets zentimetergenau die gleiche Strecke fährt, sind diese Spuren bei anhaltender Trockenheit gut sichtbar. Allerdings haben sich bisher keine dauerhaften Schäden an der Rasendecke gezeigt, da alle Spuren nach den ersten großen Niederschlägen wieder verschwunden sind. Würde der Rasen gegossen werden, würden solche Spuren ebenfalls nicht auftreten, da die Grashalme in diesem Zustand weicher sind. Es ist zudem möglich, dem Roboter das Drehen und Wenden auf Grasflächen zu verbieten, wodurch auch keine Grabspuren zu befürchten sind.

Da die meisten Rasenflächen auf Friedhöfen ohnehin uneben sind, wird die maximale Geschwindigkeit des Roboters auf 2 bis 2,5 km/h gedrosselt. Diese reduzierte Geschwindigkeit trägt zusätzlich zum Schutz der Rasennarbe bei und minimiert das Risiko von Beschädigungen.

3.2.4 Waldwege

Auf Waldwegen entstehen keine Schäden, solange der Roboter korrekt programmiert ist, um keine Drehbewegungen durchzuführen. Kleinere Äste und Zweige überfährt der Roboter zuverlässig, ohne dass es zu Beschädigungen kommt. Allerdings können Waldwege, insbesondere bei sandigen Böden, gelegentlich Schwierigkeiten bereiten. In solchen Fällen besteht die Möglichkeit, dass die Räder des Roboters durch Schmutz oder Dreck, der sich an den Rädern festsetzt, andere Wege verschmutzen. Dies ist jedoch ein geringes Problem und lässt sich durch geeignete Wartungsmaßnahmen und Programmierungen minimieren.

3.3 Einflüsse auf Flora und Fauna

Bisher konnte auf den Friedhöfen keine negative Beeinträchtigung der Flora festgestellt werden. Der Roboter fährt auf Wegen, die auch von anderen Friedhofsbesuchern sowohl maschinell als auch per Hand genutzt werden. Durch das nächtliche, wassersparende Gießen mit dem Roboter präsentiert sich die Bepflanzung der Gräber deutlich schöner als auf anderen Friedhöfen, was als positiv wahrgenommen wird.

Die Auswirkungen auf die Fauna sind differenzierter zu betrachten. Ein Problem stellt das Sicherheitswarnlicht des Roboters dar, das die nächtliche Dunkelheit des Friedhofes erheblich stört. Es wird empfohlen, das Licht zu deaktivieren oder nur in den frühen Nachtstunden einzusetzen, wenn es die Sicherheitsvorkehrungen zulassen.

Bezüglich des Lidar-Systems sind keine aktuellen Studien über die Auswirkungen auf Insekten verfügbar, und es konnte auch keine entsprechende Forschung durchgeführt werden. Das Lidar ist für das menschliche Auge unsichtbar und wahrscheinlich auch für viele Tierarten nicht wahrnehmbar, im Gegensatz zu Infrarotlicht.

Da der Gießroboter keine gefährlichen Messer wie ein Rasenmäroboter besitzt, könnte eine Tötung von Igel nur durch die Räder des Roboters geschehen. Eine Wahrscheinlichkeitsberechnung mit Beispielwerten zeigt, dass bei einer nächtlichen Fahrzeit von 10 Stunden und einer Geschwindigkeit von 3,3 km/h (ohne Pausen) eine Igel-Tötungsquote von etwa 5% möglich wäre. Diese Berechnung berücksichtigt dabei nicht, dass das Überfahren von Igel in der Mitte des Roboters keine schwerwiegenden Folgen hat. Die Igel haben eine maximale Laufgeschwindigkeit von 6,5 km/h und bewegen sich im Durchschnitt mit 3 km/h, was bedeutet, dass sie den Roboter im Allgemeinen problemlos überholen können. In der Praxis wurde jedoch auf dem Rednitzhembacher Friedhof noch nie ein überfahrener Igel festgestellt, was darauf hindeutet, dass das Risiko in der Praxis weit geringer ist als theoretisch berechnet.

3.4 Wasserverbrauch

Alle gärtnerischen Publikationen empfehlen das Gießen in den verdunstungsarmen Stunden, um die Effizienz der Bewässerung zu maximieren und Wasserverluste zu minimieren. Besonders in Regionen mit heißem Klima, wie beispielsweise in Israel, kommen zunehmend Tropf- und Schwitzschläuche zum Einsatz, um eine präzise und wassersparende Bewässerung zu gewährleisten. Der Rainos arbeitet in diesem Zusammenhang sehr genau. Das Nachfüllen des Wassertanks hat sich als sicher und funktionell erwiesen, wobei im fast dreijährigen Betrieb in Rednitzhembach lediglich ein Vorfall einer Fehlfunktion auftrat. Dieser Fehler ereignete sich, als der Füllstandsensoren per Hand verändert wurde, um den Wasserstand im Nachfülltank zu erhöhen. Dadurch wurde der Sensor außer Funktion gesetzt, was dazu führte, dass der Roboter nicht rechtzeitig abschaltete. Der Wasserverlust war durch das schnelle Eingreifen hilfsbereiter Nachbarn auf wenige Kubikmeter begrenzt. Dieser Vorfall wird als menschliches Versagen eingestuft und ist keine wiederkehrende Problematik. Blumen Schwarz verzichtet auf die Standardgießrohre des Rainos und hat ein eigenes, eigens entwickeltes Düsensystem installiert. Dies ermöglicht es, Pflanzschalen auf Plattengräbern sowie kleinere Gräber gezielt und ohne Wasserverluste zu gießen. Laut gärtnerischen Experten wird bei dieser Methode der Wasserverbrauch zu verdunstungsarmen Zeiten um etwa 20% gesenkt, was einen deutlichen Beitrag zur Wassereinsparung und einer nachhaltigeren Bewässerung darstellt.

4 Voraussichtliche Ergebnisse für den Schwabacher Waldfriedhof

Nach den positiven Erfahrungen aus Rednitzhembach und Ansbach gehen wir davon aus, dass im Betrieb des Rainos keine Fehler zu erwarten sind. Lediglich während der Installations- und Einrichtungszeit können vorübergehend Wegeverunreinigungen und kleinere Schäden auftreten, die jedoch schnell behoben werden können. Der Bau der Tankstationen in Ansbach und Rednitzhembach hat gezeigt, dass diese, gut versteckt oder begrünt, für die meisten Friedhofsbesucher kaum auffallen. Lediglich der „Tankrüssel“ ist sichtbar, fällt jedoch nicht negativ auf.

Die Resonanz der Friedhofsbesucher ist überwiegend positiv. Einzige Ausnahme war eine negative Grabkündigung vom Rahlstedter Friedhof, bei der der Besitzer keine Bedenken hatte, dass ein Roboter über sein Grab fahren könnte. Solche Bedenken oder Argumentationen waren in Rednitzhembach und Ansbach jedoch nie zu beobachten.

Die Lärmemission des Roboters wird im aktuellen Betrieb deutlich verringert, und der Energieverbrauch beim Gießen hat sich ebenfalls signifikant reduziert. Unsere Empfehlung für Schwabach lautet, den Roboter zwischen 21 und 22 Uhr starten zu lassen, um zunächst die bewohnten Außenabteilungen des Friedhofes zu gießen. Besonders die Abteilungen 11 bis 13 sowie 20 sind hierbei von Bedeutung, da sie angrenzend an bewohnte Häuser liegen. Alle anderen Friedhofsabteilungen sind durch lärmindernde Mauern, befahrene Straßen, Bahngleise oder unbebaute Ackerflächen vom Wohnbereich getrennt und daher weniger betroffen.

5 Fazit

Unter Berücksichtigung aller oben genannten Aspekte kann dem Betrieb des Rainos auf dem Schwabacher Waldfriedhof uneingeschränkt zugestimmt werden. Der Rainos stellt nicht nur eine innovative und moderne Lösung für die Bewässerung von Friedhöfen dar, sondern bietet auch zahlreiche ökologische und betriebliche Vorteile, die in der Praxis bereits erfolgreich erprobt wurden.

Ein zentraler Vorteil des Rainos ist seine Umweltfreundlichkeit. Das System ist vollständig elektrisch betrieben und kann durch Solar- und Ökostrom betrieben werden, wodurch der CO₂-Ausstoß im Vergleich zu herkömmlichen dieselbetriebenen Maschinen wie Kommunaltraktoren signifikant reduziert wird. Durch die hohe Energieeffizienz und die geringe Lärmemission – unter 70 dB – trägt der Rainos zu einer deutlichen Lärminderung bei, was besonders in ruhigen Friedhofsumgebungen und Wohngebieten von großer Bedeutung ist. Im Vergleich zum lauten Traktorbetrieb, der oft auf den Friedhöfen verwendet wird, schafft der Rainos eine deutlich ruhigere und angenehme Atmosphäre.

Das wassersparende Gießsystem, das auf den neuesten Technologien wie Tropf- und Schwitzschläuchen basiert, sorgt für eine präzise und bedarfsgerechte Bewässerung. In der Praxis hat sich der Rainos als äußerst zuverlässig erwiesen, wobei nach mehr als drei Jahren Betrieb keine größeren Ausfälle aufgetreten sind. Der Wassereinsatz wird minimiert, was nicht nur kostensparend ist, sondern auch einen wichtigen Beitrag zur Ressourcenschonung leistet.

Zudem ist der Rainos äußerst schonend für die Infrastruktur des Friedhofs. Auf befestigten Wegen wie Asphalt und Pflaster entstehen keinerlei Schäden, und die minimalen Fahrspuren, die auf trockenem Rasen zu beobachten sind, verschwinden nach den ersten Regenfällen von selbst. Auf Waldwegen wird der Roboter so programmiert, dass keine Drehbewegungen stattfinden, wodurch auch hier keine Schäden auftreten. Die Möglichkeit, den Roboter auf unbefestigten Wegen vorsichtig und mit reduzierter Geschwindigkeit fahren zu lassen, minimiert das Risiko für Schäden an der Bodendecke oder der Vegetation.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Akzeptanz des Systems. Die Rückmeldungen von Friedhofsbesuchern in Rednitzhembach und Ansbach sind überwiegend positiv. Der Roboter wird als nützlich, effizient und unaufdringlich wahrgenommen. Nur vereinzelt gab es Bedenken von Grabinhabern, dass der Roboter in der Nähe ihrer Gräber fahren könnte. Solche Bedenken waren jedoch in den anderen Friedhofsanlagen nicht vorhanden. In Schwabach könnte eine mögliche Einschränkung des Betriebs auf die weniger bewohnten Friedhofsbereiche in den späten Abendstunden helfen, solche Bedenken zu minimieren. Die Tatsache, dass der Rainos nahezu keine negativen Auswirkungen auf die Flora und Fauna zeigt, unterstreicht seine Nachhaltigkeit. Die Flora profitiert durch die regelmäßige, sparsame Bewässerung, und die Fauna, insbesondere Insekten und Igel, wird durch die geringe Geschwindigkeit des Roboters nicht gestört.

Abschließend lässt sich sagen, dass der Rainos eine zukunftsweisende Lösung für die Bewässerung von Friedhöfen darstellt. Mit seiner umweltfreundlichen Technologie, der Reduzierung von Ressourcenverbrauch und Lärmemission sowie seiner positiven Resonanz bei den Friedhofsbesuchern ist er eine bereichernde Ergänzung für den Schwabacher Waldfriedhof und ein Modell für den Einsatz von modernen Technologien im Bereich der Friedhofspflege.

6 Erstellung / Rechtliche Hinweise

Erstellung / Rechtliche Hinweise

Die vorliegende Bewertung und Empfehlung zur Nutzung des Rainos auf dem Schwabacher Waldfriedhof wurde unter Berücksichtigung der praktischen Erfahrungen aus den bisherigen Einsätzen in Rednitzhembach und Ansbach sowie der aktuellen technischen und betrieblichen Daten des Systems erstellt. Die Informationen und Ergebnisse beruhen auf realen Einsätzen und Tests, die unter normalen Betriebsbedingungen durchgeführt wurden. Diese Berichterstattung dient ausschließlich zur Einschätzung und Entscheidungsfindung hinsichtlich des möglichen Einsatzes des Rainos auf dem Schwabacher Waldfriedhof.

Haftungsausschluss:

Die in diesem Bericht enthaltenen Informationen wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und unter Berücksichtigung aller verfügbaren Daten und Erfahrungswerte zusammengestellt. Dennoch übernehmen wir keine Haftung für die Vollständigkeit, Richtigkeit oder Aktualität der Angaben. Alle Empfehlungen und Schlussfolgerungen basieren auf den derzeit verfügbaren Erkenntnissen und könnten sich bei zukünftigen Entwicklungen oder veränderten Bedingungen ändern.

Rechtliche Verantwortung des Betreibers:

Der Betreiber des Rainos, insbesondere in Bezug auf den Einsatz des Roboters auf dem Schwabacher Waldfriedhof, ist dafür verantwortlich, sicherzustellen, dass alle geltenden gesetzlichen Vorschriften, insbesondere in Bezug auf Datenschutz, Arbeitssicherheit und Umweltvorschriften, eingehalten werden. Dies schließt insbesondere die ordnungsgemäße Kennzeichnung von Warnhinweisen, die Gewährleistung der Sicherheit von Friedhofsbesuchern sowie die Einhaltung von Lärmschutzbestimmungen ein.

Datenschutz:

Sollte während des Betriebs des Rainos personenbezogene Daten erhoben werden (z.B. durch Überwachungskameras oder Nutzungsstatistiken), ist der Betreiber verpflichtet, sicherzustellen, dass alle datenschutzrechtlichen Bestimmungen gemäß der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) eingehalten werden. Insbesondere müssen die Daten anonymisiert oder in einer Form gespeichert werden, die eine Identifizierung von Einzelpersonen verhindert, sofern keine ausdrückliche Zustimmung zur Erhebung und Verarbeitung von personenbezogenen Daten vorliegt.

Zukünftige Änderungen:

Änderungen an den gesetzlichen Vorgaben, den technologischen Standards oder den betrieblichen Abläufen können eine Anpassung der Betriebsrichtlinien oder Sicherheitsvorkehrungen erforderlich machen. Der Betreiber des Rainos verpflichtet sich, regelmäßig die geltenden Vorschriften zu überprüfen und den Betrieb entsprechend anzupassen, um weiterhin den höchsten Sicherheits- und Umweltstandards zu entsprechen.

Schlussbemerkung:

Die Nutzung des Rainos auf dem Schwabacher Waldfriedhof stellt einen wichtigen Schritt in Richtung nachhaltiger und umweltfreundlicher Friedhofspflege dar. Der Einsatz innovativer Technologien bietet sowohl ökologische als auch betriebliche Vorteile und könnte als Modell für andere Friedhöfe dienen. Alle Empfehlungen und Hinweise wurden mit dem Ziel formuliert, einen sicheren, effizienten und respektvollen Betrieb des Rainos zu gewährleisten.

Nürnberg, 07.01.2025



Philipp Kunc

Fachkraft für Arbeitssicherheit