



FernUniversität in Hagen  
Fakultät für Mathematik und Informatik

**Projektarbeit**  
im Studiengang Informatik

**Entwicklung eines Multiagentensystems zur kooperativen Erkundung  
einer 2D-Simulationsumgebung**

von

Dominik Kevin Schindele	4144198	M.Sc. Pra. Informatik
Gerrit-Maximilian Söffker	3244237	B.Sc. Informatik
Marco Mehlmann	3290611	B.Sc. Informatik
Markus Schober	5102260	B.Sc. Informatik
Michael Vojer	3579656	B.Sc. Informatik
Stefan Harnisch	9782508	M.Sc. Pra. Informatik

Datum der Abgabe: 02.08.2025

Erstgutachter und Betreuer: Prof. Dr. habil. Zhong Li

# Kurzfassung

Um die Aufdeckung einer unbekannten Karte zu simulieren, wurde ein Multiagentensystem zur autonomen Erkundung einer unbekannten 2D-Umgebung entwickelt und mittels Simulation analysiert. Ziel war es die Effizienz bei der Aufdeckung unbekannter Karten durch mehrere unabhängig agierende Agenten ohne zentrale Steuerung - auch Multi Agent System genannt - zu ermitteln. Zum Einsatz kamen zwei Navigationsstrategien: der zufallsbasierte Random Walk und die zielgerichtete Frontier-Based Exploration (FBR).

Eine Implementierung wurde in Python unter Verwendung des Mesa-Frameworks für agentenbasiertes Modellieren und Solara zur grafischen Visualisierung umgesetzt. Im Lauf der Simulation wurden unter anderem die Anzahl der Agenten, Grid-Größe, Sichtweite und Sichtfeldwinkel variiert. Zur Umgebungswahrnehmung wurde eine Raycasting-ähnliche Methode nachempfunden.

Die Frontier-Based Strategie bietet bei gleicher Anzahl an Agenten eine signifikant höhere Effizienz bei der Aufdeckung der Karte bei zeitgleich geringerer Varianz als der Random Walk. Darüber hinaus zeigte sich, dass sich die Effizienz durch Erhöhung der Agentenzahl bis zu einem Schwellenwert verbessert, darüber hinaus jedoch nur noch eine geringfügige Steigerung der Effizienz erreicht werden kann.

Die Resultate belegen die Vorteile dezentraler, skalierbarer Agentensysteme bei explorativen Aufgabenstellungen und bilden eine fundierte Basis für weiterführende Optimierungsverfahren wie maschinelles Lernen oder evolutionäre Algorithmen.

# Abstract

To simulate the exploration of an unknown map, a multi-agent system for the autonomous exploration of a 2D environment was developed and analyzed through simulation. The objective was to evaluate the efficiency of mapping an unknown area using multiple independently operating agents without a central control unit—also known as a Multi-Agent System. Two navigation strategies were used: the stochastic Random Walk and the goal-oriented Frontier-Based Exploration (FBR).

The implementation was written in Python using the Mesa framework for agent-Based modeling and Solara for graphical visualization. During the simulation, variables such as the number of agents, grid size, viewing range and field of view were adjusted. For environmental perception, a method based on raycasting was used.

The Frontier-Based strategy demonstrated significantly higher efficiency in map exploration with the same number of agents, while also yielding lower variance compared to the Random Walk. Furthermore, increasing the number of agents improved overall efficiency up to a certain threshold, beyond which only marginal gains were observed.

The results confirm the advantages of decentralized, scalable agent systems for exploratory tasks and provide a solid foundation for advanced optimization techniques such as machine learning or evolutionary algorithms.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Grundlagen .....	2
2.1	Multi-Agent-System .....	2
2.2	Weg-Findungs-Algorithmen.....	3
2.2.1	Random Drive .....	3
2.2.2	A*-Algorithmus.....	3
2.2.3	Frontier-Based Exploration Strategie .....	5
2.3	Wahrnehmung .....	7
2.3.1	Vollständig (360°) .....	7
2.3.2	Eingeschränkt (< 360°).....	7
2.3.3	Reichweite .....	7
2.3.4	Raycasting / LiDAR .....	7
2.3.5	Bresenham Algorithmus .....	8
2.4	Kommunikation .....	10
2.5	Umgebungsmodell.....	10
2.5.1	Kartographische Repräsentation.....	10
2.5.1.1	Layout.....	10
2.5.1.1.1	Grid (Raster Karten) .....	10
2.5.1.1.2	HexGrid (Hexagonales Gitter).....	10
2.5.1.2	Hindernisse .....	10
2.5.1.3	Randbedingungen .....	11
2.5.1.3.1	Simulated Infinity .....	11
2.5.1.3.2	Collision Boundary.....	11
3	Hauptteil .....	11
3.1	Technische Rahmenbedingungen .....	11
3.2	Implementierung.....	11
3.2.1	Simulationssoftware .....	11
3.2.2	Umsetzung .....	12
3.2.3	UML-Diagramm.....	14
3.3	Durchführung Simulation .....	15
4	Auswertung.....	15
4.1	Benennung.....	15
4.2	Messgrößen.....	16
4.3	Simulationen.....	16
4.4	Ergebnisse.....	16

5 Zusammenfassung und Ausblick.....	26
6 Anhang .....	28

# Erklärung

Ich erkläre, dass ich die schriftliche Ausarbeitung zum Seminar selbstständig und ohne unzulässige Inanspruchnahme Dritter verfasst habe. Ich habe dabei nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die aus diesen wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht. Die Versicherung selbstständiger Arbeit gilt auch für enthaltene Zeichnungen, Skizzen oder grafische Darstellungen. Die Ausarbeitung wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form weder derselben noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht. Mit der Abgabe der elektronischen Fassung der endgültigen Version der Ausarbeitung nehme ich zur Kenntnis, dass diese mithilfe eines Plagiatserkennungsdienstes auf enthaltene Plagiate geprüft werden kann und ausschließlich für Prüfungszwecke gespeichert wird.

---

Dominik Kevin Schindele

Ahegg, den 02.08.2025

---

Gerrit-Maximilian Söffker

Hannover, den 02.08.2025

---

Marco Mehlmann

Schweich, den 02.08.2025

---

Markus Schober

Wien, den 02.08.2025

---

Michael Vojer

Lichtenfels, den 02.08.2025

---

Stefan Harnisch

Erlangen, den 02.08.2025

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Software und Versionen .....	12
Tabelle 2: Messgrößen .....	16
Tabelle 3: Aufgedeckte Felder in % zum Gesamt-Grid nach 1.000 Schritten .....	17
Tabelle 4: Erreichen Prozentualen Aufdeckungen mit unterschiedlichen Grid-Größen und Roboteranzahl (FBR – X – X - ø - ø - ø).....	19
Tabelle 5: Erreichen Prozentualen Aufdeckungen mit unterschiedlichen Grid-Größen und Roboteranzahl (Rand – X – X - ø - ø - ø).....	20

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Pseudocode des A* Algorithmus [8] .....	4
Abb. 2: (L) LiDAR Scan eines Raumes, (R) Plot des Scans; Inwärts gerichtet Ecke bei ca. +30° [14] .....	8
Abb. 3: Darstellung der Plot Sequenzen des Algorithmus [16].....	8
Abb. 4: Pseudocode des Bresenham-Algorithmus [16].....	9
Abb. 5: UML-Diagramm (Größeres Format in GitHub: <a href="https://github.com/vojer92/mas-robot-cartography">https://github.com/vojer92/mas-robot-cartography</a> )	14
Abb. 6: Durchschnittliche Summierte aufgedeckte Felder in Prozent über die Gesamtheit aller Tests aufgeteilt in Frontier Based Roboter und Random Walk Roboter (Durchgezogene Linie: Mittelwert, Gestrichelte Linie: Maximum / Minimum der Läufe).....	17
Abb. 7: Aufdeckung in Prozent nach 1.000 Schritten in Gesamtheit aller Tests aufgeteilt in Frontier-Based Roboter und Random Walk Roboter .....	18
Abb. 8: Summe der aufgedeckten Felder nach 1.000 Schritten aufgeteilt nach Roboteranzahl und Grid-Größe .....	19
Abb. 9: Exploration in % im Verhältnis von Grid-Größe und Anzahl Robotern .....	20
Abb. 10: Neuaufdeckung per schritt verschiedener Robotertypen mit verschiedenen Sichtfeldwinkeln.....	21
Abb. 11: Neuaufdeckung per schritt verschiedener Robotertypen mit verschiedenen Sichtweiten .....	22
Abb. 12: Veränderte Distanz zum Roboter : Länge der Grenze Verhältnisse im FBR-Algorithmus.....	23
Abb. 13: (Rechts) Verwendetes zufälliges Grid aus dem Mesa Framework; (Links) Aufgedeckte Karte aus Literatur [20].....	23
Abb. 14: Manuell erstelltes Grid zur Überprüfung des FBR.....	24
Abb. 15: Darstellung unterschiedlicher Frontier-Based Parametersätze und deren Auswirkung auf das Gesamtergebnis .....	25



# Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Ausgeschrieben
DRL	Deep Reinforcement Learning
EWFD	Frontier Detection
FBR	Frontier-Based Robot
FroShe	Frontier Shepherding
FTFD	Frontier-Tracing Frontier Detection
LiDAR	Light detection and ranging
MAS	Multi-Agenten-Systeme
WFD-INC	Incremental Wavefront Frontier Detector

# Einheitenverzeichnis

Einheit	Name	Einheit
Bewegung	Bewegung in Zellen	Zellen
Reichweite	Wieviel Zellen werden aufgedeckt	Zellen
Step	Zeiteinheit in der Bewegung durchgeführt werden können	-

# Symbolverzeichnis

Zeichen	Beschreibung
$\tilde{m}_n(f_i)$	Nicht normalisierter Werte für Distanz, Größe und Orientierung
$f^*$	Optimale Grenze
$f_i$	Erkannte Grenze i
$m_n$	Werte für Distanz, Größe und Orientierung
$\lambda_n$	Gewichtungsfaktoren
$h(x)$	Die geschätzten (Heuristik-)Kosten, um vom Knoten $x$ zum Zielknoten zu gelangen
$C(f_i)$	Kosten der Grenze $f_i$
$F$	Menge aller Grenzen $f$
$f(x)$	Die Gesamtkosten eines Knotens $x$
$g(x)$	Die tatsächlichen Kosten, um von Startknoten zum Knoten $x$ zu gelangen
$x$	Knoten
$n$	benötigte Anzahl an Simulationsläufen
$Z$	Wert für das gewünschte Vertrauensniveau
$s$	empirische Standardabweichung der Simulationsausgaben
$e$	gewünschte Fehlermarge
$n_{test}$	benötigte Anzahl an Simulationsläufen für den Testdurchlauf
$x_i$	Ergebnis des i-ten Simulationsdurchlaufs
$\bar{x}$	Mittelwert der Pilot-Simulationen

# 1 Einleitung

Ob bei der Erkundung fremder Planeten, in Katastrophengebieten oder in sich ständig verändernden Umgebungen – das automatische Kartografieren unbekannter Gebiete stellt eine Herausforderung für die moderne Robotik dar. Ein vielversprechender Ansatz zur Bewältigung dieser Aufgabe bieten Multi-Agenten-Systeme (MAS), bei denen eine Vielzahl von Agenten autonom arbeiten. Die einzelnen Agenten treffen ihre Entscheidungen selbstständig und kommunizieren untereinander, ohne dabei auf eine zentrale Kontrollinstanz zu vertrauen. Dies ermöglicht eine Verminderung von Redundanzen in der Kommunikation, Zeitersparnis, höhere Effizienz und Robustheit als die zentrale Verwaltung und Steuerung. Einen wesentlichen Einfluss auf die Kartografierungseffizienz haben die eingesetzten „Wegfindungs“-Algorithmen, die Anzahl der eingesetzten Agenten, sowie die eingesetzte Sensortechnik. Die dabei realisierten Ergebnisse in Hinblick auf eingesetzte Zeit und zurückgelegtem Weg zeigen signifikante Unterschiede. Erste Forschungsergebnisse unter Laborbedingungen stützen diese Annahmen und geben einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Ergebnisse.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Multi-Agent-System

Ein Multi-Agent-System ist ein System aus mehreren selbstständig handelnden Einheiten (Agenten) welche mittels Kommunikation ein gegebenes individual- oder kollektiv Problem in einer geteilten Umgebung lösen [1]. Ein Agent ist ein autonom handelnder Akteur, der seine Umgebung aktiv wahrnimmt, auf Basis dieser Informationen eigenständig Entscheidungen ableitet und entsprechende Aktionen ausführt [2].

Auch wenn MAS in der Technik ein neues Forschungsfeld ist, wird diese Idee in der Natur oft beobachtet. So bewegen sich Tierschwärme, wie Vögel oder Fische, in einem großen dezentral gesteuerten Verbund und agieren in diesem wie ein MAS in dem jedes Tier einen Agenten darstellt. Neuste Entwicklungen in der Technik probieren diese Idee zu übernehmen und so z.B. eine Verbesserung in der künstlichen Intelligenz und Schwarmintelligenz zu bewirken. Eine weitere Idee ist es ganze Produktionsbereiche als individuelle Agenten umzusetzen und so die Produktionsplanung und -steuerung zu verbessern [3, 4].

MAS bieten viele Vorteile verglichen zur klassischen zentralen Steuerung:

#### **Robustheit**

Dieses System hat den Vorteil das der Ausfall eines Individuums nur einen marginalen, bis keinen Einfluss auf das Gesamtsystem und deren Problemlösung hat. Andere Agenten können den Ausfall kompensieren und das System kann weiterhin bestehen. In einer zentral gesteuerten Umgebung hätte der Ausfall der Zentralstelle die Auswirkung, dass das Gesamtsystem handlungsunfähig wird. Bei hoher Auslastung kann die zentrale Steuerung zum Flaschenhals werden. Bei MAS kann die Last dynamisch verteilt werden und stark ausgelastete Agenten blockieren die anderen Agenten nicht oder nur geringfügig.

#### **Skalierbarkeit und Flexibilität**

Durch den Einsatz autonomer, unabhängiger Agenten wird eine hohe Flexibilität gewährleistet. Die Anzahl der Agenten kann bei Bedarf problemlos erhöht oder verringert werden, ohne dass Änderungen oder Anpassungen an der zentralen Steuerung erforderlich sind [4].

#### **Kosteneffizienz**

Im Fall einer zentralen Steuerung ist eine leistungsstarke und komplexe Steuerung erforderlich, da alle Entscheidungen und Koordinationen im System für alle Agenten zentral verwaltet werden müssen. Diese Form der Steuerung gibt es bei dem Multiagent System nicht.

## Echtzeitreaktionen

Wird ein Agent mit einem Problem konfrontiert, muss er dieses nicht an eine zentrale Stelle zur Auswertung weiterleiten und auf eine Antwort warten. Stattdessen kann sofort eigenständig mit der Lösung des Problems begonnen werden.

## 2.2 Weg-Findungs-Algorithmen

### 2.2.1 Random Drive

Im Random Drive wird im Vorfeld keine definierte Route berechnet. Der Agent fährt zufällige Wege und berücksichtigt nicht, ob der Bereich:

- Un-/bekannt ist
- schon befahren wurde
- geografisch gut gelegen ist
- ein anderer Agent sich hier aufhält
- mit Hindernissen blockiert ist

Dabei wird eine gradlinige Bewegung ausgeführt, bis es zum Zeitablauf oder der Kollision mit einem Hindernis kommt. Dieses Ereignis führt zu einer zufälligen Änderung der Richtung. Der Vorteil ist eine einfache Implementierung. Nachteilig sind die Ineffizienz und der Mangel an einer Zielorientierung [5].

### 2.2.2 A\*-Algorithmus

Der A\*-Algorithmus gehört zu den informierten Such-Algorithmen und hat zum Ziel in einem bekannten Graphen den kürzesten Weg zwischen zwei Knoten zu ermitteln. Der Algorithmus ist eine Erweiterung des Dijkstra-Algorithmus. Anders als bei uniformierten Algorithmen wird zusätzlich zur Kostenfunktion eine Schätzfunktion (Heuristik) eingesetzt. Der Algorithmus ist vollständig und optimal [6].

Der Algorithmus benutzt zur Ermittlung des optimalen Weges zwei Funktionen,  $g(x)$  der die Kosten vom Startknoten zu einem bestimmten Knoten  $x$  angibt, sowie  $h(x)$  der die geschätzten Kosten von Knoten  $x$  zum Ziel repräsentiert. Die Funktion  $f(x)$  ordnet jedem bekannten Knoten die Gesamtkosten als Summe von  $g(x)$  und  $h(x)$  zu. Diese Werte dienen als Grundlage für die Auswahl des nächsten zu untersuchenden Knotens [6].

$$f(x) = h(x) + g(x) \quad (1)$$

Zur Ermittlung der heuristischen Größe  $h(x)$  gibt es verschiedene Ansätze.

#### 1. Euklidische Distanz

Die Euklidische Distanz misst den Abstand zwischen zwei Knoten auf einer zweidimensionalen Fläche oder kann bei Bedarf auf den Raum angepasst werden. Diese Idee wird vor allem bei kontinuierlichen Problemen eingesetzt [7].

$$h_{Eukl}(x) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

## 2. Manhattan-Distanz

Die Manhattan-Distanz beschreibt die Summe der absoluten Differenzen der Koordinaten. Diese Idee wird primär verwendet, wenn es sich um eine Gitter-basierten Umgebungen handelt [7].

$$h_{Man}(x) = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1| \quad (3)$$

## 3. Chebyshev-Distanz

Die Chebyshev-Distanz ermittelt das Maximum der absoluten Differenzen in der Ebene. Diese Idee findet Anwendung, wenn die Weg-Findung in alle Richtungen (inklusive Diagonal) stattfinden kann [7].

$$h_{Che}(x) = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|) \quad (4)$$

Die genaue Funktionsweise des Algorithmus ist in folgender Abbildung (vgl. Abb. 1) erläutert.

1.	<b>Input:</b> A graph $G(V,E)$ with source node and goal node end.	
2.	<b>Output:</b> Least cost path from <i>start</i> to <i>end</i> .	
3.	<b>Steps:</b>	
4.	Initialize	
5.	$open\_list = \{start\}$	/*List of nodes to be traversed*/
6.	$closed\_list = \{\}$	/*List of already traversed nodes*/
7.	$g(start) = 0$	/*Cost from source node to a node*/
8.	$h(start) = heuristic\_function(start, end)$	/*Estimated cost from node to goal node*/
9.	$f(start) = g(start) + h(start)$	/*Total cost from source to goal node*/
10.		
11.	while $open\_list$ is not empty	
12.	$m = \text{Node on top of } open\_list, \text{ with least } f$	
13.	if $m == end$	
14.	return	
15.	remove $m$ from $open\_list$	
16.	add $m$ to $closed\_list$	
17.	for each $n$ in $child(m)$	
18.	if $n$ in $closed\_list$	
19.	continue	
20.	$cost = g(m) + distance(m,n)$	
21.	if $n$ in $open\_list$ and $cost < g(n)$	
22.	remove $n$ from $open\_list$ as new path is better	
23.	if $n$ in $closed\_list$ and $cost < g(n)$	
24.	remove $n$ from $closed\_list$	
25.	if $n$ not in $open\_list$ and $n$ not in $closed\_list$	
26.	add $n$ to $open\_list$	
27.	$g(n) = cost$	
28.	$h(n) = heuristic\_function(n, end)$	
29.	$f(n) = g(n) + h(n)$	
30.		
31.	return failure	

Abb. 1: Pseudocode des A\* Algorithmus [8]

### 2.2.3 Frontier-Based Exploration Strategie

Die Frontier-Based Exploration Strategie ist ein Vorgehen zur Aufdeckung unbekannter Bereiche innerhalb einer gegebenen Umgebung. Diese basiert auf der Idee der Unterteilung der Umgebung in bekannte und unbekannte Bereiche, welche aufgedeckt werden sollen. Die Grenzen (engl. Frontier) werden durch verschiedene Kriterien unterteilt und bewertet. Eine Grenze mit hoher Bewertung wird einer Grenze mit geringer Bewertung vorgezogen. Die daraus entstehende Hierarchie soll eine effiziente Aufdeckung der unbekannten Bereiche garantieren.

Die Strategie folgt dabei immer dem gleichen Zyklus.

#### 1. Karten-Update

Der Agent erstellt eine Karte für seinen Sichtbereich und ergänzt die schon bestehende Karte mit diesen Informationen.

#### 2. Grenzen-Update

In der Karte werden die neuen Grenzen identifiziert, das heißt, die Bereiche, an denen bekannte und unbekannte Regionen aneinandergrenzen.

#### 3. Grenzen-Auswahl

Die Grenzen werden mittels Distanz zum Agenten, Orientierung zum Agenten und Länge der Grenze bewertet und hierarchisch eingeordnet. Anschließend wird die optimale Grenze ausgewählt.

#### 4. Routenauswahl

Der Agent bestimmt die optimale Route zur ausgewählten Grenze, wobei Hindernisse umfahren werden müssen.

#### 5. Agenten Bewegung

Der Agent bewegt sich zum ausgewählten Ziel.

Nach Erreichen des fünften Schritts wird der Zyklus von vorne begonnen.

Die Grenzauswahl spielt bei der Effektivität der Strategie eine entscheidende Rolle [9].

$$C(f_i) = \lambda_{Distanz} * m_{Distanz}(f_i) - \lambda_{Größe} * m_{Größe}(f_i) + \lambda_{Orientierung} * m_{Orientierung}(f_i) \quad (5)$$

Unter der Bedingung der optimalen Grenze  $f^*$ :

$$f^* = \min_{f_i \in F} (C(f_i)) \quad (6)$$

mit:

$$f_i = \text{erkannte Grenze } i$$

$$C(f_i) = \text{Kosten der grenze } f_i$$



$m_n(f_i) = \text{Normalisierter Werte für Distanz, Größe und Orientierung,}$   
 $n \in [\text{Größe, Distanz, Orientierung}]$

$\lambda_n = \text{Gewichtungsfaktoren}$

$f^* = \text{Optimale Grenze}$

$F = \text{Menge aller Grenzen } f$

Mit der Normalisierung [9]:

$$m_n(f_i) = \frac{\tilde{m}_n(f_i) - \min(m_n(f))}{\max(m_n(f)) - \min(m_n(f))} \quad (7)$$

Mit:

$\tilde{m}_n(f_i) = \text{nicht normalisierter Werte für Distanz, Größe und Orientierung,}$   
 $n \in [\text{Größe, Distanz, Orientierung}]$

Die vorgehende Formel ( 5 ) und ( 6 ) beschreibt die Entscheidung [9].

Die Gewichtungsfaktoren werden für drei Bereiche gebraucht:

#### 1. **Distanz**

Ist eine Grenze näher, kann diese Grenze mit weniger Zeit- und Ressourcenaufwand erkundet werden.

#### 2. **Größe**

Eine größere Grenze weist tendenziell auf ein größeres unbekanntes Areal dahinter hin. Dabei ist zu beachten, dass das System minimiert wird, eine große Grenze also zu einem kleinen  $m_n(f_i)$  führen muss.

#### 3. **Orientierung**

Ist ein Agent schon in eine Richtung einer Grenze gedreht, werden keine Ressourcen oder Zeiteinheiten zur Reorientierung aufgewendet.

Zur Bestimmung der Gewichtungsfaktoren werden in der Literatur mehrere Verfahren beschrieben.

#### 1. **Empirische Kalibrierung**

Im Rahmen einer Studie werden experimentell verschiedene Wertepaare getestet und miteinander verglichen. Die optimalen Ergebnisse werden anschließend ausgewählt. Dieses Vorgehen erfordert eine Vielzahl von Tests [10].

#### 2. **Optimierungstechniken**

In dieser Variante werden spezielle Optimierungstechniken wie Grid Search oder Random Search

eingesetzt, um Wertepaare mit optimalen Bedingungen zu ermitteln. Dieses beinhaltet die systematische automatische Durchsuchung des Parameterraums [11].

### **3. Maschinelles Lernen**

Im maschinellen Lernen werden die Wertepaare dynamisch angepasst, um zu ermitteln, in welchen Situationen welche Kombinationen die besten Ergebnisse erzielen [12].

## **2.3 Wahrnehmung**

### **2.3.1 Vollständig (360°)**

Bei einem vollständigen Sichtfeld ist der Agent in der Lage alle Zellen um sich herum in einer definierten Reichweite zu kartografieren. Die Ausrichtung des Agenten hat keinen Einfluss auf sein Sichtfeld.

### **2.3.2 Eingeschränkt (< 360°)**

Der Agent kann nur einen begrenzten Bereich in Fahrtrichtung wahrnehmen und kartografieren. Bereiche außerhalb des Sichtfelds des Agenten sind nicht bekannt und müssen durch eine Änderung der Fahrtrichtung ermittelt werden.

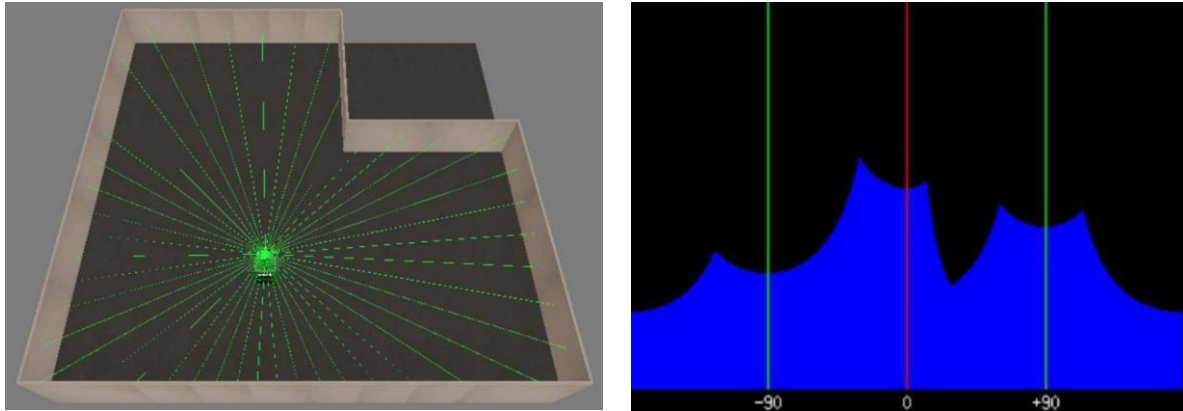
### **2.3.3 Reichweite**

Die Reichweite ist eine Größe, die den maximalen Abstand vom Ausgangspunkt des Agenten, bis zu dem eine Kartografierung erfolgen kann, angibt. Ein Hindernis blockiert die Sicht, so dass keine Informationen über die Zellen hinter den Hindernissen vorliegen, es sei denn, diese wurden bereits zuvor erfasst.

### **2.3.4 Raycasting / LiDAR**

Das Raycasting ist eine Simulationsmethode zur Erkennung von Objekten in einem Raum, die zur Bilddarstellung verwendet wird. Die Idee basiert auf dem Aussenden einer Welle (Licht, Laser, etc.) und dem Zurückwerfen dieser Welle von der Oberfläche eines Objektes. Von einer Quelle wird eine Welle mit bestimmtem Winkelabstand und Länge in den Raum emittiert. Diese Welle wird nun entweder durch eine Oberfläche eines Objektes zurück zur Quelle geworfen oder im Raum absorbiert. Kommt es durch eine Oberfläche zu einer Reflexion kann mittels Zeitdifferenz der Abstand dieses Punktes / Objekts im Raum ermittelt werden [13].

Ein Sensor, z.B. ein "light detection and ranging" (LiDAR)-Sensor, ist eine Hardware, der diese Technik nutzt. Die nachstehende Abb. 2 veranschaulicht die Funktionsweise des Raycasting / LiDAR [14].



Die Änderung der Wellenlänge durch eine Bewegung des Sensors (Doppler-Effekt [15]) wird in dieser Arbeit vernachlässigt.

### 2.3.5 Bresenham Algorithmus

Um auf einem Raster eine Linie in Rasterform darzustellen, wird ein spezieller Algorithmus benötigt. Ein Algorithmus, der dieses Problem löst, ist der „Bresenham-Algorithmus“ [16].

Um diesen Algorithmus anwenden zu können werden zwei Felder auf einem Raster benötigt. Durch partielle Verschiebung der Start-Koordinaten wird so eine vollständige Linie im Raster aufgebaut. So können bestimmte Linien mit einem Winkel zum Koordinatenkreuz dargestellt und ermittelt werden [16].

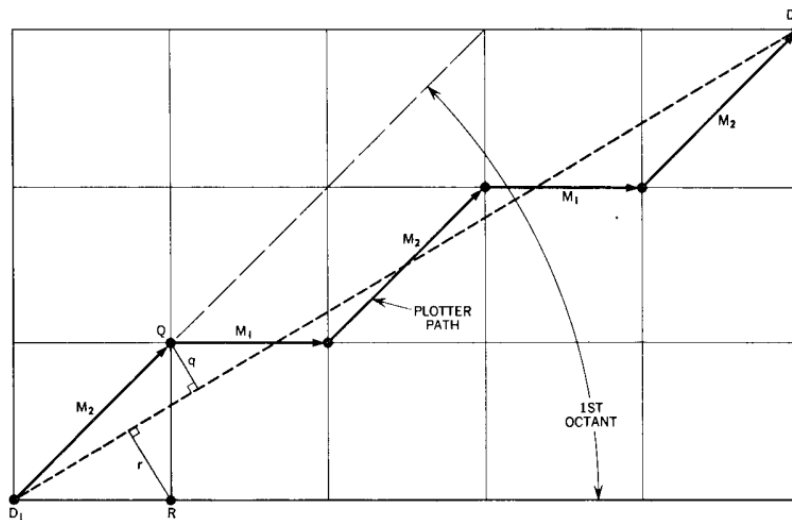


Abb. 3: Darstellung der Plot Sequenzen des Algorithmus [16]

Der Abb. 4 ist der schrittweise Ablauf des Algorithmus zu entnehmen. Der detaillierte Ablauf ist der nachstehenden Abb. zu entnehmen.

1.	<b>Input:</b> Two points with $(x_0, y_0)$ and $(x_1, y_1)$
2.	<b>Output:</b> Coordinates for the grid patterned line
3.	<b>Steps:</b>
4.	<b>Initialize:</b>
5.	
6.	$dx = x_1 - x_0$
7.	$dy = y_1 - y_0$
8.	$xstep = 1$
9.	$ystep = 1$
10.	
11.	if $dx < 0$ {
12.	$dx = -dx$
13.	$xstep = -1$
14.	}
15.	if $dx < 0$ {
16.	$dx = -dx$
17.	$xstep = -1$
18.	}
19.	if $dy < 0$ {
20.	$dy = -dy$
21.	$ystep = -1$
22.	}
23.	
24.	$a = 2 * dx$
25.	$b = 2 * dy$
26.	if $dy \leq dx$ {
27.	$f = -dx$
28.	while( $x_0 < x_1$ ) {
29.	print( $x, y$ )
30.	$f = f + b$
31.	if $f > 0$ {
32.	$y_0 = y_0 + ystep$
33.	$f = f - a$
34.	}
35.	$x_0 = x_0 + xstep$
36.	}
37.	}
38.	else {
39.	$f = -dy$
40.	while( $y_0 < y_1$ ) {
41.	print( $x_0, y_0$ )
42.	$f = f + a$
43.	wenn $f > 0$ {
44.	$x_0 = x_0 + xstep$
45.	$f = f - b$
46.	}
47.	$y_0 = y_0 + ystep$
48.	}
49.	print( $x_0, y_0$ )
50.	}
51.	

Abb. 4: Pseudocode des Bresenham-Algorithmus [16]

## **2.4 Kommunikation**

Das Publish-Subscribe-Kommunikationsparadigma (Pub-Sub), ist ein entkoppeltes und asynchrones Kommunikationsmuster bei dem die Kommunikation über einen zentralen Vermittler, der Broker, erfolgt [17].

Der Sender (Publisher) veröffentlicht Nachrichten ohne Kenntnis über die Empfänger. Oft sind die Veröffentlichungen bestimmten Themen (Topics / Channels) zugeordnet. Empfänger (Subscriber) geben beim Broker an, zu welchen Themen sie Nachrichten erhalten möchten. Der Broker nimmt die veröffentlichten Nachrichten entgegen und verteilt sie an die Subscriber entsprechend deren Abonnements [17].

Ein auf das Pub-Sub aufbauendes Kommunikationsparadigma, ist das inhaltsbasierte Pub-Sub Paradigma. Bei diesem können die Subscriber neben der einfachen Filterung nach Topics / Channels auch komplexere Abfragefilter zum Nachrichtenerhalt angeben [17].

Publisher und Subscriber kennen sich nicht direkt, was eine Entkopplung zwischen den Komponenten ermöglicht. Diese Architektur fördert die Skalierbarkeit und Flexibilität des Gesamtsystems. Durch die gezielte Verteilung der Nachrichten wird unnötige Kommunikation vermieden und somit die Effizienz gesteigert. In der Praxis kommt häufig ein verteiltes System zum Einsatz, bei dem nicht nur ein einzelner Broker verwendet wird, sondern mehrere Knoten zusammenarbeiten. Dadurch wird das Gesamtsystem robuster, fehlertoleranter und besser skalierbar [17].

## **2.5 Umgebungsmodell**

### **2.5.1 Kartographische Repräsentation**

#### **2.5.1.1 Layout**

##### **2.5.1.1.1 Grid (Raster Karten)**

Ein Grid ist ein grundlegender 2D Kartentyp mit quadratischem Aufbau und einer Vielzahl an Zellen mit vier Seiten. Jede Zelle hat vier direkte Nachbarn sowie vier weitere benachbarte Zellen in vertikaler Richtung. Ein Agent kann sich je nach eingesetztem System zu allen acht Nachbar-Zellen (Euklidische Distanz bzw. Moore-Grid) oder vier Nachbarn (Manhattan-Distanz bzw. von-Neumann-Grid) bewegen. Die Position jeder Zelle kann durch zwei Koordinaten genau bestimmt werden – eine horizontal, eine vertikal.

##### **2.5.1.1.2 HexGrid (Hexagonales Gitter)**

Ein HexGrid ist ein Kartentyp, bei dem das Gitter aus einer Vielzahl von Hexagonen besteht. Jede einzelne Zelle hat genau sechs Nachbarn. Ein Agent kann sich in alle angrenzenden Zellen bewegen, wobei die Bewegungsdistanz bei jedem der Nachbarn gleich ist.

##### **2.5.1.2 Hindernisse**

Ein Hindernis in einer Karte stellt einen Bereich dar, der von einem Agenten nicht betreten werden kann. Ein Ausweichen des Agenten ist nötig. Die Hindernisse beeinflussen die Weg-Findung und müssen mit eingebunden werden. In einem Multigrid-System kann dieselbe Zelle von zwei oder mehr Agenten simultan genutzt

werden. Dem gegenüber gestellt ist das Singlegrid-System, bei dem dieselbe Zelle nur von einem Agenten genutzt werden kann. Agenten stellen somit ein Hindernis für andere Agenten da und müssen umfahren werden.

### **2.5.1.3 Randbedingungen**

#### **2.5.1.3.1 Simulated Infinity**

In der Literatur beschreibt diese Konzepte (auch „toroidal Karten“ und „Hypermaps“ bekannt) die Idee der simulierten Unendlichkeit einer Karte. Kommt ein Agent zum Rand der gegebenen Karte, kann dieser Rand passiert werden und der jeweilige Agent wird auf der jeweiligen anderen gegenüberliegenden Seite wieder eingesetzt. Ein Agent kann nie das Ende einer Karte erreichen [18].

#### **2.5.1.3.2 Collision Boundary**

Bei der „Collision Boundary“, auch „Impassable Boundary“ oder „Rigid Boundary“ genannt, stellt der Rand einer jeden Karte ein nicht zu überwindendes Hindernis da. Wird dieses Hindernis / Rand erreicht, kann sich der jeweilige Agent nicht mehr weiter in diese Richtung bewegen. Ein Umkehren ist nötig [18].

## **3 Hauptteil**

### **3.1 Technische Rahmenbedingungen**

Im Rahmen dieser Arbeit werden folgende Rahmenbedingungen angenommen und gelten solange nicht expliziert anders erwähnt: Ein 2D-Moore „Grid“ (vgl. Abschnitt 2.5.1) mit „Collision Boundary“ (vgl. Abschnitt 2.5.1.3) in einem „Multigrid system“ (vgl. Abschnitt 2.5.1.2). Der Agent kann sich in der „Euklidische Distanz“ (vgl. Abschnitt 2.5.1.1.1) bewegen. Für die Simulation wird angenommen, dass andere Agenten Hindernisse darstellen. Für den A\* Algorithmus wird die Euklidische Distanz als Heuristik verwendet.

Die Darstellung der Zeit wird mittels Schritte (Steps) realisiert. Ein Step entspricht dabei einer Zeiteinheit. Jeder Step beschreibt dabei die Zeiteinheit, in der jeder Agent eine definierte Anzahl an Bewegungen auf der Karte durchführen kann.

Das System terminiert ordentlich nach 1.000 Steps.

Bewegungen und Distanzen werden in Zellen gemessen, wobei auch diagonale Bewegungen als Distanz eins gezählt werden.

Folgende Variablen werden im Laufe der Arbeit geändert und gegenübergestellt: Grid-Größe, Wegfinde-Algorithmus, Anzahl Agents, Wahrnehmung (Distanz und Winkel), Gewichtungsfaktoren Zielauswahl.

### **3.2 Implementierung**

#### **3.2.1 Simulationssoftware**

Zum Erstellen der Simulation wird die Programmiersprache „Python“ in der Version 3.13.3 verwendet. Zur Unterstützung des MAS wird das Framework „Mesa: Agent-Based modeling in Python“ in der Version 3.2.0

angewendet. Die Darstellung wird mit dem Framework „Solara“ in der Version 1.46.0 umgesetzt. Dabei handelt es sich um eine Web-Framework zur Darstellung von Daten.

Zusätzlich und inkludiert wurden folgende Pakete und Softwares genutzt:

*Tabelle 1: Verwendete Software und Versionen*

Name	Version	Datum
Python	3.13.3	8. April 2025
Mesa: Agent-Based modeling in Python	3.2.0	8. Mai 2025
Seaborn	0.13.2	25. Januar 2024
Solara	1.46.0	25. April 2025
Pytest	8.3.5	2. März 2025

### 3.2.2 Umsetzung

Das Mesa-Framework stellt unter anderem Grundimplementierungen für Grid-Umgebungen, Agenten im Grid, das Simulationsmodell, eine Visualisierung der Simulation, einen Batchrunner und Methoden zur Datenerfassung bereit.

Darauf aufbauend gibt es die Klassen Exploration (Simulationsmodell inklusive Umgebung und Datenerfassung), Ground (Agent, der die Eigenschaften der jeweiligen Grid-Zelle verwaltet), Obstacle (Agent, der eine Grid-Zelle für die Roboter-Agents blockiert), ExplorerRobot (Basisklasse für alle Erkundungsrobotertypen), sowie die Skripte app.py (Ausführung der Simulation mit Visualisierung) und batch.py (Ausführung der Simulation per Batchrunner). Beim Batchrunner können Ausprägungen für Parameter vorgegeben werden und dieser führt dann automatisiert jeweils eine Simulation für jede mögliche Kombination der verschiedenen Parameterausprägungen durch.

Ergänzend zu der durch das Mesa-Framework vorgegebenen Struktur liegt der Fokus der Implementierung neben der Funktionalität auf einer hohen Modularität und Flexibilität. Die verschiedenen Robotertypen verwenden eine abstrakte Basisklasse, in der alle übergreifend benötigten Parameter und Methoden eingeführt sind. Für die einzelnen Aktionen (Erkennung der Bewegungsziele, Zielauswahl und Pfadfindung) der Roboter, gibt es jeweils eigene Interfaces, die die übergreifenden Parameter und Methoden definieren. Die verschiedenen Algorithmen für die einzelnen Aktionen sind als eigene Klassen, die das jeweilige Interface beerben, umgesetzt. Die Theorie zu den verwendeten Algorithmen ist in Absatz 2.2 beschrieben. Bei Verwendung wird über eine entsprechende Factory eine Instanz der jeweiligen Klasse erstellt und der jeweiligen Roboterinstanz zugeordnet. Dies ermöglicht eine einfache Erweiterung durch weitere Algorithmen und Robotertypen sowie ein flexibles Wechseln zwischen diesen. Im Batchrunner können so verschiedene Robotertypen und Algorithmen als Parameterausprägungen angegeben werden, um automatisiert Simulationsdaten verschiedener Herangehensweisen der Exploration zu generieren.

Die Roboter haben ein lokales Gedächtnis, in dem sie alle ihnen bekannten Informationen abspeichern. Sie führen ihre Aktionen darauf basierend aus.

Während seines steps nimmt der Random Walk Roboter zuerst seine Umgebung mittels Raycasting kombiniert mit dem Bresenham-Algorithmus wahr. Wahrnehmen heißt in diesem Fall, dass er die im Umgebungsgrid hinterlegten Informationen in seinem Sichtfeld in sein lokales Gedächtnis überführt. Zudem ändert sich der Status der Roboter auf erkundet. Anschließend bewegt er sich auf ein zufälliges freies Feld in seinem Sichtfeld. Im Zuge der Bewegung dreht sich der Roboter sich entsprechend der Bewegungsrichtung.

Der Frontier-Based Exploration Roboter nimmt ebenfalls zuerst seine Umgebung mittels Raycasting kombiniert mit dem Bresenham-Algorithmus wahr. Die gewonnenen Informationen verteilt der Roboter mittels Pub-Sub umgesetztem Broadcast an alle anderen Erkundungsroboter.

Anschließend bestimmt der Roboter die aktuellen Frontiers und wählt, wenn er nicht schon ein Ziel hat, einen als Bewegungsziel aus. Fortschrittlichere Frontier-Based Exploration Algorithmen wie Expanding-Wavefront Frontier Detection (EWFD), Incremental Wavefront Frontier Detector (WFD-INC), Frontier-Tracing Frontier Detection (FTFD), etc. ändern nichts daran welche Frontiers aufgedeckt und ausgewählt werden, sondern „nur“ wie effizient die Aufdeckung der Frontiers erfolgt. Jedes dieser Verfahren führt zwar zu einer Effizienzsteigerung, bringt jedoch auch Nachteile gegenüber der klassischen Frontier-Based Exploration nach Yamachi mit sich, sodass im vorliegenden Szenario der ursprünglichste Ansatz gewählt wurde [19].

Danach verursacht der Roboter mit dem A\*-Algorithmus einen Pfad zum ausgewählten Ziel zu finden. Für die Pfadfindung stehen dem Roboter nur die Informationen in seinem lokalen Gedächtnis zur Verfügung. Wird kein Pfad gefunden ist beim A\*-Algorithmus davon auszugehen, dass kein Pfad zum gewählten Ziel existiert und der Roboter wählt ein weniger attraktive Frontier als Ziel aus, bis alle Frontiers geprüft wurden. Die aktualisierten Frontiers und seine Auswahl kommuniziert der Roboter wieder an alle anderen Roboter. Bevor der Roboter sich auf dem Grid bewegt, wird geprüft, ob es unbekannte Gebiete angrenzend an seine aktuelle Position gibt. Falls ja dreht sich der Roboter in die entsprechende Richtung und verzichtet in diesem Step auf einen Positionswechsel, um den unbekannten Bereich zu Beginn des seines nächsten Steps wahrzunehmen. Falls nein, bewegt sich der Roboter einen Schritt entlang des durch A\* ermittelten Pfads. Dabei wird vor der Bewegung geprüft, ob die angesteuerte Position durch einen anderen beweglichen Agenten blockiert ist. Falls das Feld blockiert ist, wartet der Roboter eine gegebene Anzahl an Steps, bevor der Agent einen neuen Pfad zu seinem Ziel berechnet.

Dem zeitlichen Umfang des Fachpraktikums entsprechend wurde der im Folgenden beschriebene Aufbau gewählt. Der modulare und flexible Aufbau des Programms erlaubt es die einzelnen Aspekte anzupassen und viele weitere Szenarien zu simulieren und analysieren.



### 3.2.3 UML-Diagramm

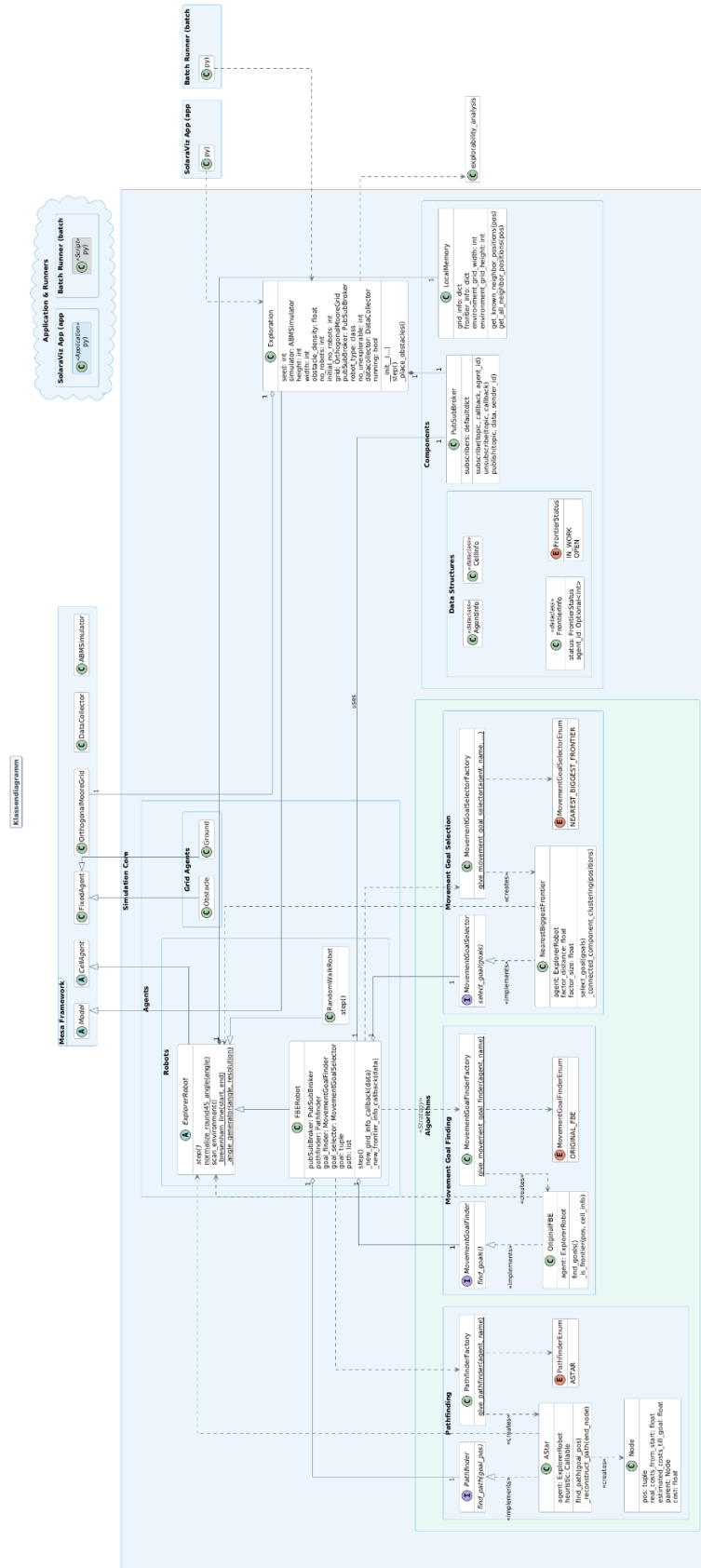


Abb. 5: UML-Diagramm (Größeres Format in GitHub: <https://github.com/vojer92/mas-robot-cartography>)

### 3.3 Durchführung Simulation

Es werden zwei Fälle der Simulation unterschieden. Wird eine Einzelsimulation grafisch dargestellt, wird das Web-Framework Solara verwendet (vgl. Abschnitt 4.3).

Wird eine große Anzahl an Simulationen durchgeführt ohne Notwendigkeit einer detaillierten grafischen Betrachtung, wird das in Mesa verwendete System des „Batchrunners“ verwendet. Bei diesem wird die Simulation ohne grafische Komponente mit allen Kombinationen der angegebenen Parameterausprägungen ausgeführt.

Um eine ausreichende statistische Sicherheit zu gewährleisten, sollte die Stichprobengröße mindestens 400 unterschiedliche Seeds umfassen. Dies ermöglicht die Erreichung eines Vertrauensniveaus von 95 % bei einer akzeptierten Fehlermarge von  $\pm 0,01$ . Aufgrund mangelnder Hardwareressourcen und dem großen Rechenaufwand wurde diese Zahl für eine statistische Sicherheit nicht erreicht. Stattdessen wurde ein Kompromiss zwischen Rechenleistung und Genauigkeit eingegangen. Es wurden 25 seeds pro Durchlauf angewendet, dies entspricht einer Gesamtzahl von 28.000 Läufen ( $25 \text{ Seeds} * 1.152 \text{ Läufe}$ ).

## 4 Auswertung

### 4.1 Benennung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Konzept entwickelt zur Bezeichnung bestimmter Simulationen. Der Name setzt sich dabei aus folgender Struktur zusammen:

Robot Type - Grid Größe - Anzahl der Roboter – Sichtweite des Roboters (Radius) – Sichtfeld in Grad (Angle) – Gewichtungsfaktor Frontiergröße

Der Gewichtungsfaktor für die Distanz zum Frontier wird nicht gesondert erwähnt, da für einen relativen Vergleich nur das Verhältnis der Faktoren relevant ist. Die Orientierung des Agenten wird bei der Zielauswahl nicht berücksichtigt.

Wird ein „Ø“ im Akronym verwendet, wurden alle durchgeführten Simulationen über diesen Wert gemittelt. Ein „X“ im Akronym steht für einen veränderlichen Wert, der auf der x-Achse aufgetragen wird.

Eine Simulation mit folgender Bezeichnung: FBR – 100 – 9 – 1 – 180 – 0,1 stellt dabei eine Simulation dar, in der ein Roboter mit dem Frontier-Based Algorithmus, einer Grid-Größe von 100, insgesamt 9 Robotern mit einer Sichtweite von 1 Feld und einem Sichtfeld mit 180 Grad, sowie einem Gewichtungsfaktor für die Länge der Grenze von 0,1 eingesetzt wurde. Der Gewichtungsfaktor für Distanz ist durchgängig 1 (vgl. 2.2.3.)

## 4.2 Messgrößen

Zur Gegenüberstellung der Ergebnisse werden folgende Größen definiert.

Tabelle 2: Messgrößen

Name	Beschreibung	Einheit
Zeit	Zeit Schritte, die das System benötigt, um zu terminieren	Steps
Weg	Summe aller Bewegungen aller Agenten bis zur Terminierung	Zellen

## 4.3 Simulationen

Um eine statistische Sicherheit der Simulationen zu gewährleisten, werden jeweils 25 verschiedene Grundwerte (seed) für die Zufall Generierung der Simulation gewählt. Die anderen Parameter bleiben unverändert. Über diese 25 Läufe werden der Mittelwert, sowie Minimum und Maximum über jeden Lauf gebildet.

Alle Simulationen sind mit verschiedenen Parametern durchgeführt. Die nachstehende Tabelle zeigt alle Ausprägungen der veränderlichen Werte. Über all diese Werte ist eine Permutation ermittelt wurden, die die Gesamtheit aller Tests angibt.

- Anzahl Roboter: 1, 3, 6, 9
- Kantenlänge Grid in Feldern (gesamte Grid-Größe ist  $X^2$ ): 40, 60, 80, 100
- Roboter Algorithmen: "RandomWalkRobot", "FrontierBasedRobot (FBR)"
- Sichtweite in Feldern: 1, 2, 3
- Sichtfeld in Grad: 45, 90, 180, 360
- Seed: 1 bis 25
- Gewichtungsfaktor der Distanz des Roboters zu Grenze: 1,0
- Gewichtungsfaktor der Länge der Grenze: 0,0; 0,1; 0,25

## 4.4 Ergebnisse

Das gemittelte Gesamtergebnis über alle Läufe aufgeteilt nach den jeweils eingesetzten Algorithmen – Frontier-Based und Random Walk - zeigt, dass die FBR unabhängig der Anzahl schon absolvierter Schritte ein besseres Ergebnis erzielen (vgl. Abb. 6). Nach 1.000 Schritten kann im Durchschnitt eine Steigerung des Gesamtergebnisses von 28,3 % beobachtet werden.

Desweiteren ist die Streuung der Ergebnisse beim FBR kleiner als die der Random Walk Roboter. Beim FBR ergibt sich eine Streuung von 2,6 % wohin gegen der Random Walk eine Differenz von 18,2 % zwischen maximalem und minimalem Wert nach 1.000 Schritten aufweist.

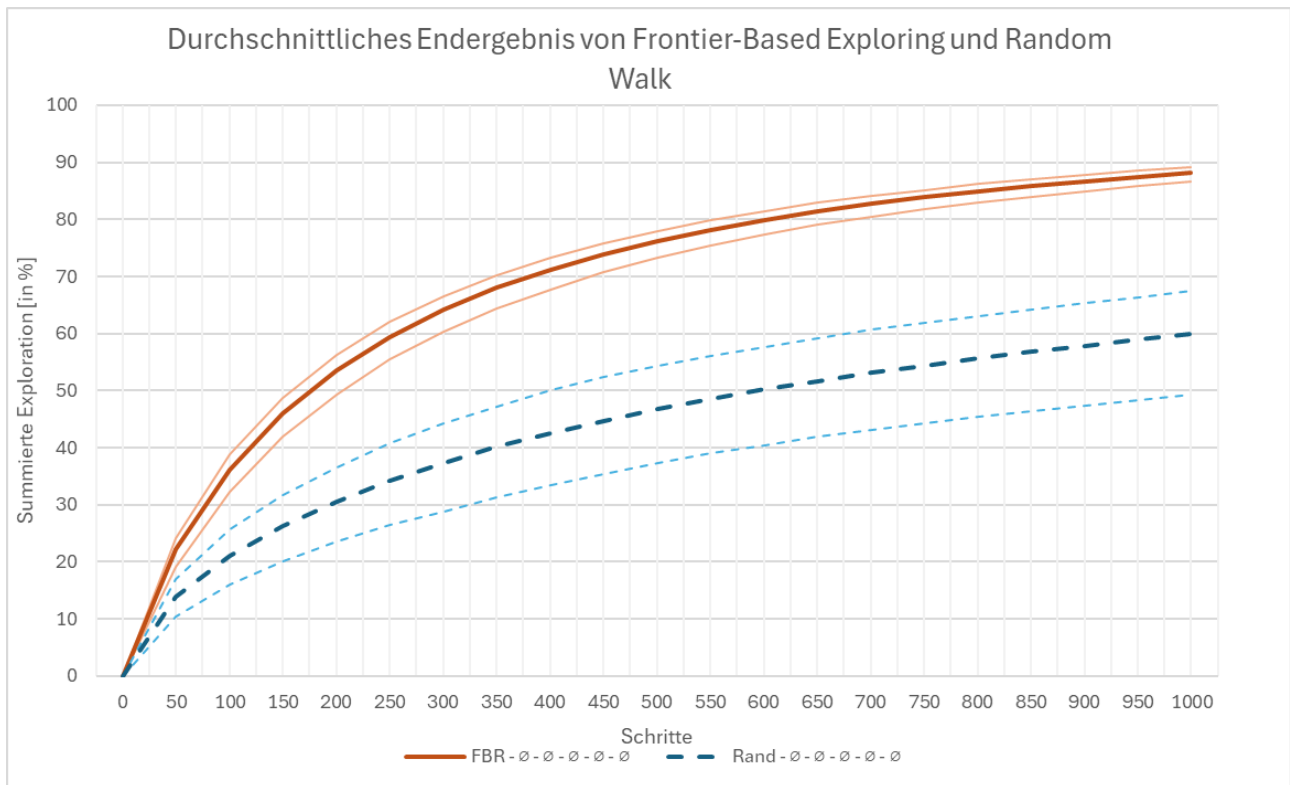


Abb. 6: Durchschnittliche Summierte aufgedeckte Felder in Prozent über die Gesamtheit aller Tests aufgeteilt in Frontier Based Roboter und Random Walk Roboter (Durchgezogene Linie: Mittelwert, Gestrichelte Linie: Maximum / Minimum der Läufe)

Der nachstehenden Tabelle (vgl. Tabelle 3) sind die Werte in der Datei zu entnehmen.

Tabelle 3: Aufgedeckte Felder in % zum Gesamt-Grid nach 1.000 Schritten

	Min [%]	Durchschnitt [%]	Max [%]
FBR	86,5	88,2	89,2
Streuung FBR	- 1,6	2,6	1,0
Random	49,2	59,9	67,4
Streuung Random	- 10,7	18,2	7,5

Hier zeigt sich, dass selbst das minimale Ergebnis des FBR zu einem besseren Ergebnis führt als das maximale Ergebnis der Random Walk Simulationen. Bei dieser Betrachtung wird immer noch eine Verbesserung von 19,1 % erreicht.

Bei einer detaillierteren Betrachtung in Abhängigkeit der Grid-Größe und Roboteranzahl wird dieses noch einmal verdeutlicht (vgl. Abb. 7).

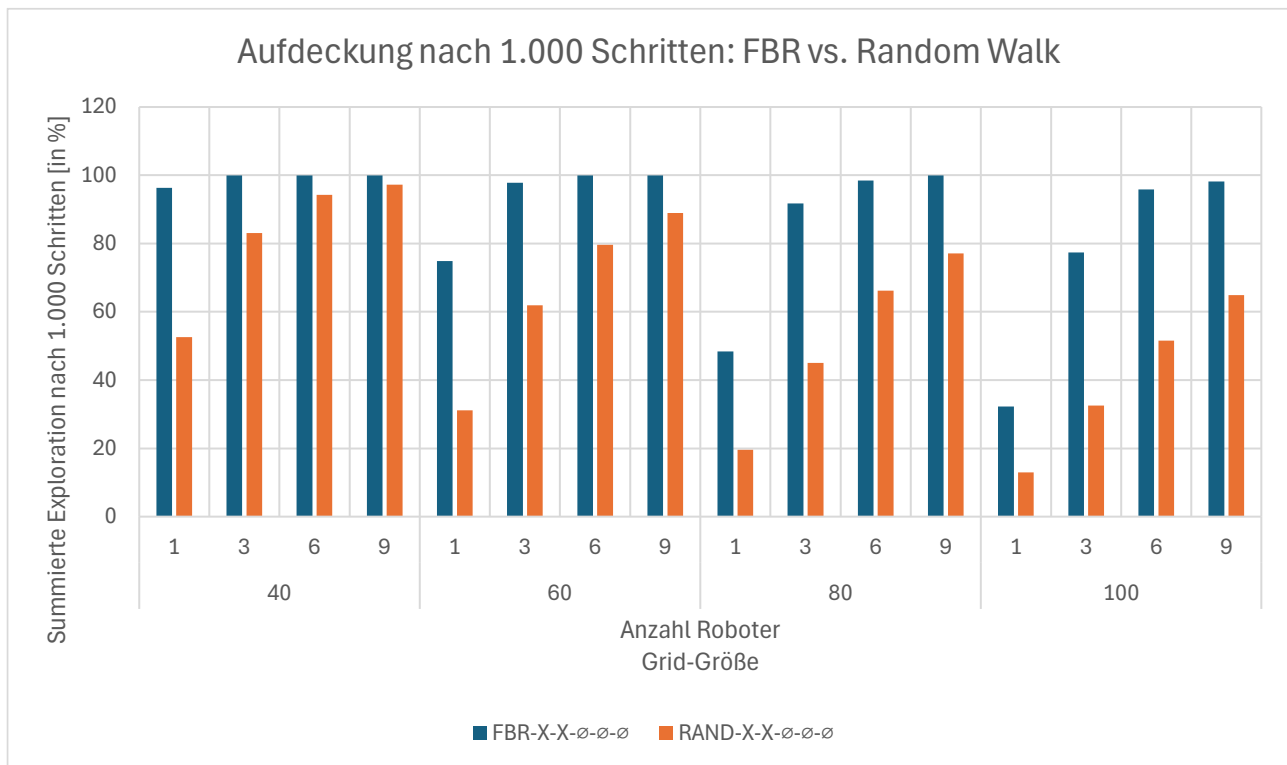


Abb. 7: Aufdeckung in Prozent nach 1.000 Schritten in Gesamtheit aller Tests aufgeteilt in Frontier-Based Roboter und Random Walk Roboter

Unabhängig von Grid-Größe und Anzahl der Roboter, werden bei FBR immer mehr Felder aufgedeckt als in der vergleichbaren Simulation mit Random Walk Robotern. Dieses Ergebnis verstärkt sich mit zunehmender Grid Größe. So ist bei einem kleinem Grid die Differenz noch gering, wächst aber proportional mit der Vergrößerung des Grids.

Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass die Differenz bei FBR – 40 – 9 – Ø – Ø – Ø und Rand – 40 – 9 – Ø – Ø – Ø nach 1.000 Schritten nur 2,66 % ist. Dieser Wert wird im Vergleich bei FBR nach ca. 150 Schritten (1.564 Aufgedeckte Felder) erreicht, wohin gegen der Random Walk diesen Wert selbst nach Ablauf der 1.000 Schritten nicht erreicht. Nach 1.000 Schritten wird ein Wert von 1.555 aufgedeckten Feldern erreicht (vgl. Abb. 8). Dies ist eine Zeitersparnis von 567%.

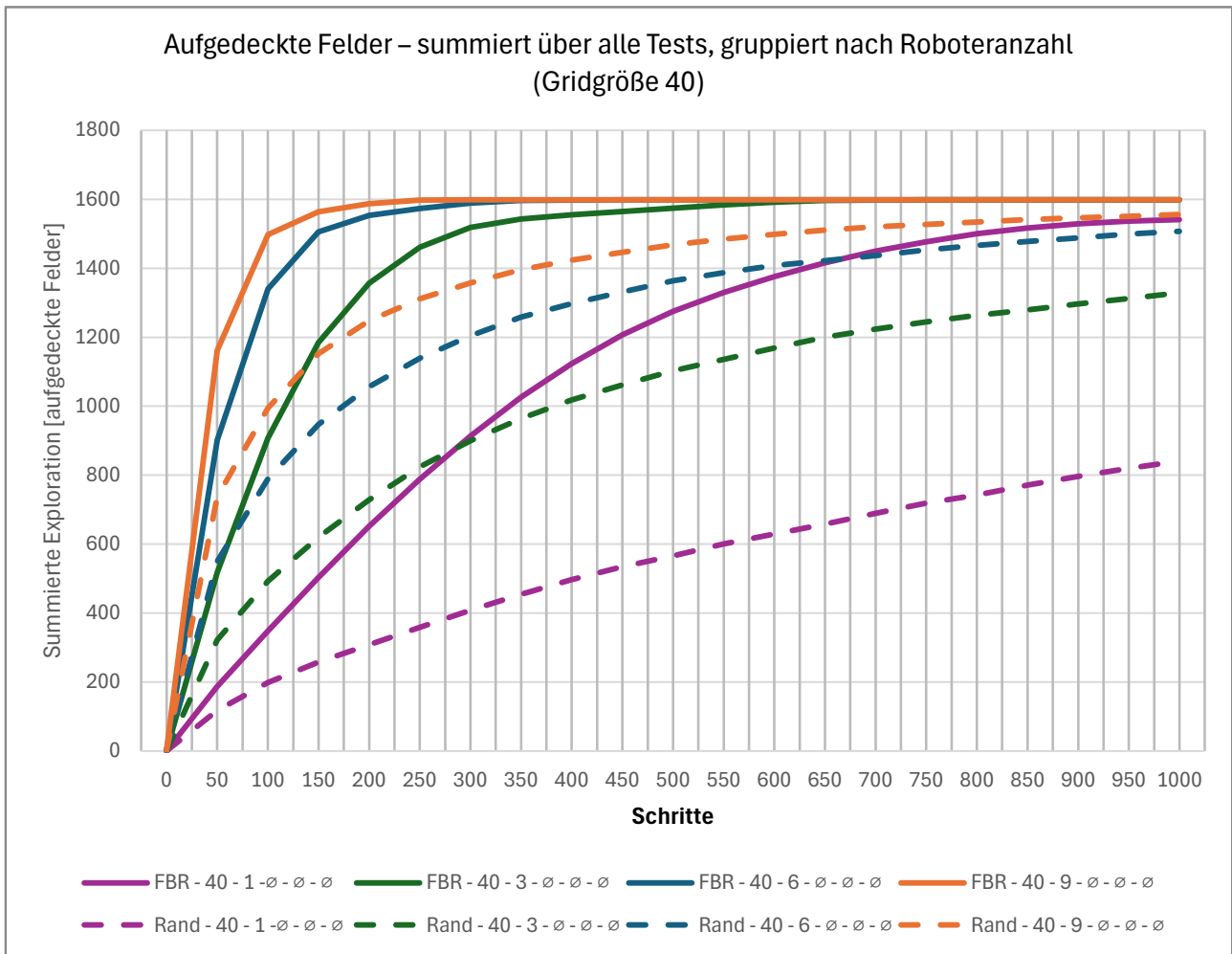


Abb. 8: Summe der aufgedeckten Felder nach 1.000 Schritten aufgeteilt nach Roboteranzahl und Grid-Größe<sup>1</sup>

Stellt man den zeitlichen Verlauf der Erkundung für Random Walk und Frontier-Based, sowie unterschiedliche Anzahlen an Robotern (vgl. Abb. 8) ist zu erkennen, dass bereits mit einem FBR bei einer Grid-Größe von 40 eine Aufdeckung von ca. 100 % erreicht wird. Die Random Walk Roboter können dieses Ergebnis (Aufdeckung von ca. 100 %) bei gleicher Grid-Größe erst mit einer Anzahl von 6 Robotern erreichen. Des weiteren ist zu sehen, dass bei den FBR eine Erhöhung der Anzahl über 6 Roboter hinaus nur noch wenig Verbesserung hinsichtlich des Gesamtergebnisses bringt (eine Steigerung von 2,3 %) unabhängig der gewählten Grid-Größe.

Tabelle 4: Erreichten Prozentualen Aufdeckungen mit unterschiedlichen Grid-Größen und Roboteranzahl (FBR – X – X – ∅ – ∅ – ∅)

Anzahl Roboter	Grid-Größe			
	40	60	40	60
1	96.3	74.8	48.33	32.2
3	99.9	97.7	91.6	77.3
6	99.9	99.9	98.4	95.8
9	99.9	99.9	99.9	98.1

<sup>1</sup> Weitere Diagramme dieses Typen (X- X - X - ∅- ∅- ∅) sind dem Angang zu entnehmen (Abschnitt 6.2)

Der Random Walk hingegen kann bei einer Steigerung von 6 auf 9 Roboter eine weitere Steigerung der aufgedeckten Felder um durchschnittlich 10,3 % erreichen. Der Einsatz von zusätzlichen Robotern in einem 100er-Grid-System kann die Effizienz um etwa 5 % pro zusätzlichem Roboter steigern. Bei Verkleinerung des Grids verstärkt sich dieser Effekt sogar auf bis zu 15 %.

Tabelle 5: Erreichen Prozentualen Aufdeckungen mit unterschiedlichen Grid-Größen und Roboteranzahl (Rand – X – X – ∅ – ∅ – ∅)

Anzahl Roboter	Grid-Größe				Max. Diff.
	40	60	80	100	
1	52.6	31.2	19.6	13.0	39.6
3	83.1	61.9	45.1	32.5	50.6
6	94.2	79.6	66.2	51.5	42.7
9	97.3	88.9	77.1	64.8	32.4

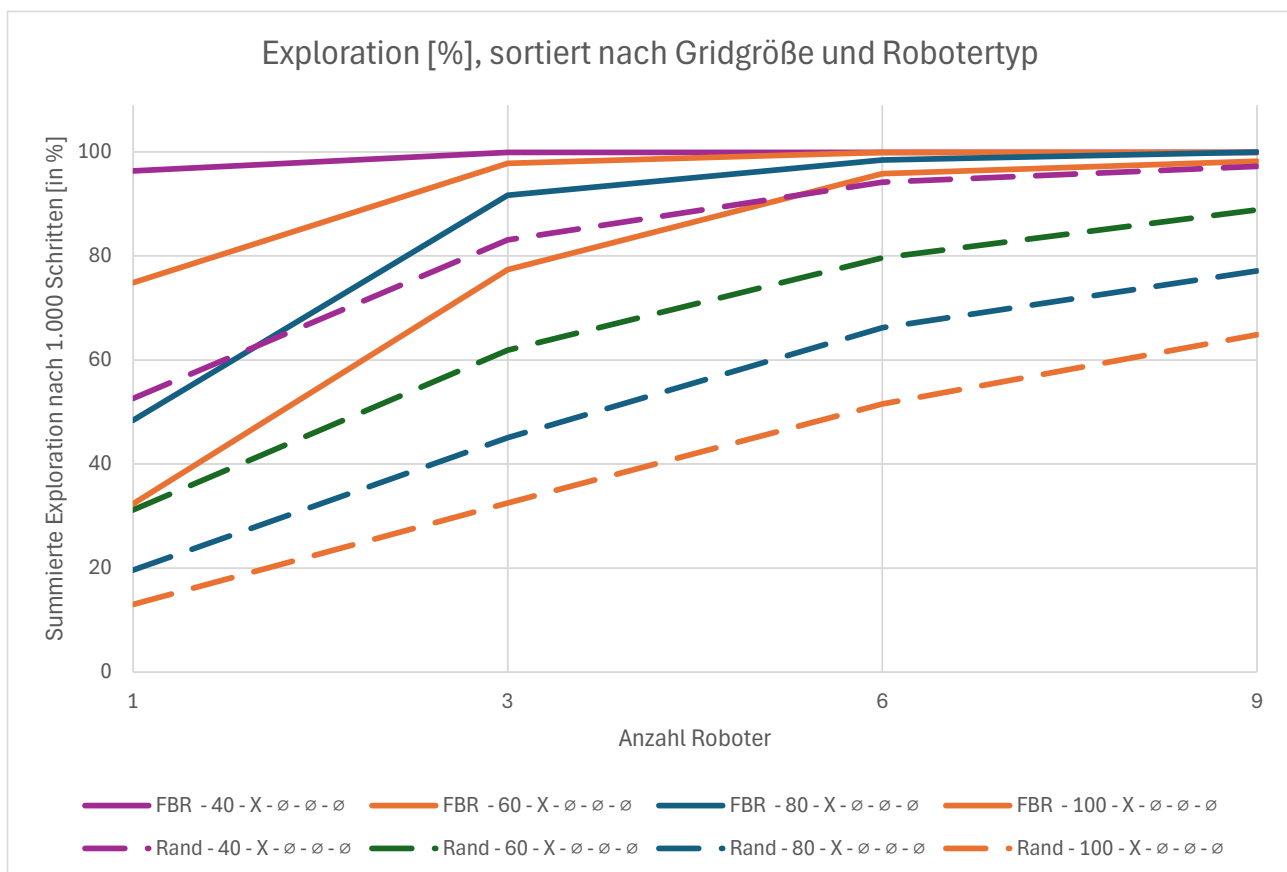


Abb. 9: Exploration in % im Verhältnis von Grid-Größe und Anzahl Robotern

Neben den Softwareaspekten wurden auch technische Aspekte wie Sichtweite und Sichtfeld simuliert.

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Sichtfelder ist dem folgenden Diagramm zu entnehmen (vgl. Abb. 10).

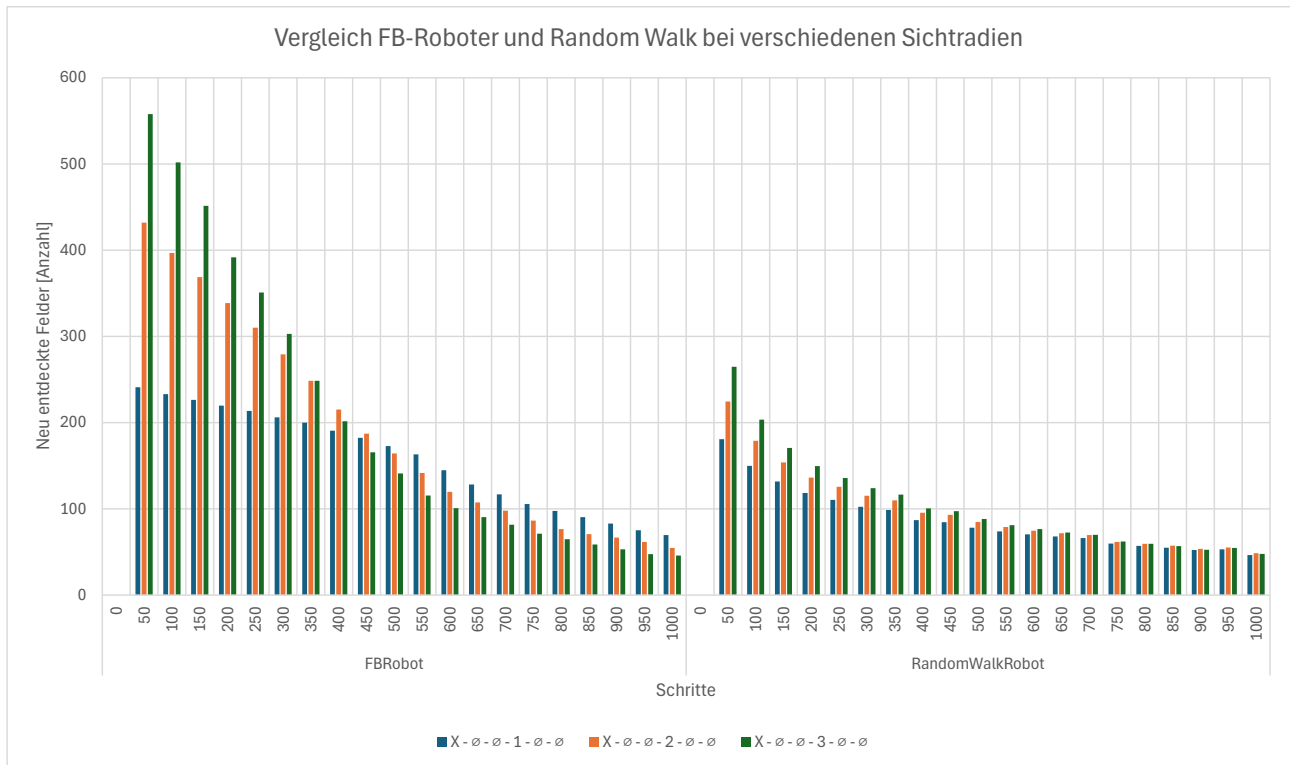


Abb. 10: Neuaufdeckung per schritt verschiedener Robotertypen mit verschiedenen Sichtfeldwinklen

Das Diagramm beschreibt die neu erkundeten Felder in jedem Schritt als Summe über alle Roboter des gleichen Robotertyps. Es ist zu erkennen, dass die größte Steigerung durch eine Sichtfeldvergrößerung am Beginn der Simulation des FBR-Roboters von  $45^\circ$  auf  $180^\circ$  erreicht werden kann. Dieser Signifikante Unterschied wird im Laufe der Simulation legalisiert. Dieses ist damit zu erklären, dass es zu Beginn mehr unbekannte als bekannte Felder gibt. Somit gibt es zu Beginn mehr Fehler aufzudecken als gegen Ende der Simulation. Durch ein größeres Sichtfeld werden also schneller mehr Felder aufgedeckt, wodurch gegen Ende weniger unbekannte Felder vorhanden sind.

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Random Walk Roboter. Auch hier ist eine Steigerung der Aufdeckung durch die Steigerung des Sichtfelds von  $45^\circ$  auf  $180^\circ$  zu erkennen. Ein charakteristischer Unterschied ist der Abfall bei einem  $360^\circ$  Sichtfelds. Dieser Abfall ergibt sich aus der Programmierung des Random Walk Roboters. Dadurch, dass der Roboter nur auf Felder fahren kann, die momentan in seinem Sichtfeld liegen, wird die Auswahl an Feldern die dem Roboter bei  $360^\circ$  zu Verfügung stehen größer. Die Wahrscheinlichkeit das der Roboter auf ein bekanntes Feld fährt, welches nur von bekannten Feldern umgeben ist, steigt dadurch.

Die Sichtweite folgt dem Aufdeckungsmuster des FBR-Roboters mit unterschiedlichem Sichtfeld (Vgl. Abb. 11).



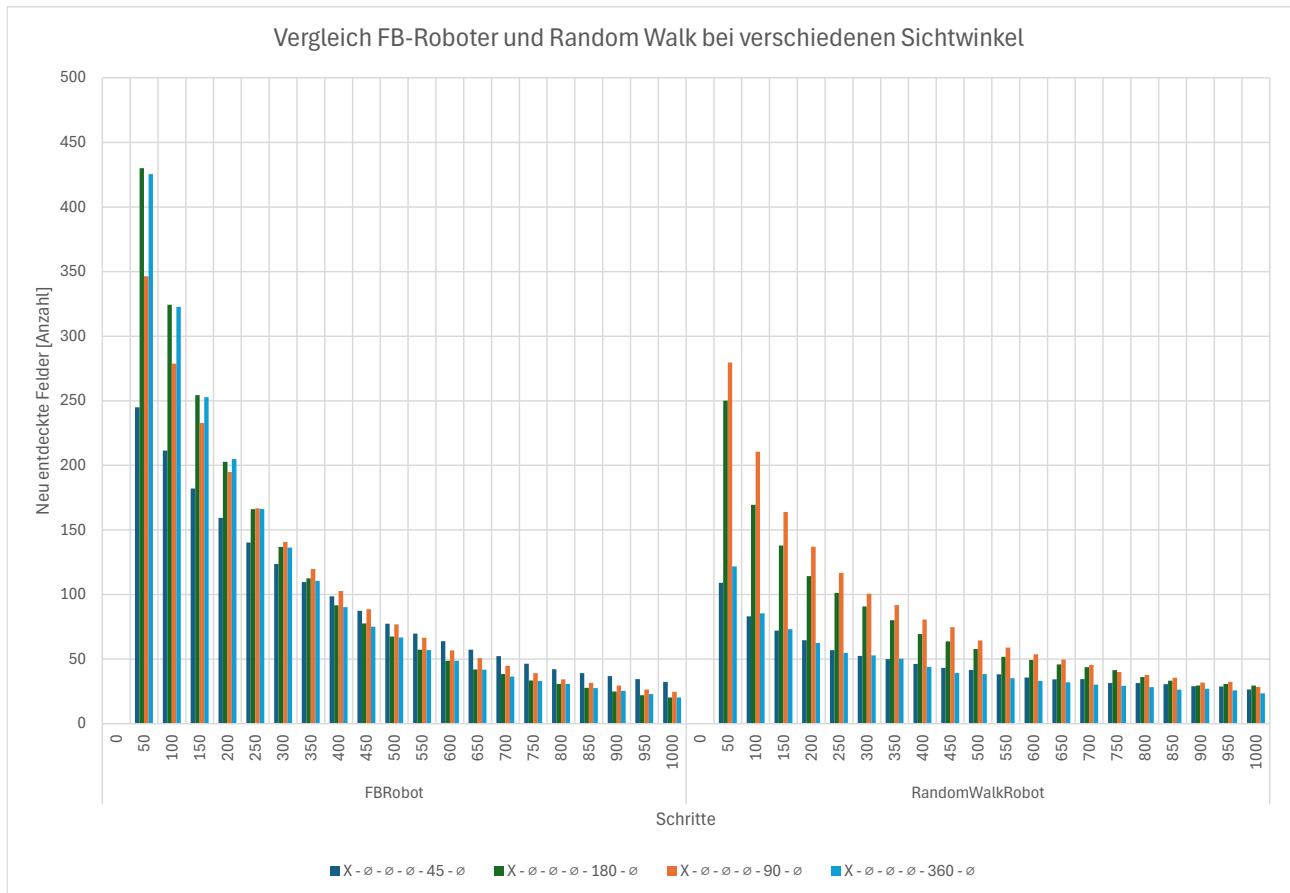


Abb. 11: Neuaufdeckung per schritt verschiedener Robotertypen mit verschiedenen Sichtweiten

Zu Beginn der Simulation sind mehr Felder unbekannt als bekannt, womit die Wahrscheinlichkeit steigt ein unbekanntes Feld im Sichtbereich zu haben. Mit zunehmender Dauer der Simulation kehrt sich dieses Prinzip um. Die Rate an neu entdeckten Feldern nimmt ab. Dieses Phänomen wird durch eine kürzere bzw. längere Sichtweite unterstützt.

Die Zielauswahl des Frontier-Based Algorithmus wird durch die zwei Faktoren Länge sowie Distanz des Roboters zur gefundenen Grenze beschrieben (vgl. Abschnitt 2.2.3). Dem nachfolgenden Diagramm sind unterschiedliche Verhältnisse dieser beiden Werte zueinander zu entnehmen (vgl. Abb. 12).

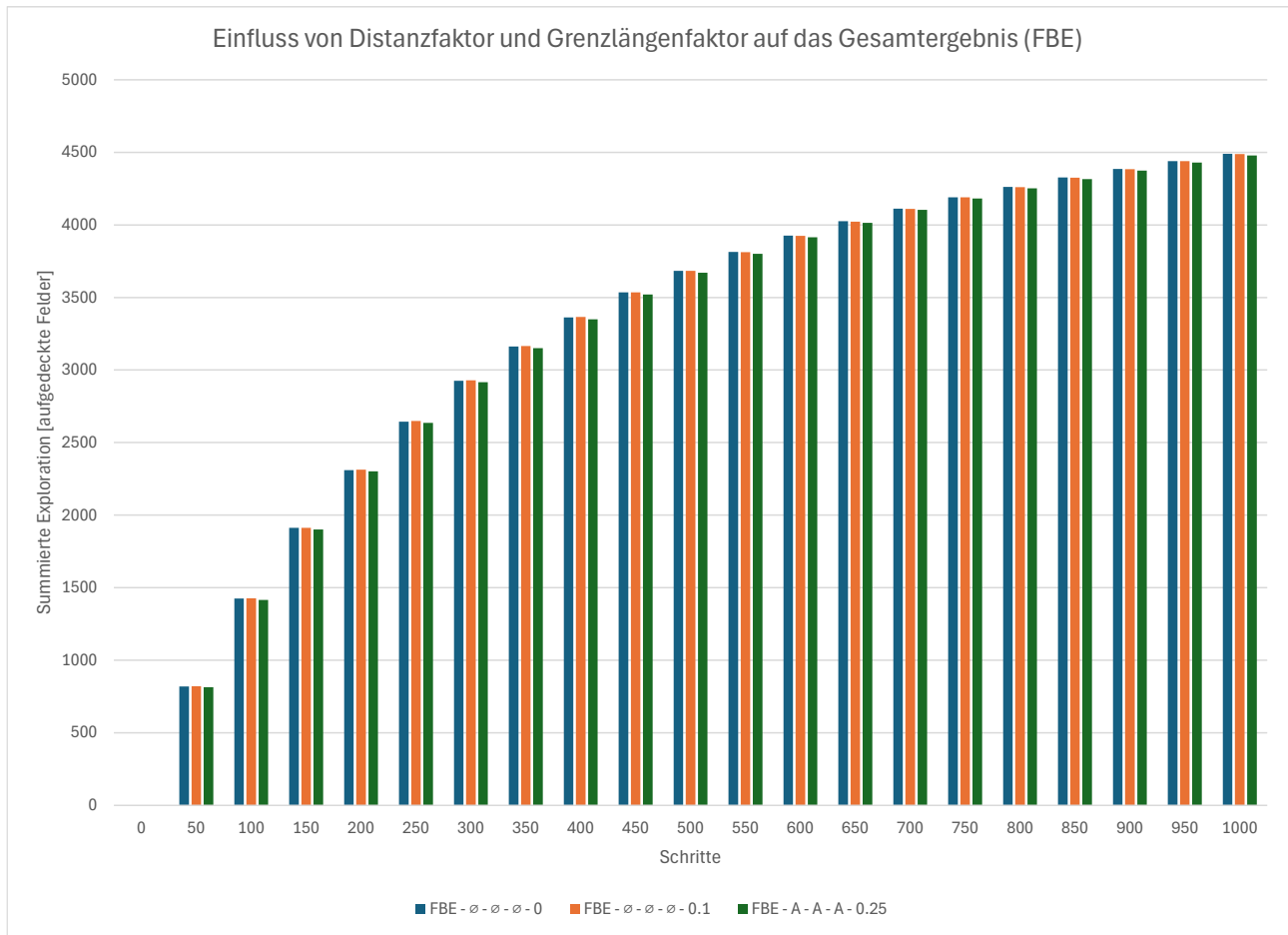


Abb. 12: Veränderte Distanz zum Roboter : Länge der Grenze Verhältnisse im FBR-Algorithmus

In dieser Simulation wird der Einfluss der Verhältnisse (Distanz zum Roboter : Länge der Grenze) 1:0, 10:1, 4:1 auf das Gesamtergebnis überprüft. Wie im Diagramm zu sehen, haben die unterschiedlichen Verhältnisse einen zu vernachlässigbaren Einfluss auf das Gesamtergebnis. Dieses steht konträr zu den aktuellen Forschungsständen. In diesen spielt dieses Verhältnis eine signifikante Rolle im Algorithmus.

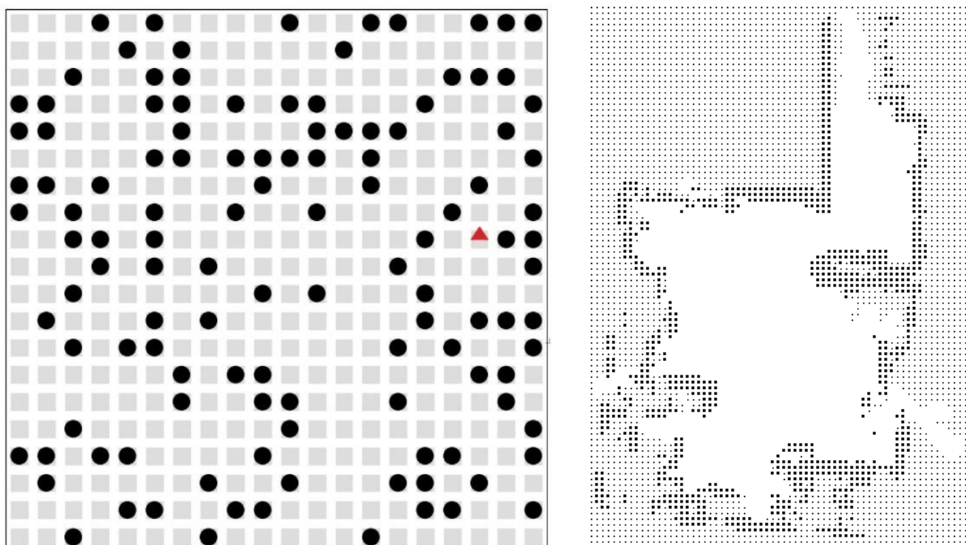


Abb. 13: (Rechts) Verwendetes zufälliges Grid aus dem Mesa Framework; (Links) Aufgedeckte Karte aus Literatur [20]

Im Vergleich zwischen beiden Grids (vgl. Abb. 13), wird ersichtlich, dass das Grid auf der rechten Seite längere zusammenhängende Grenzen aufweist. Das Grid auf der linken Seite hingegen weist wenige zusammenhängende Grenzen auf. Dies führt dazu, dass der Algorithmus diese Grenzen mit der Länge 1 bewertet. Dieser Wert hat somit nur geringen Einfluss auf die Auswahl der anzusteuern Grenze. Um eine Überprüfung dieser Hypothese sicherzustellen, sind weitere Simulationen mit einem manuell erstellten Grid ausgeführt wurden. Bei diesem Grid sind die Hindernisse näher zusammen und bilden somit längere zusammenhängende Grenzen. Das Grid ist einer Wohnung aus der Realwelt nachempfunden.

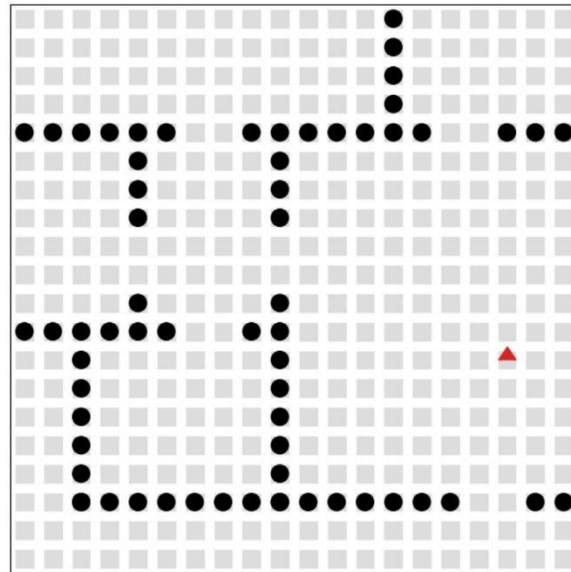


Abb. 14: Manuell erstelltes Grid zur Überprüfung des FBR

Auch hier wurden 25 verschiedene Seeds (1-25) zu einem Ergebnis gemittelt. Dabei ergibt sich folgende Abbildung (vgl. Abb. 15).

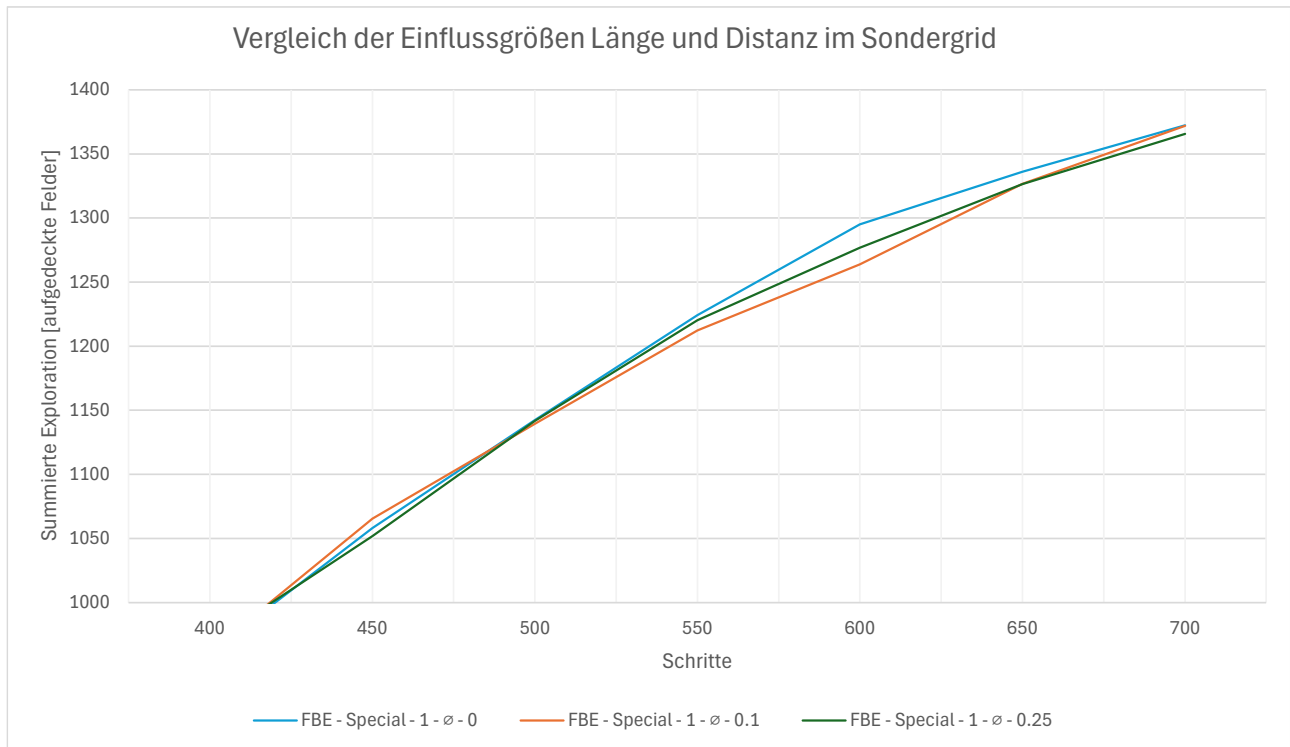


Abb. 15: Darstellung unterschiedlicher Frontier-Based Parametersätze und deren Auswirkung auf das Gesamtergebnis

Bei einer detaillierten Betrachtung fällt auf, dass die beiden Faktoren Länge der Grenze und Abstand des Roboters in unterschiedlichen Phasen der Erkundung unterschiedliche, auch wenn nur marginale Verbesserungen erbringen. Im Maximum kann das Verhältnis 1:0 (Distanz zum Roboter : Länge der Grenze) bei der gleichen Anzahl an Schritten 10 Felder mehr aufdecken. Dieser Vorsprung wird im Laufe der Simulation wieder relativiert und sinkt auf 2 Felder. Dieser geringe Unterschied ist nicht signifikant und könnte auf eine zu kleine Stichprobengröße hinweisen. Es konnte somit in einer Simulation die Realwertdaten von T. Anirudh, I. Pranav K. Abhishek [20] nicht bestätigt werden. Weiterführende Analysen und Simulationen für das optimale Verhältnis zwischen beiden Parametern müssen durchgeführt werden.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Simulation erstellt, die die Erkundung einer unbekannten Karte nachahmt. Für diese Simulation wurde eine unbekannte Karte mittels zwei verschiedenen Robotertypen abgesucht. Zum einen ein Random Walk Roboter, der ohne jegliche Intelligenz zufallsbasiert eine Karte erkunden und zum anderen ein Robotertyp, der mittels eines Systems namens „Frontier-Based Exploration“ systematisch eine Umgebung kartografiert. Im FBR wird dazu anhand von Grenzgrößen und der Distanz zu Grenzen eine Prioritätenliste erstellt, welche von den Robotern geordnet abgearbeitet wird. Zur Eliminierung von weiteren Einflussfaktoren, die die Simulation beeinflussen könnten, wurde eine Permutation über alle der folgenden Parameter Anzahl Roboter, Kantenlänge des Grids, Roboter Algorithmen, Sichtweite, Sichtfeld, Gewichtungsfaktor der Distanz und Länge der Grenze erstellt. Die Ergebnisse wurden über 25 Seeds bei gleichbleibendem Parameterset gemittelt und ausgewertet.

Es zeigt sich das ein FB-Roboter im Schnitt 28,3 %, bei gleichzeitiger Verringerung der Streuung vom besten zum niedrigsten Ergebnis um 15,4 %, mehr Felder aufdecken kann als ein Walk Roboter in gleicher Zeit (nach 1.000 Schritten).

Bei sehr kleinem Grid ( $\leq 60$ ) erreichen beide Typen die maximal aufzudeckende Anzahl an Feldern, dennoch wird dieses Ziel beim FBR deutlich früher erreicht. Es kommt zu einer Zeitersparnis von ca. 567 %. Werden die Grids vergrößert, kann die Effizienz durch den Einsatz von mehr Robotern, unabhängig ihres Typs, gesteigert werden. Beim FBR nimmt dieser Effekt bei einer Steigerung der Roboter über 6 nicht mehr merklich zu. Anders verhält sich dies bei den Random Walk Robotern. Hier kann bei Erhöhung der Roboteranzahl eine ca. 5 % - 15 % Steigerung je Roboter erreicht werden (abhängig von Roboteranzahl und Grid-Größe).

Neben der Softwarekonfiguration spielen auch Hardwarekomponenten eine Rolle bei der Erkundung. Diese wurden mittels Sichtfeld und Sichtweite simuliert. Bei einem FBR bringt eine Erhöhung des Sichtfeldes von über 180 Grad keine Steigerung. Anders beim Random Walk. Hier verringert sich das Ergebnis bei einer Steigerung über diesen Punkt, da sich die Roboter bei dem von uns umgesetzten Bewegungsmuster dann öfter rückwärts in ein bereits bekanntes Gebiet hinein bewegen. Die Sichtweite der simulierten Sensoren haben einen geringen Einfluss auf die Aufdeckrate der Roboter.

Anders als in der Literatur konnte kein signifikanter Unterschied in der Konfiguration der Parameter Distanz und Größe der Grenze im Frontier-Based Exploration Algorithmus festgestellt werden. Unabhängig der Wertepaare wird das gleiche Ergebnis erzielt. Die Simulationen mit einer realitätsnahen Wohnungsnachbildung bestätigten diese Idee.

Das Finden der optimalen Parameter für Länge und Distanz der Grenzen bleibt ausstehend und bildet einen Ansatz für weitere Analysen.

Ein weiterer nächster Schritt bestünde in der Kombination des Frontier-basierten Ansatzes mit Deep Reinforcement Learning (DRL) zur gezielten Frontier-Auswahl. Leong [21] beschreibt einen hybriden Ansatz, bei dem DRL Frontier-Ziele optimiert und dadurch Explorationseffizienz und Kartierungsqualität verbessert.

Ein weiterer Ansatz ist das Frontier Shepherding (FroShe), eine bio-inspirierte Multi-Roboter-Strategie, bei der Frontiers als „Schafe“ und Roboter als „Hütehunde“ modelliert werden. Insbesondere bei drei Agenten erreicht dieser Ansatz etwa 20 % Effizienzsteigerung gegenüber klassischen Verfahren und bleibt robust gegenüber Änderungen in Umgebungsstruktur und Roboteranzahl [22].

Um die Übertragbarkeit auf reale Systeme zu erhöhen, wäre eine realistischere Simulation der Sensorik sinnvoll – etwa durch Modellierung von Messfehlern, Unsicherheiten, eingeschränkter Kommunikation, etc.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Simulation eine Grundlage bildet und durch Erweiterung und Änderungen zu weiteren Ergebnissen und Erkenntnissen im Bereich der MAS beitragen kann.

**6 Anhang**

6.1 Rohdaten..... 29

6.2 Weitere Diagramme..... 50

## 6.1 Rohdaten

Folgende Tabelle enthält alle Ergebnisse nach 1.000 Schritten

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0	1	45	1	40	1	54.6	59.1	57.1	1.1	873.0	945.0	913.0	18.3
FBR	0	1	45	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	1	60	1	24.5	26.1	25.5	0.4	882.0	940.0	917.6	13.8
FBR	0	1	45	1	60	3	71.2	76.0	74.3	1.2	2564.0	2735.0	2675.8	44.8
FBR	0	1	45	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	1	80	1	13.9	14.8	14.5	0.2	890.0	944.0	926.7	14.9
FBR	0	1	45	1	80	3	41.8	43.9	42.9	0.6	2677.0	2810.0	2742.7	38.4
FBR	0	1	45	1	80	6	75.5	84.8	81.7	2.0	4831.0	5428.0	5228.0	130.6
FBR	0	1	45	1	80	9	96.9	100.0	99.8	0.6	6199.0	6400.0	6384.7	40.8
FBR	0	1	45	1	100	1	9.1	9.6	9.4	0.1	907.0	958.0	938.7	13.5
FBR	0	1	45	1	100	3	26.4	28.3	27.6	0.4	2635.0	2826.0	2759.3	42.2
FBR	0	1	45	1	100	6	52.9	56.1	54.5	0.7	5291.0	5609.0	5452.3	69.3
FBR	0	1	45	1	100	9	74.4	80.9	78.7	1.7	7433.0	8090.0	7864.7	172.1
Rand	0	1	45	1	40	1	16.3	38.2	27.7	4.6	261.0	611.0	443.0	73.0
Rand	0	1	45	1	40	3	38.9	70.0	57.7	8.3	621.0	1120.0	923.5	133.1
Rand	0	1	45	1	40	6	72.7	87.5	78.6	4.2	1163.0	1400.0	1257.4	68.2
Rand	0	1	45	1	40	9	84.4	93.5	88.8	2.6	1350.0	1496.0	1419.6	42.5
Rand	0	1	45	1	60	1	8.3	16.6	12.9	2.1	300.0	596.0	463.0	74.2
Rand	0	1	45	1	60	3	25.5	40.5	34.4	4.1	919.0	1456.0	1238.3	149.2
Rand	0	1	45	1	60	6	39.0	64.3	53.0	6.8	1403.0	2316.0	1906.8	243.2
Rand	0	1	45	1	60	9	57.7	73.8	68.8	3.8	2076.0	2658.0	2476.3	135.1
Rand	0	1	45	1	80	1	2.9	10.6	8.0	1.7	185.0	677.0	513.4	111.1
Rand	0	1	45	1	80	3	16.7	25.7	21.4	2.5	1069.0	1647.0	1367.8	158.2
Rand	0	1	45	1	80	6	33.0	44.5	38.4	3.2	2113.0	2850.0	2458.9	207.6
Rand	0	1	45	1	80	9	42.3	57.6	50.9	3.4	2704.0	3687.0	3255.6	219.7
Rand	0	1	45	1	100	1	2.0	6.9	5.3	1.2	195.0	693.0	529.0	117.7
Rand	0	1	45	1	100	3	12.9	17.3	14.8	1.2	1290.0	1729.0	1480.5	116.4
Rand	0	1	45	1	100	6	21.7	30.3	26.8	2.2	2172.0	3034.0	2681.5	224.9
Rand	0	1	45	1	100	9	30.5	39.9	36.3	2.2	3053.0	3989.0	3629.2	223.2
FBR	0	1	45	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1597.4	3.7
FBR	0	1	45	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	2	60	1	49.6	58.1	55.1	2.1	1783.0	2091.0	1983.4	77.1
FBR	0	1	45	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	2	80	1	30.2	34.6	32.3	1.1	1935.0	2217.0	2066.0	68.4
FBR	0	1	45	2	80	3	82.8	90.8	86.1	2.2	5297.0	5810.0	5508.2	140.5
FBR	0	1	45	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	45	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	45	2	100	1	18.9	21.9	20.7	0.7	1893.0	2193.0	2070.6	70.4
FBR	0	1	45	2	100	3	56.0	62.1	59.3	1.7	5603.0	6213.0	5933.3	168.0
FBR	0	1	45	2	100	6	95.8	99.6	98.4	1.1	9580.0	9961.0	9842.1	108.6
FBR	0	1	45	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	45	2	40	1	19.6	54.0	37.4	7.1	314.0	864.0	597.8	112.9
Rand	0	1	45	2	40	3	46.8	87.8	70.3	10.5	748.0	1405.0	1124.2	168.0
Rand	0	1	45	2	40	6	81.2	96.4	88.6	4.3	1299.0	1542.0	1416.7	69.0
Rand	0	1	45	2	40	9	88.8	98.4	95.0	2.5	1420.0	1575.0	1519.8	40.6



robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0	1	45	2	60	1	9.8	24.0	18.0	3.5	354.0	865.0	646.2	124.6
Rand	0	1	45	2	60	3	33.5	53.1	45.7	6.0	1206.0	1910.0	1645.3	217.2
Rand	0	1	45	2	60	6	47.8	78.1	65.8	8.4	1721.0	2813.0	2367.4	301.1
Rand	0	1	45	2	60	9	68.3	87.0	81.5	4.4	2458.0	3132.0	2934.8	158.1
Rand	0	1	45	2	80	1	3.5	16.3	11.7	3.0	227.0	1041.0	748.3	189.0
Rand	0	1	45	2	80	3	22.2	36.8	29.8	4.0	1422.0	2352.0	1905.8	255.1
Rand	0	1	45	2	80	6	42.2	59.4	51.1	4.9	2698.0	3804.0	3271.0	314.0
Rand	0	1	45	2	80	9	54.3	72.5	64.3	4.4	3475.0	4639.0	4116.7	279.0
Rand	0	1	45	2	100	1	2.6	10.1	7.6	1.9	262.0	1010.0	762.4	188.7
Rand	0	1	45	2	100	3	18.2	24.9	20.9	2.0	1815.0	2486.0	2089.5	197.5
Rand	0	1	45	2	100	6	27.8	41.9	36.3	3.6	2782.0	4185.0	3624.7	361.1
Rand	0	1	45	2	100	9	39.0	53.7	47.9	3.3	3902.0	5366.0	4791.0	332.5
FBR	0	1	45	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	45	3	60	1	74.8	87.7	81.7	3.3	2693.0	3154.0	2941.1	119.9
FBR	0	1	45	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	45	3	80	1	45.0	54.7	50.2	2.5	2878.0	3501.0	3211.0	158.8
FBR	0	1	45	3	80	3	97.8	100.0	99.8	0.4	6256.0	6400.0	6387.9	28.7
FBR	0	1	45	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	45	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	45	3	100	1	28.4	35.8	33.0	2.0	2844.0	3582.0	3297.9	197.4
FBR	0	1	45	3	100	3	81.0	88.3	84.9	2.3	8097.0	8820.0	8492.9	225.5
FBR	0	1	45	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0	1	45	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	45	3	40	1	21.2	59.9	40.8	7.9	339.0	958.0	653.3	126.2
Rand	0	1	45	3	40	3	48.8	91.2	73.8	10.8	779.0	1459.0	1180.7	172.4
Rand	0	1	45	3	40	6	83.6	98.3	91.2	4.1	1338.0	1572.0	1458.0	65.1
Rand	0	1	45	3	40	9	89.6	99.5	96.3	2.3	1433.0	1592.0	1541.0	37.1
Rand	0	1	45	3	60	1	10.3	26.3	19.7	4.0	369.0	946.0	708.4	143.0
Rand	0	1	45	3	60	3	35.8	57.2	49.3	6.6	1288.0	2060.0	1775.7	238.6
Rand	0	1	45	3	60	6	50.3	82.8	69.4	8.8	1812.0	2982.0	2498.6	316.5
Rand	0	1	45	3	60	9	71.4	90.6	84.8	4.4	2571.0	3261.0	3054.0	159.9
Rand	0	1	45	3	80	1	3.9	18.2	12.9	3.3	248.0	1167.0	826.3	212.3
Rand	0	1	45	3	80	3	24.1	40.4	32.6	4.5	1545.0	2583.0	2083.1	286.2
Rand	0	1	45	3	80	6	45.0	64.6	55.1	5.4	2880.0	4137.0	3525.7	347.2
Rand	0	1	45	3	80	9	58.3	76.6	68.3	4.6	3730.0	4905.0	4371.8	295.2
Rand	0	1	45	3	100	1	2.9	11.4	8.5	2.2	285.0	1137.0	849.5	215.1
Rand	0	1	45	3	100	3	20.0	27.6	22.9	2.3	1995.0	2761.0	2294.3	231.4
Rand	0	1	45	3	100	6	29.8	45.7	39.4	4.1	2979.0	4574.0	3937.9	406.2
Rand	0	1	45	3	100	9	41.8	58.2	51.6	3.8	4178.0	5821.0	5156.8	377.2
FBR	0	1	90	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1597.8	3.6
FBR	0	1	90	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	1	60	1	53.1	61.4	57.8	2.3	1911.0	2212.0	2079.6	84.1
FBR	0	1	90	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	1	80	1	30.3	35.7	33.8	1.2	1942.0	2286.0	2163.5	77.5
FBR	0	1	90	1	80	3	73.1	92.5	88.3	3.6	4679.0	5919.0	5649.3	232.6
FBR	0	1	90	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0	1	90	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	90	1	100	1	18.6	23.1	21.8	1.2	1863.0	2305.0	2176.0	118.2
FBR	0	1	90	1	100	3	56.8	66.2	62.1	2.4	5676.0	6618.0	6205.8	236.7
FBR	0	1	90	1	100	6	93.8	100.0	98.6	1.5	9382.0	9998.0	9861.8	148.0
FBR	0	1	90	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	90	1	40	1	59.1	77.0	69.4	5.8	942.0	1231.0	1110.2	92.4
Rand	0	1	90	1	40	3	89.9	98.4	96.7	1.8	1438.0	1574.0	1547.2	29.1
Rand	0	1	90	1	40	6	98.4	100.0	99.6	0.3	1574.0	1600.0	1593.1	5.9
Rand	0	1	90	1	40	9	98.9	100.0	99.8	0.3	1583.0	1600.0	1596.8	4.2
Rand	0	1	90	1	60	1	29.8	51.2	43.1	5.7	1071.0	1842.0	1552.5	204.1
Rand	0	1	90	1	60	3	73.2	87.3	79.3	4.3	2636.0	3143.0	2854.0	156.4
Rand	0	1	90	1	60	6	88.1	98.3	94.5	2.5	3170.0	3537.0	3401.5	89.8
Rand	0	1	90	1	60	9	96.0	99.5	98.2	0.9	3454.0	3581.0	3536.0	32.8
Rand	0	1	90	1	80	1	16.9	32.5	27.6	3.9	1082.0	2082.0	1769.0	247.5
Rand	0	1	90	1	80	3	48.4	66.3	59.9	4.8	3098.0	4244.0	3833.8	309.5
Rand	0	1	90	1	80	6	76.3	89.5	83.9	2.7	4884.0	5730.0	5366.7	169.8
Rand	0	1	90	1	80	9	83.5	95.2	91.9	3.3	5342.0	6090.0	5880.3	208.3
Rand	0	1	90	1	100	1	14.1	22.2	18.1	2.2	1410.0	2216.0	1807.6	215.0
Rand	0	1	90	1	100	3	34.4	51.0	43.3	4.2	3436.0	5101.0	4327.2	418.4
Rand	0	1	90	1	100	6	59.6	76.4	67.8	4.1	5962.0	7640.0	6780.2	407.9
Rand	0	1	90	1	100	9	76.8	87.9	82.6	2.8	7676.0	8789.0	8257.2	281.1
FBR	0	1	90	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	2	60	1	71.5	79.3	74.9	2.2	2571.0	2856.0	2695.1	78.8
FBR	0	1	90	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	2	80	1	40.8	49.8	45.0	2.1	2614.0	3186.0	2876.6	134.9
FBR	0	1	90	2	80	3	98.2	100.0	99.5	0.6	6282.0	6400.0	6369.9	36.9
FBR	0	1	90	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	90	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	90	2	100	1	26.5	31.3	29.3	1.3	2647.0	3129.0	2930.7	133.9
FBR	0	1	90	2	100	3	72.2	82.5	77.7	2.8	7224.0	8245.0	7765.7	279.2
FBR	0	1	90	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0	1	90	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	90	2	40	1	62.2	84.8	75.3	6.7	995.0	1356.0	1205.0	108.2
Rand	0	1	90	2	40	3	92.2	99.3	98.0	1.5	1475.0	1588.0	1568.1	24.2
Rand	0	1	90	2	40	6	98.6	100.0	99.7	0.3	1577.0	1600.0	1595.3	5.2
Rand	0	1	90	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1585.0	1600.0	1597.1	4.0
Rand	0	1	90	2	60	1	32.8	59.9	49.4	7.0	1180.0	2157.0	1776.9	252.6
Rand	0	1	90	2	60	3	77.2	92.1	84.2	4.7	2779.0	3314.0	3032.2	168.9
Rand	0	1	90	2	60	6	90.9	99.1	96.2	2.2	3274.0	3568.0	3462.3	80.2
Rand	0	1	90	2	60	9	97.7	99.8	98.9	0.6	3518.0	3591.0	3560.4	21.8
Rand	0	1	90	2	80	1	19.3	38.9	32.2	5.0	1234.0	2490.0	2062.0	321.6
Rand	0	1	90	2	80	3	53.3	73.3	66.1	5.6	3411.0	4688.0	4227.6	359.6
Rand	0	1	90	2	80	6	80.4	93.2	88.2	2.7	5147.0	5962.0	5645.6	170.0
Rand	0	1	90	2	80	9	87.0	97.5	94.5	3.0	5566.0	6239.0	6047.7	190.6
Rand	0	1	90	2	100	1	15.9	26.9	21.2	2.9	1591.0	2688.0	2120.7	287.4
Rand	0	1	90	2	100	3	38.0	58.6	48.9	5.1	3799.0	5861.0	4889.6	512.6
Rand	0	1	90	2	100	6	64.0	82.9	73.7	4.7	6400.0	8291.0	7366.3	465.7
Rand	0	1	90	2	100	9	80.5	92.7	87.2	2.9	8045.0	9269.0	8719.7	287.2
FBR	0	1	90	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0	1	90	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	90	3	60	1	83.5	96.4	91.3	3.2	3004.0	3467.0	3286.6	114.8
FBR	0	1	90	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	90	3	80	1	53.0	64.7	58.7	2.4	3390.0	4138.0	3758.0	155.5
FBR	0	1	90	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	90	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	90	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	90	3	100	1	35.5	43.1	39.3	2.0	3550.0	4308.0	3925.5	196.5
FBR	0	1	90	3	100	3	90.0	96.4	93.7	2.0	8997.0	9640.0	9365.6	199.5
FBR	0	1	90	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0	1	90	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	90	3	40	1	65.0	90.8	80.7	7.2	1040.0	1452.0	1290.2	115.4
Rand	0	1	90	3	40	3	93.8	99.8	98.8	1.2	1501.0	1596.0	1580.9	19.8
Rand	0	1	90	3	40	6	98.8	100.0	99.8	0.3	1581.0	1600.0	1596.6	4.4
Rand	0	1	90	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1597.5	4.0
Rand	0	1	90	3	60	1	35.8	68.2	55.6	8.3	1287.0	2455.0	2001.0	299.8
Rand	0	1	90	3	60	3	80.3	95.9	88.1	4.8	2890.0	3451.0	3169.4	172.5
Rand	0	1	90	3	60	6	92.6	99.5	97.4	1.9	3334.0	3583.0	3507.0	68.5
Rand	0	1	90	3	60	9	98.5	99.9	99.4	0.4	3543.0	3597.0	3577.5	14.2
Rand	0	1	90	3	80	1	21.8	46.0	36.9	6.3	1392.0	2947.0	2362.9	400.3
Rand	0	1	90	3	80	3	57.8	78.9	71.5	6.1	3702.0	5051.0	4577.5	393.2
Rand	0	1	90	3	80	6	83.8	96.4	91.7	2.7	5361.0	6171.0	5871.1	173.8
Rand	0	1	90	3	80	9	89.6	98.7	96.3	2.5	5735.0	6318.0	6164.8	162.2
Rand	0	1	90	3	100	1	17.3	32.2	24.4	3.8	1731.0	3223.0	2443.2	376.4
Rand	0	1	90	3	100	3	41.8	65.1	54.3	6.0	4182.0	6506.0	5428.8	599.0
Rand	0	1	90	3	100	6	68.1	88.3	78.9	5.1	6808.0	8828.0	7890.2	510.2
Rand	0	1	90	3	100	9	83.4	96.0	90.8	2.8	8344.0	9596.0	9079.6	283.8
FBR	0	1	180	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	1	60	1	56.6	66.4	62.4	2.4	2039.0	2390.0	2246.4	84.6
FBR	0	1	180	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	1	80	1	33.5	39.4	36.8	1.5	2144.0	2521.0	2355.7	95.0
FBR	0	1	180	1	80	3	88.3	97.8	93.4	2.3	5652.0	6256.0	5975.9	147.1
FBR	0	1	180	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	1	100	1	21.7	25.3	23.7	1.0	2173.0	2530.0	2370.8	102.3
FBR	0	1	180	1	100	3	61.9	70.3	66.7	2.1	6190.0	7031.0	6674.4	209.6
FBR	0	1	180	1	100	6	98.6	100.0	99.7	0.4	9857.0	10000.0	9973.8	41.0
FBR	0	1	180	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	180	1	40	1	33.8	79.3	60.1	12.3	539.0	1269.0	961.0	196.6
Rand	0	1	180	1	40	3	83.3	98.5	94.1	3.7	1332.0	1576.0	1504.4	59.4
Rand	0	1	180	1	40	6	96.2	100.0	99.3	0.8	1533.0	1600.0	1587.6	14.0
Rand	0	1	180	1	40	9	97.4	100.0	99.8	0.5	1553.0	1600.0	1595.8	9.6
Rand	0	1	180	1	60	1	22.4	47.4	36.1	6.6	807.0	1705.0	1299.5	239.0
Rand	0	1	180	1	60	3	59.9	87.9	73.1	7.0	2158.0	3163.0	2632.7	251.8
Rand	0	1	180	1	60	6	81.0	96.6	89.9	3.7	2915.0	3477.0	3236.6	133.9
Rand	0	1	180	1	60	9	88.9	99.4	96.6	2.5	3198.0	3575.0	3477.6	90.3
Rand	0	1	180	1	80	1	13.5	30.8	21.6	4.0	863.0	1973.0	1379.7	253.8

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0	1	180	1	80	3	35.7	61.3	52.8	6.1	2287.0	3925.0	3378.5	391.9
Rand	0	1	180	1	80	6	57.5	86.5	75.6	7.3	3677.0	5538.0	4837.1	464.7
Rand	0	1	180	1	80	9	75.9	94.5	89.0	4.7	4853.0	6046.0	5693.2	301.8
Rand	0	1	180	1	100	1	8.1	20.5	14.3	3.2	810.0	2046.0	1426.9	321.2
Rand	0	1	180	1	100	3	25.6	45.0	37.8	5.4	2559.0	4504.0	3776.8	543.0
Rand	0	1	180	1	100	6	44.9	72.0	59.6	6.2	4490.0	7203.0	5962.3	624.2
Rand	0	1	180	1	100	9	58.0	85.9	75.4	5.3	5800.0	8585.0	7542.1	527.9
FBR	0	1	180	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	2	60	1	91.1	98.3	94.8	2.1	3279.0	3538.0	3411.8	73.7
FBR	0	1	180	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	2	80	1	56.8	68.4	63.2	3.4	3633.0	4377.0	4045.6	214.4
FBR	0	1	180	2	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	2	100	1	35.8	46.4	42.7	2.6	3575.0	4640.0	4271.5	264.5
FBR	0	1	180	2	100	3	94.0	99.6	97.5	1.5	9396.0	9963.0	9753.7	147.8
FBR	0	1	180	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0	1	180	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	180	2	40	1	36.4	84.7	64.7	13.1	581.0	1355.0	1035.5	209.8
Rand	0	1	180	2	40	3	85.6	99.2	95.8	3.4	1370.0	1587.0	1532.6	54.1
Rand	0	1	180	2	40	6	97.7	100.0	99.5	0.6	1558.0	1600.0	1592.1	9.8
Rand	0	1	180	2	40	9	98.1	100.0	99.8	0.4	1564.0	1600.0	1596.6	7.5
Rand	0	1	180	2	60	1	23.7	53.4	40.5	8.1	854.0	1921.0	1458.8	290.7
Rand	0	1	180	2	60	3	63.3	92.8	77.8	7.5	2279.0	3342.0	2799.7	271.8
Rand	0	1	180	2	60	6	83.7	98.1	92.3	3.6	3014.0	3530.0	3321.2	129.5
Rand	0	1	180	2	60	9	89.8	99.6	97.6	2.3	3230.0	3582.0	3512.8	83.2
Rand	0	1	180	2	80	1	14.7	35.6	24.4	4.9	943.0	2281.0	1559.3	310.7
Rand	0	1	180	2	80	3	38.6	67.0	57.9	7.0	2470.0	4288.0	3708.2	449.3
Rand	0	1	180	2	80	6	60.2	91.4	79.8	7.8	3854.0	5850.0	5107.8	499.5
Rand	0	1	180	2	80	9	79.7	96.9	91.7	4.4	5101.0	6203.0	5870.5	280.5
Rand	0	1	180	2	100	1	8.7	24.5	16.2	4.0	869.0	2452.0	1615.5	401.5
Rand	0	1	180	2	100	3	28.4	50.7	42.0	6.3	2837.0	5066.0	4202.5	633.1
Rand	0	1	180	2	100	6	48.2	77.5	64.3	6.9	4817.0	7749.0	6432.6	692.5
Rand	0	1	180	2	100	9	61.0	90.3	79.8	5.6	6096.0	9034.0	7975.1	558.3
FBR	0	1	180	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	180	3	60	1	95.4	100.0	99.5	1.0	3436.0	3600.0	3580.3	34.4
FBR	0	1	180	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	180	3	80	1	67.9	80.9	73.1	3.0	4345.0	5179.0	4680.2	192.5
FBR	0	1	180	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	180	3	100	1	43.9	53.8	49.4	2.9	4390.0	5378.0	4940.7	290.3
FBR	0	1	180	3	100	3	98.1	100.0	99.7	0.5	9808.0	10000.0	9974.0	48.3
FBR	0	1	180	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0	1	180	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0	1	180	3	40	1	40.5	89.6	69.1	13.5	646.0	1433.0	1104.9	216.8
Rand	0	1	180	3	40	3	87.6	99.7	97.1	3.0	1402.0	1593.0	1552.7	47.8
Rand	0	1	180	3	40	6	98.8	100.0	99.7	0.3	1580.0	1600.0	1595.2	5.8
Rand	0	1	180	3	40	9	98.8	100.0	99.9	0.3	1575.0	1600.0	1597.3	5.5
Rand	0	1	180	3	60	1	25.4	58.4	45.0	9.4	915.0	2100.0	1621.4	338.7
Rand	0	1	180	3	60	3	66.3	95.8	81.8	7.7	2388.0	3447.0	2943.4	278.4
Rand	0	1	180	3	60	6	86.3	98.9	94.2	3.4	3107.0	3560.0	3390.6	121.6
Rand	0	1	180	3	60	9	90.8	99.9	98.3	2.1	3266.0	3596.0	3537.5	75.5
Rand	0	1	180	3	80	1	16.2	40.6	27.3	5.8	1035.0	2595.0	1747.3	371.0
Rand	0	1	180	3	80	3	41.6	72.2	63.0	7.9	2660.0	4619.0	4029.5	505.2
Rand	0	1	180	3	80	6	63.3	95.1	83.5	8.1	4049.0	6088.0	5345.9	518.2
Rand	0	1	180	3	80	9	83.2	98.4	93.9	4.0	5325.0	6299.0	6006.5	253.0
Rand	0	1	180	3	100	1	9.5	28.4	18.2	4.8	948.0	2840.0	1822.3	480.8
Rand	0	1	180	3	100	3	31.2	56.7	46.4	7.2	3117.0	5669.0	4635.4	723.0
Rand	0	1	180	3	100	6	51.5	82.1	68.8	7.4	5149.0	8207.0	6875.2	739.8
Rand	0	1	180	3	100	9	63.8	93.5	83.6	5.7	6380.0	9346.0	8362.8	568.1
FBR	0	1	360	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	1	60	1	56.7	66.5	62.5	2.4	2041.0	2393.0	2248.2	84.9
FBR	0	1	360	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	1	80	1	33.5	39.4	36.8	1.5	2147.0	2524.0	2357.3	95.1
FBR	0	1	360	1	80	3	84.7	96.9	92.3	2.9	5423.0	6204.0	5908.1	184.6
FBR	0	1	360	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	1	100	1	21.8	25.3	23.7	1.0	2176.0	2532.0	2373.1	102.4
FBR	0	1	360	1	100	3	60.9	69.2	66.9	2.1	6089.0	6918.0	6687.4	208.8
FBR	0	1	360	1	100	6	96.6	100.0	99.8	0.7	9655.0	10000.0	9975.6	69.7
FBR	0	1	360	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	360	1	40	1	15.2	39.7	31.3	6.0	243.0	633.0	500.5	95.1
Rand	0	1	360	1	40	3	40.1	83.8	67.0	9.8	642.0	1340.0	1072.5	156.3
Rand	0	1	360	1	40	6	78.3	96.6	88.6	5.1	1250.0	1546.0	1417.8	81.3
Rand	0	1	360	1	40	9	83.3	99.6	94.4	3.9	1332.0	1593.0	1510.5	62.6
Rand	0	1	360	1	60	1	8.9	24.2	15.5	4.1	321.0	870.0	559.0	147.0
Rand	0	1	360	1	60	3	24.6	49.3	38.3	5.7	885.0	1775.0	1379.7	204.8
Rand	0	1	360	1	60	6	43.7	75.5	62.7	7.4	1574.0	2718.0	2258.5	265.1
Rand	0	1	360	1	60	9	64.5	88.6	76.4	6.8	2323.0	3187.0	2751.5	243.2
Rand	0	1	360	1	80	1	5.7	13.2	9.4	2.2	362.0	845.0	601.1	138.3
Rand	0	1	360	1	80	3	15.9	33.5	25.0	4.1	1015.0	2141.0	1601.8	264.9
Rand	0	1	360	1	80	6	37.1	52.1	44.2	4.1	2376.0	3335.0	2829.7	262.8
Rand	0	1	360	1	80	9	36.1	67.1	56.6	7.3	2312.0	4297.0	3622.9	465.9
Rand	0	1	360	1	100	1	3.3	8.3	6.3	1.5	331.0	830.0	626.3	150.2
Rand	0	1	360	1	100	3	10.4	20.5	17.1	2.6	1039.0	2049.0	1707.3	262.4
Rand	0	1	360	1	100	6	19.0	37.5	30.2	3.7	1896.0	3746.0	3024.3	365.5
Rand	0	1	360	1	100	9	36.9	50.5	42.9	4.0	3687.0	5050.0	4293.9	402.3
FBR	0	1	360	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	2	60	1	91.1	98.9	95.8	2.0	3279.0	3562.0	3446.7	72.5
FBR	0	1	360	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0	1	360	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	2	80	1	56.8	69.9	63.2	3.2	3637.0	4472.0	4045.1	206.3
FBR	0	1	360	2	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	2	100	1	38.2	47.2	43.6	2.4	3816.0	4724.0	4356.7	241.4
FBR	0	1	360	2	100	3	92.5	99.3	96.8	1.7	9243.0	9925.0	9674.3	174.3
FBR	0	1	360	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0	1	360	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	360	2	40	1	16.5	44.9	34.9	6.8	264.0	716.0	559.0	108.8
Rand	0	1	360	2	40	3	42.9	88.8	71.4	10.3	686.0	1420.0	1142.8	164.8
Rand	0	1	360	2	40	6	82.8	98.8	91.6	4.5	1324.0	1581.0	1465.2	72.1
Rand	0	1	360	2	40	9	85.3	99.9	96.0	3.3	1364.0	1599.0	1534.9	52.8
Rand	0	1	360	2	60	1	10.3	28.6	17.7	5.1	370.0	1031.0	637.4	182.6
Rand	0	1	360	2	60	3	27.7	55.8	42.6	6.7	998.0	2007.0	1532.1	241.6
Rand	0	1	360	2	60	6	47.6	80.7	67.5	7.9	1713.0	2904.0	2431.2	283.1
Rand	0	1	360	2	60	9	67.9	92.6	80.8	6.9	2445.0	3333.0	2909.0	247.0
Rand	0	1	360	2	80	1	6.2	15.5	10.7	2.6	399.0	990.0	684.9	164.7
Rand	0	1	360	2	80	3	17.5	38.4	28.4	4.9	1119.0	2455.0	1815.7	313.9
Rand	0	1	360	2	80	6	41.0	57.5	48.9	4.6	2624.0	3678.0	3128.7	293.4
Rand	0	1	360	2	80	9	39.4	73.6	61.4	8.0	2520.0	4711.0	3930.6	512.2
Rand	0	1	360	2	100	1	3.7	9.7	7.2	1.8	373.0	974.0	720.6	179.3
Rand	0	1	360	2	100	3	11.4	23.6	19.4	3.2	1143.0	2362.0	1941.0	320.1
Rand	0	1	360	2	100	6	20.9	42.6	34.0	4.4	2093.0	4256.0	3395.1	439.2
Rand	0	1	360	2	100	9	40.1	56.0	47.4	4.6	4014.0	5597.0	4738.0	463.5
FBR	0	1	360	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0	1	360	3	60	1	98.6	100.0	99.7	0.4	3551.0	3600.0	3587.1	14.1
FBR	0	1	360	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0	1	360	3	80	1	66.3	77.9	73.0	2.8	4237.0	4984.0	4674.6	179.0
FBR	0	1	360	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0	1	360	3	100	1	43.0	56.1	50.1	2.9	4298.0	5614.0	5012.8	292.4
FBR	0	1	360	3	100	3	96.2	100.0	99.6	0.8	9619.0	10000.0	9956.5	83.5
FBR	0	1	360	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0	1	360	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0	1	360	3	40	1	18.6	49.6	39.5	7.9	297.0	791.0	631.7	125.6
Rand	0	1	360	3	40	3	46.1	93.7	76.3	10.6	737.0	1499.0	1220.0	170.1
Rand	0	1	360	3	40	6	85.2	99.7	94.2	4.0	1363.0	1595.0	1507.2	64.0
Rand	0	1	360	3	40	9	88.1	100.0	97.5	2.6	1409.0	1600.0	1559.5	40.8
Rand	0	1	360	3	60	1	12.0	33.6	20.3	6.2	433.0	1211.0	732.3	221.5
Rand	0	1	360	3	60	3	30.7	62.9	47.7	7.8	1104.0	2265.0	1717.0	281.6
Rand	0	1	360	3	60	6	52.3	85.6	72.7	8.2	1881.0	3080.0	2615.9	295.4
Rand	0	1	360	3	60	9	71.6	95.7	85.3	6.6	2576.0	3445.0	3069.6	238.2
Rand	0	1	360	3	80	1	6.9	18.1	12.4	3.0	440.0	1157.0	790.6	195.0
Rand	0	1	360	3	80	3	19.6	44.3	32.4	5.8	1254.0	2832.0	2070.7	369.6
Rand	0	1	360	3	80	6	44.5	63.1	54.3	5.1	2846.0	4041.0	3474.5	327.5
Rand	0	1	360	3	80	9	43.3	81.0	66.8	8.7	2770.0	5186.0	4272.5	554.1
Rand	0	1	360	3	100	1	4.1	11.7	8.4	2.2	413.0	1166.0	840.9	223.4
Rand	0	1	360	3	100	3	12.7	27.5	22.3	3.9	1270.0	2745.0	2228.2	391.8

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0	1	360	3	100	6	23.2	49.2	38.5	5.3	2321.0	4917.0	3844.9	535.0
Rand	0	1	360	3	100	9	43.8	63.0	52.7	5.4	4382.0	6298.0	5265.4	536.8
FBR	0.1	1	45	1	40	1	54.8	59.0	56.9	1.3	877.0	944.0	909.6	20.9
FBR	0.1	1	45	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	1	60	1	24.6	26.2	25.5	0.4	885.0	944.0	919.6	15.3
FBR	0.1	1	45	1	60	3	69.9	76.6	73.9	1.7	2513.0	2756.0	2660.2	60.0
FBR	0.1	1	45	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	1	80	1	13.5	14.8	14.4	0.3	867.0	948.0	920.5	19.8
FBR	0.1	1	45	1	80	3	41.9	43.8	42.9	0.5	2682.0	2800.0	2744.4	31.3
FBR	0.1	1	45	1	80	6	78.0	84.7	81.2	1.9	4992.0	5418.0	5196.4	120.6
FBR	0.1	1	45	1	80	9	96.9	100.0	99.8	0.7	6203.0	6400.0	6383.7	43.4
FBR	0.1	1	45	1	100	1	9.0	9.6	9.3	0.1	901.0	958.0	932.0	14.9
FBR	0.1	1	45	1	100	3	26.3	28.6	27.6	0.5	2633.0	2859.0	2764.6	46.4
FBR	0.1	1	45	1	100	6	51.7	55.9	54.4	0.9	5171.0	5587.0	5435.3	92.9
FBR	0.1	1	45	1	100	9	71.8	81.5	78.6	1.9	7184.0	8145.0	7856.7	190.3
Rand	0.1	1	45	1	40	1	16.3	38.2	27.7	4.6	261.0	611.0	443.0	73.0
Rand	0.1	1	45	1	40	3	38.9	70.0	57.7	8.3	621.0	1120.0	923.5	133.1
Rand	0.1	1	45	1	40	6	72.7	87.5	78.6	4.2	1163.0	1400.0	1257.4	68.2
Rand	0.1	1	45	1	40	9	84.4	93.5	88.8	2.6	1350.0	1496.0	1419.6	42.5
Rand	0.1	1	45	1	60	1	8.3	16.6	12.9	2.1	300.0	596.0	463.0	74.2
Rand	0.1	1	45	1	60	3	25.5	40.5	34.4	4.1	919.0	1456.0	1238.3	149.2
Rand	0.1	1	45	1	60	6	39.0	64.3	53.0	6.8	1403.0	2316.0	1906.8	243.2
Rand	0.1	1	45	1	60	9	57.7	73.8	68.8	3.8	2076.0	2658.0	2476.3	135.1
Rand	0.1	1	45	1	80	1	2.9	10.6	8.0	1.7	185.0	677.0	513.4	111.1
Rand	0.1	1	45	1	80	3	16.7	25.7	21.4	2.5	1069.0	1647.0	1367.8	158.2
Rand	0.1	1	45	1	80	6	33.0	44.5	38.4	3.2	2113.0	2850.0	2458.9	207.6
Rand	0.1	1	45	1	80	9	42.3	57.6	50.9	3.4	2704.0	3687.0	3255.6	219.7
Rand	0.1	1	45	1	100	1	2.0	6.9	5.3	1.2	195.0	693.0	529.0	117.7
Rand	0.1	1	45	1	100	3	12.9	17.3	14.8	1.2	1290.0	1729.0	1480.5	116.4
Rand	0.1	1	45	1	100	6	21.7	30.3	26.8	2.2	2172.0	3034.0	2681.5	224.9
Rand	0.1	1	45	1	100	9	30.5	39.9	36.3	2.2	3053.0	3989.0	3629.2	223.2
FBR	0.1	1	45	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.0	3.3
FBR	0.1	1	45	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	2	60	1	51.6	58.6	55.4	1.9	1856.0	2108.0	1992.4	69.0
FBR	0.1	1	45	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	2	80	1	29.5	34.4	32.1	1.3	1886.0	2201.0	2057.1	83.7
FBR	0.1	1	45	2	80	3	79.5	89.5	85.8	2.8	5085.0	5728.0	5491.0	182.5
FBR	0.1	1	45	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	45	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	45	2	100	1	18.3	21.9	20.6	0.8	1830.0	2194.0	2056.5	84.4
FBR	0.1	1	45	2	100	3	55.0	61.9	59.3	1.6	5496.0	6190.0	5933.3	160.9
FBR	0.1	1	45	2	100	6	94.7	99.6	97.9	1.3	9471.0	9951.0	9785.8	128.6
FBR	0.1	1	45	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	45	2	40	1	19.6	54.0	37.4	7.1	314.0	864.0	597.8	112.9
Rand	0.1	1	45	2	40	3	46.8	87.8	70.3	10.5	748.0	1405.0	1124.2	168.0
Rand	0.1	1	45	2	40	6	81.2	96.4	88.6	4.3	1299.0	1542.0	1416.7	69.0
Rand	0.1	1	45	2	40	9	88.8	98.4	95.0	2.5	1420.0	1575.0	1519.8	40.6
Rand	0.1	1	45	2	60	1	9.8	24.0	18.0	3.5	354.0	865.0	646.2	124.6

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0.1	1	45	2	60	3	33.5	53.1	45.7	6.0	1206.0	1910.0	1645.3	217.2
Rand	0.1	1	45	2	60	6	47.8	78.1	65.8	8.4	1721.0	2813.0	2367.4	301.1
Rand	0.1	1	45	2	60	9	68.3	87.0	81.5	4.4	2458.0	3132.0	2934.8	158.1
Rand	0.1	1	45	2	80	1	3.5	16.3	11.7	3.0	227.0	1041.0	748.3	189.0
Rand	0.1	1	45	2	80	3	22.2	36.8	29.8	4.0	1422.0	2352.0	1905.8	255.1
Rand	0.1	1	45	2	80	6	42.2	59.4	51.1	4.9	2698.0	3804.0	3271.0	314.0
Rand	0.1	1	45	2	80	9	54.3	72.5	64.3	4.4	3475.0	4639.0	4116.7	279.0
Rand	0.1	1	45	2	100	1	2.6	10.1	7.6	1.9	262.0	1010.0	762.4	188.7
Rand	0.1	1	45	2	100	3	18.2	24.9	20.9	2.0	1815.0	2486.0	2089.5	197.5
Rand	0.1	1	45	2	100	6	27.8	41.9	36.3	3.6	2782.0	4185.0	3624.7	361.1
Rand	0.1	1	45	2	100	9	39.0	53.7	47.9	3.3	3902.0	5366.0	4791.0	332.5
FBR	0.1	1	45	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	45	3	60	1	78.1	87.5	82.4	2.9	2810.0	3151.0	2966.7	103.4
FBR	0.1	1	45	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	45	3	80	1	45.9	54.2	50.2	2.2	2938.0	3468.0	3214.1	140.1
FBR	0.1	1	45	3	80	3	98.6	100.0	99.9	0.3	6312.0	6400.0	6390.5	21.7
FBR	0.1	1	45	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	45	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	45	3	100	1	29.5	35.7	33.3	1.4	2947.0	3569.0	3332.1	143.1
FBR	0.1	1	45	3	100	3	76.6	87.8	84.8	2.4	7660.0	8780.0	8475.6	244.1
FBR	0.1	1	45	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9987.0	10000.0	9996.5	3.3
FBR	0.1	1	45	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	45	3	40	1	21.2	59.9	40.8	7.9	339.0	958.0	653.3	126.2
Rand	0.1	1	45	3	40	3	48.8	91.2	73.8	10.8	779.0	1459.0	1180.7	172.4
Rand	0.1	1	45	3	40	6	83.6	98.3	91.2	4.1	1338.0	1572.0	1458.0	65.1
Rand	0.1	1	45	3	40	9	89.6	99.5	96.3	2.3	1433.0	1592.0	1541.0	37.1
Rand	0.1	1	45	3	60	1	10.3	26.3	19.7	4.0	369.0	946.0	708.4	143.0
Rand	0.1	1	45	3	60	3	35.8	57.2	49.3	6.6	1288.0	2060.0	1775.7	238.6
Rand	0.1	1	45	3	60	6	50.3	82.8	69.4	8.8	1812.0	2982.0	2498.6	316.5
Rand	0.1	1	45	3	60	9	71.4	90.6	84.8	4.4	2571.0	3261.0	3054.0	159.9
Rand	0.1	1	45	3	80	1	3.9	18.2	12.9	3.3	248.0	1167.0	826.3	212.3
Rand	0.1	1	45	3	80	3	24.1	40.4	32.6	4.5	1545.0	2583.0	2083.1	286.2
Rand	0.1	1	45	3	80	6	45.0	64.6	55.1	5.4	2880.0	4137.0	3525.7	347.2
Rand	0.1	1	45	3	80	9	58.3	76.6	68.3	4.6	3730.0	4905.0	4371.8	295.2
Rand	0.1	1	45	3	100	1	2.9	11.4	8.5	2.2	285.0	1137.0	849.5	215.1
Rand	0.1	1	45	3	100	3	20.0	27.6	22.9	2.3	1995.0	2761.0	2294.3	231.4
Rand	0.1	1	45	3	100	6	29.8	45.7	39.4	4.1	2979.0	4574.0	3937.9	406.2
Rand	0.1	1	45	3	100	9	41.8	58.2	51.6	3.8	4178.0	5821.0	5156.8	377.2
FBR	0.1	1	90	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1597.9	3.4
FBR	0.1	1	90	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	1	60	1	54.6	60.2	57.6	1.8	1965.0	2167.0	2074.1	65.1
FBR	0.1	1	90	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	1	80	1	31.1	35.5	33.1	1.2	1993.0	2270.0	2118.9	76.1
FBR	0.1	1	90	1	80	3	80.1	91.7	87.4	2.6	5128.0	5869.0	5596.1	164.5
FBR	0.1	1	90	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	90	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7



robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0.1	1	90	1	100	1	19.9	22.6	21.6	0.7	1991.0	2264.0	2156.9	68.3
FBR	0.1	1	90	1	100	3	57.6	62.9	60.4	1.5	5764.0	6288.0	6042.0	154.9
FBR	0.1	1	90	1	100	6	96.6	100.0	99.0	0.9	9655.0	9999.0	9897.2	94.9
FBR	0.1	1	90	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9996.9	2.9
Rand	0.1	1	90	1	40	1	59.1	77.0	69.4	5.8	942.0	1231.0	1110.2	92.4
Rand	0.1	1	90	1	40	3	89.9	98.4	96.7	1.8	1438.0	1574.0	1547.2	29.1
Rand	0.1	1	90	1	40	6	98.4	100.0	99.6	0.3	1574.0	1600.0	1593.1	5.9
Rand	0.1	1	90	1	40	9	98.9	100.0	99.8	0.3	1583.0	1600.0	1596.8	4.2
Rand	0.1	1	90	1	60	1	29.8	51.2	43.1	5.7	1071.0	1842.0	1552.5	204.1
Rand	0.1	1	90	1	60	3	73.2	87.3	79.3	4.3	2636.0	3143.0	2854.0	156.4
Rand	0.1	1	90	1	60	6	88.1	98.3	94.5	2.5	3170.0	3537.0	3401.5	89.8
Rand	0.1	1	90	1	60	9	96.0	99.5	98.2	0.9	3454.0	3581.0	3536.0	32.8
Rand	0.1	1	90	1	80	1	16.9	32.5	27.6	3.9	1082.0	2082.0	1769.0	247.5
Rand	0.1	1	90	1	80	3	48.4	66.3	59.9	4.8	3098.0	4244.0	3833.8	309.5
Rand	0.1	1	90	1	80	6	76.3	89.5	83.9	2.7	4884.0	5730.0	5366.7	169.8
Rand	0.1	1	90	1	80	9	83.5	95.2	91.9	3.3	5342.0	6090.0	5880.3	208.3
Rand	0.1	1	90	1	100	1	14.1	22.2	18.1	2.2	1410.0	2216.0	1807.6	215.0
Rand	0.1	1	90	1	100	3	34.4	51.0	43.3	4.2	3436.0	5101.0	4327.2	418.4
Rand	0.1	1	90	1	100	6	59.6	76.4	67.8	4.1	5962.0	7640.0	6780.2	407.9
Rand	0.1	1	90	1	100	9	76.8	87.9	82.6	2.8	7676.0	8789.0	8257.2	281.1
FBR	0.1	1	90	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	2	60	1	67.2	79.1	73.8	2.8	2420.0	2848.0	2654.6	101.4
FBR	0.1	1	90	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	2	80	1	38.9	48.3	44.3	2.3	2487.0	3090.0	2833.9	149.5
FBR	0.1	1	90	2	80	3	98.2	100.0	99.5	0.5	6286.0	6400.0	6369.9	35.0
FBR	0.1	1	90	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	90	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	90	2	100	1	26.4	31.5	29.2	1.4	2642.0	3149.0	2922.6	136.2
FBR	0.1	1	90	2	100	3	72.9	82.3	78.2	2.5	7293.0	8229.0	7819.6	248.6
FBR	0.1	1	90	2	100	6	99.8	100.0	100.0	0.0	9979.0	10000.0	9995.8	4.6
FBR	0.1	1	90	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	90	2	40	1	62.2	84.8	75.3	6.7	995.0	1356.0	1205.0	108.2
Rand	0.1	1	90	2	40	3	92.2	99.3	98.0	1.5	1475.0	1588.0	1568.1	24.2
Rand	0.1	1	90	2	40	6	98.6	100.0	99.7	0.3	1577.0	1600.0	1595.3	5.2
Rand	0.1	1	90	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1585.0	1600.0	1597.1	4.0
Rand	0.1	1	90	2	60	1	32.8	59.9	49.4	7.0	1180.0	2157.0	1776.9	252.6
Rand	0.1	1	90	2	60	3	77.2	92.1	84.2	4.7	2779.0	3314.0	3032.2	168.9
Rand	0.1	1	90	2	60	6	90.9	99.1	96.2	2.2	3274.0	3568.0	3462.3	80.2
Rand	0.1	1	90	2	60	9	97.7	99.8	98.9	0.6	3518.0	3591.0	3560.4	21.8
Rand	0.1	1	90	2	80	1	19.3	38.9	32.2	5.0	1234.0	2490.0	2062.0	321.6
Rand	0.1	1	90	2	80	3	53.3	73.3	66.1	5.6	3411.0	4688.0	4227.6	359.6
Rand	0.1	1	90	2	80	6	80.4	93.2	88.2	2.7	5147.0	5962.0	5645.6	170.0
Rand	0.1	1	90	2	80	9	87.0	97.5	94.5	3.0	5566.0	6239.0	6047.7	190.6
Rand	0.1	1	90	2	100	1	15.9	26.9	21.2	2.9	1591.0	2688.0	2120.7	287.4
Rand	0.1	1	90	2	100	3	38.0	58.6	48.9	5.1	3799.0	5861.0	4889.6	512.6
Rand	0.1	1	90	2	100	6	64.0	82.9	73.7	4.7	6400.0	8291.0	7366.3	465.7
Rand	0.1	1	90	2	100	9	80.5	92.7	87.2	2.9	8045.0	9269.0	8719.7	287.2
FBR	0.1	1	90	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0.1	1	90	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	90	3	60	1	86.1	96.6	91.1	2.7	3101.0	3476.0	3278.3	97.5
FBR	0.1	1	90	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	90	3	80	1	53.5	65.1	59.9	2.7	3421.0	4166.0	3835.5	174.1
FBR	0.1	1	90	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	90	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	90	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	90	3	100	1	34.8	43.0	39.3	2.0	3477.0	4299.0	3928.5	202.4
FBR	0.1	1	90	3	100	3	90.3	98.3	94.9	2.1	9030.0	9831.0	9493.6	209.2
FBR	0.1	1	90	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.1	1	90	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	90	3	40	1	65.0	90.8	80.7	7.2	1040.0	1452.0	1290.2	115.4
Rand	0.1	1	90	3	40	3	93.8	99.8	98.8	1.2	1501.0	1596.0	1580.9	19.8
Rand	0.1	1	90	3	40	6	98.8	100.0	99.8	0.3	1581.0	1600.0	1596.6	4.4
Rand	0.1	1	90	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1597.5	4.0
Rand	0.1	1	90	3	60	1	35.8	68.2	55.6	8.3	1287.0	2455.0	2001.0	299.8
Rand	0.1	1	90	3	60	3	80.3	95.9	88.1	4.8	2890.0	3451.0	3169.4	172.5
Rand	0.1	1	90	3	60	6	92.6	99.5	97.4	1.9	3334.0	3583.0	3507.0	68.5
Rand	0.1	1	90	3	60	9	98.5	99.9	99.4	0.4	3543.0	3597.0	3577.5	14.2
Rand	0.1	1	90	3	80	1	21.8	46.0	36.9	6.3	1392.0	2947.0	2362.9	400.3
Rand	0.1	1	90	3	80	3	57.8	78.9	71.5	6.1	3702.0	5051.0	4577.5	393.2
Rand	0.1	1	90	3	80	6	83.8	96.4	91.7	2.7	5361.0	6171.0	5871.1	173.8
Rand	0.1	1	90	3	80	9	89.6	98.7	96.3	2.5	5735.0	6318.0	6164.8	162.2
Rand	0.1	1	90	3	100	1	17.3	32.2	24.4	3.8	1731.0	3223.0	2443.2	376.4
Rand	0.1	1	90	3	100	3	41.8	65.1	54.3	6.0	4182.0	6506.0	5428.8	599.0
Rand	0.1	1	90	3	100	6	68.1	88.3	78.9	5.1	6808.0	8828.0	7890.2	510.2
Rand	0.1	1	90	3	100	9	83.4	96.0	90.8	2.8	8344.0	9596.0	9079.6	283.8
FBR	0.1	1	180	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	1	60	1	55.0	66.4	62.1	2.8	1981.0	2389.0	2233.5	102.6
FBR	0.1	1	180	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	1	80	1	33.6	38.0	36.2	1.2	2151.0	2433.0	2317.5	79.6
FBR	0.1	1	180	1	80	3	89.8	97.0	93.6	2.1	5748.0	6209.0	5988.2	135.4
FBR	0.1	1	180	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	1	100	1	23.1	24.5	23.7	0.4	2311.0	2453.0	2373.8	42.1
FBR	0.1	1	180	1	100	3	61.6	69.5	66.0	2.1	6159.0	6946.0	6599.9	206.4
FBR	0.1	1	180	1	100	6	97.2	100.0	99.7	0.7	9715.0	10000.0	9967.6	70.5
FBR	0.1	1	180	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	180	1	40	1	33.8	79.3	60.1	12.3	539.0	1269.0	961.0	196.6
Rand	0.1	1	180	1	40	3	83.3	98.5	94.1	3.7	1332.0	1576.0	1504.4	59.4
Rand	0.1	1	180	1	40	6	96.2	100.0	99.3	0.8	1533.0	1600.0	1587.6	14.0
Rand	0.1	1	180	1	40	9	97.4	100.0	99.8	0.5	1553.0	1600.0	1595.8	9.6
Rand	0.1	1	180	1	60	1	22.4	47.4	36.1	6.6	807.0	1705.0	1299.5	239.0
Rand	0.1	1	180	1	60	3	59.9	87.9	73.1	7.0	2158.0	3163.0	2632.7	251.8
Rand	0.1	1	180	1	60	6	81.0	96.6	89.9	3.7	2915.0	3477.0	3236.6	133.9
Rand	0.1	1	180	1	60	9	88.9	99.4	96.6	2.5	3198.0	3575.0	3477.6	90.3
Rand	0.1	1	180	1	80	1	13.5	30.8	21.6	4.0	863.0	1973.0	1379.7	253.8
Rand	0.1	1	180	1	80	3	35.7	61.3	52.8	6.1	2287.0	3925.0	3378.5	391.9

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0.1	1	180	1	80	6	57.5	86.5	75.6	7.3	3677.0	5538.0	4837.1	464.7
Rand	0.1	1	180	1	80	9	75.9	94.5	89.0	4.7	4853.0	6046.0	5693.2	301.8
Rand	0.1	1	180	1	100	1	8.1	20.5	14.3	3.2	810.0	2046.0	1426.9	321.2
Rand	0.1	1	180	1	100	3	25.6	45.0	37.8	5.4	2559.0	4504.0	3776.8	543.0
Rand	0.1	1	180	1	100	6	44.9	72.0	59.6	6.2	4490.0	7203.0	5962.3	624.2
Rand	0.1	1	180	1	100	9	58.0	85.9	75.4	5.3	5800.0	8585.0	7542.1	527.9
FBR	0.1	1	180	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	2	60	1	90.2	98.4	95.2	2.0	3247.0	3544.0	3428.0	73.8
FBR	0.1	1	180	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	2	80	1	56.2	68.6	63.3	3.5	3596.0	4388.0	4053.6	224.5
FBR	0.1	1	180	2	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	2	100	1	37.8	46.3	42.4	2.1	3780.0	4625.0	4239.2	209.9
FBR	0.1	1	180	2	100	3	91.5	99.5	96.6	2.1	9145.0	9950.0	9656.1	214.6
FBR	0.1	1	180	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.1	1	180	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	180	2	40	1	36.4	84.7	64.7	13.1	581.0	1355.0	1035.5	209.8
Rand	0.1	1	180	2	40	3	85.6	99.2	95.8	3.4	1370.0	1587.0	1532.6	54.1
Rand	0.1	1	180	2	40	6	97.7	100.0	99.5	0.6	1558.0	1600.0	1592.1	9.8
Rand	0.1	1	180	2	40	9	98.1	100.0	99.8	0.4	1564.0	1600.0	1596.6	7.5
Rand	0.1	1	180	2	60	1	23.7	53.4	40.5	8.1	854.0	1921.0	1458.8	290.7
Rand	0.1	1	180	2	60	3	63.3	92.8	77.8	7.5	2279.0	3342.0	2799.7	271.8
Rand	0.1	1	180	2	60	6	83.7	98.1	92.3	3.6	3014.0	3530.0	3321.2	129.5
Rand	0.1	1	180	2	60	9	89.8	99.6	97.6	2.3	3230.0	3582.0	3512.8	83.2
Rand	0.1	1	180	2	80	1	14.7	35.6	24.4	4.9	943.0	2281.0	1559.3	310.7
Rand	0.1	1	180	2	80	3	38.6	67.0	57.9	7.0	2470.0	4288.0	3708.2	449.3
Rand	0.1	1	180	2	80	6	60.2	91.4	79.8	7.8	3854.0	5850.0	5107.8	499.5
Rand	0.1	1	180	2	80	9	79.7	96.9	91.7	4.4	5101.0	6203.0	5870.5	280.5
Rand	0.1	1	180	2	100	1	8.7	24.5	16.2	4.0	869.0	2452.0	1615.5	401.5
Rand	0.1	1	180	2	100	3	28.4	50.7	42.0	6.3	2837.0	5066.0	4202.5	633.1
Rand	0.1	1	180	2	100	6	48.2	77.5	64.3	6.9	4817.0	7749.0	6432.6	692.5
Rand	0.1	1	180	2	100	9	61.0	90.3	79.8	5.6	6096.0	9034.0	7975.1	558.3
FBR	0.1	1	180	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	180	3	60	1	97.2	100.0	99.7	0.6	3499.0	3600.0	3586.8	20.3
FBR	0.1	1	180	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	180	3	80	1	68.6	79.7	74.3	2.9	4391.0	5099.0	4757.4	182.4
FBR	0.1	1	180	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	180	3	100	1	43.7	55.7	50.6	2.9	4365.0	5574.0	5063.7	288.9
FBR	0.1	1	180	3	100	3	99.2	100.0	99.8	0.2	9924.0	10000.0	9982.5	23.2
FBR	0.1	1	180	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.1	1	180	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	180	3	40	1	40.5	89.6	69.1	13.5	646.0	1433.0	1104.9	216.8

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0.1	1	180	3	40	3	87.6	99.7	97.1	3.0	1402.0	1593.0	1552.7	47.8
Rand	0.1	1	180	3	40	6	98.8	100.0	99.7	0.3	1580.0	1600.0	1595.2	5.8
Rand	0.1	1	180	3	40	9	98.8	100.0	99.9	0.3	1575.0	1600.0	1597.3	5.5
Rand	0.1	1	180	3	60	1	25.4	58.4	45.0	9.4	915.0	2100.0	1621.4	338.7
Rand	0.1	1	180	3	60	3	66.3	95.8	81.8	7.7	2388.0	3447.0	2943.4	278.4
Rand	0.1	1	180	3	60	6	86.3	98.9	94.2	3.4	3107.0	3560.0	3390.6	121.6
Rand	0.1	1	180	3	60	9	90.8	99.9	98.3	2.1	3266.0	3596.0	3537.5	75.5
Rand	0.1	1	180	3	80	1	16.2	40.6	27.3	5.8	1035.0	2595.0	1747.3	371.0
Rand	0.1	1	180	3	80	3	41.6	72.2	63.0	7.9	2660.0	4619.0	4029.5	505.2
Rand	0.1	1	180	3	80	6	63.3	95.1	83.5	8.1	4049.0	6088.0	5345.9	518.2
Rand	0.1	1	180	3	80	9	83.2	98.4	93.9	4.0	5325.0	6299.0	6006.5	253.0
Rand	0.1	1	180	3	100	1	9.5	28.4	18.2	4.8	948.0	2840.0	1822.3	480.8
Rand	0.1	1	180	3	100	3	31.2	56.7	46.4	7.2	3117.0	5669.0	4635.4	723.0
Rand	0.1	1	180	3	100	6	51.5	82.1	68.8	7.4	5149.0	8207.0	6875.2	739.8
Rand	0.1	1	180	3	100	9	63.8	93.5	83.6	5.7	6380.0	9346.0	8362.8	568.1
FBR	0.1	1	360	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	1	60	1	55.0	66.4	62.1	2.9	1981.0	2391.0	2235.5	102.9
FBR	0.1	1	360	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	1	80	1	33.7	38.0	36.3	1.2	2154.0	2434.0	2321.8	78.5
FBR	0.1	1	360	1	80	3	86.8	96.4	93.0	2.6	5554.0	6171.0	5952.8	166.6
FBR	0.1	1	360	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	1	100	1	23.1	24.6	23.8	0.4	2313.0	2456.0	2376.0	42.4
FBR	0.1	1	360	1	100	3	63.2	69.9	66.4	1.8	6325.0	6994.0	6642.8	182.6
FBR	0.1	1	360	1	100	6	97.3	100.0	99.7	0.5	9728.0	10000.0	9972.2	54.7
FBR	0.1	1	360	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	360	1	40	1	15.2	39.7	31.3	6.0	243.0	633.0	500.5	95.1
Rand	0.1	1	360	1	40	3	40.1	83.8	67.0	9.8	642.0	1340.0	1072.5	156.3
Rand	0.1	1	360	1	40	6	78.3	96.6	88.6	5.1	1250.0	1546.0	1417.8	81.3
Rand	0.1	1	360	1	40	9	83.3	99.6	94.4	3.9	1332.0	1593.0	1510.5	62.6
Rand	0.1	1	360	1	60	1	8.9	24.2	15.5	4.1	321.0	870.0	559.0	147.0
Rand	0.1	1	360	1	60	3	24.6	49.3	38.3	5.7	885.0	1775.0	1379.7	204.8
Rand	0.1	1	360	1	60	6	43.7	75.5	62.7	7.4	1574.0	2718.0	2258.5	265.1
Rand	0.1	1	360	1	60	9	64.5	88.6	76.4	6.8	2323.0	3187.0	2751.5	243.2
Rand	0.1	1	360	1	80	1	5.7	13.2	9.4	2.2	362.0	845.0	601.1	138.3
Rand	0.1	1	360	1	80	3	15.9	33.5	25.0	4.1	1015.0	2141.0	1601.8	264.9
Rand	0.1	1	360	1	80	6	37.1	52.1	44.2	4.1	2376.0	3335.0	2829.7	262.8
Rand	0.1	1	360	1	80	9	36.1	67.1	56.6	7.3	2312.0	4297.0	3622.9	465.9
Rand	0.1	1	360	1	100	1	3.3	8.3	6.3	1.5	331.0	830.0	626.3	150.2
Rand	0.1	1	360	1	100	3	10.4	20.5	17.1	2.6	1039.0	2049.0	1707.3	262.4
Rand	0.1	1	360	1	100	6	19.0	37.5	30.2	3.7	1896.0	3746.0	3024.3	365.5
Rand	0.1	1	360	1	100	9	36.9	50.5	42.9	4.0	3687.0	5050.0	4293.9	402.3
FBR	0.1	1	360	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	2	60	1	89.4	98.1	94.6	2.5	3217.0	3533.0	3404.9	88.7
FBR	0.1	1	360	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0.1	1	360	2	80	1	54.8	68.7	62.4	3.6	3504.0	4394.0	3993.8	230.7
FBR	0.1	1	360	2	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	2	100	1	37.8	46.4	42.8	2.1	3783.0	4643.0	4280.5	208.9
FBR	0.1	1	360	2	100	3	92.2	99.6	96.8	2.0	9224.0	9955.0	9677.7	198.6
FBR	0.1	1	360	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.1	1	360	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	360	2	40	1	16.5	44.9	34.9	6.8	264.0	716.0	559.0	108.8
Rand	0.1	1	360	2	40	3	42.9	88.8	71.4	10.3	686.0	1420.0	1142.8	164.8
Rand	0.1	1	360	2	40	6	82.8	98.8	91.6	4.5	1324.0	1581.0	1465.2	72.1
Rand	0.1	1	360	2	40	9	85.3	99.9	96.0	3.3	1364.0	1599.0	1534.9	52.8
Rand	0.1	1	360	2	60	1	10.3	28.6	17.7	5.1	370.0	1031.0	637.4	182.6
Rand	0.1	1	360	2	60	3	27.7	55.8	42.6	6.7	998.0	2007.0	1532.1	241.6
Rand	0.1	1	360	2	60	6	47.6	80.7	67.5	7.9	1713.0	2904.0	2431.2	283.1
Rand	0.1	1	360	2	60	9	67.9	92.6	80.8	6.9	2445.0	3333.0	2909.0	247.0
Rand	0.1	1	360	2	80	1	6.2	15.5	10.7	2.6	399.0	990.0	684.9	164.7
Rand	0.1	1	360	2	80	3	17.5	38.4	28.4	4.9	1119.0	2455.0	1815.7	313.9
Rand	0.1	1	360	2	80	6	41.0	57.5	48.9	4.6	2624.0	3678.0	3128.7	293.4
Rand	0.1	1	360	2	80	9	39.4	73.6	61.4	8.0	2520.0	4711.0	3930.6	512.2
Rand	0.1	1	360	2	100	1	3.7	9.7	7.2	1.8	373.0	974.0	720.6	179.3
Rand	0.1	1	360	2	100	3	11.4	23.6	19.4	3.2	1143.0	2362.0	1941.0	320.1
Rand	0.1	1	360	2	100	6	20.9	42.6	34.0	4.4	2093.0	4256.0	3395.1	439.2
Rand	0.1	1	360	2	100	9	40.1	56.0	47.4	4.6	4014.0	5597.0	4738.0	463.5
FBR	0.1	1	360	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.1	1	360	3	60	1	98.2	100.0	99.8	0.4	3534.0	3600.0	3591.7	14.3
FBR	0.1	1	360	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.1	1	360	3	80	1	69.3	79.2	75.1	3.0	4432.0	5068.0	4808.9	189.0
FBR	0.1	1	360	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.1	1	360	3	100	1	45.9	56.6	52.0	2.6	4586.0	5657.0	5197.4	259.6
FBR	0.1	1	360	3	100	3	99.4	100.0	99.9	0.1	9932.0	10000.0	9986.8	15.4
FBR	0.1	1	360	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.1	1	360	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.1	1	360	3	40	1	18.6	49.6	39.5	7.9	297.0	791.0	631.7	125.6
Rand	0.1	1	360	3	40	3	46.1	93.7	76.3	10.6	737.0	1499.0	1220.0	170.1
Rand	0.1	1	360	3	40	6	85.2	99.7	94.2	4.0	1363.0	1595.0	1507.2	64.0
Rand	0.1	1	360	3	40	9	88.1	100.0	97.5	2.6	1409.0	1600.0	1559.5	40.8
Rand	0.1	1	360	3	60	1	12.0	33.6	20.3	6.2	433.0	1211.0	732.3	221.5
Rand	0.1	1	360	3	60	3	30.7	62.9	47.7	7.8	1104.0	2265.0	1717.0	281.6
Rand	0.1	1	360	3	60	6	52.3	85.6	72.7	8.2	1881.0	3080.0	2615.9	295.4
Rand	0.1	1	360	3	60	9	71.6	95.7	85.3	6.6	2576.0	3445.0	3069.6	238.2
Rand	0.1	1	360	3	80	1	6.9	18.1	12.4	3.0	440.0	1157.0	790.6	195.0
Rand	0.1	1	360	3	80	3	19.6	44.3	32.4	5.8	1254.0	2832.0	2070.7	369.6
Rand	0.1	1	360	3	80	6	44.5	63.1	54.3	5.1	2846.0	4041.0	3474.5	327.5
Rand	0.1	1	360	3	80	9	43.3	81.0	66.8	8.7	2770.0	5186.0	4272.5	554.1
Rand	0.1	1	360	3	100	1	4.1	11.7	8.4	2.2	413.0	1166.0	840.9	223.4
Rand	0.1	1	360	3	100	3	12.7	27.5	22.3	3.9	1270.0	2745.0	2228.2	391.8
Rand	0.1	1	360	3	100	6	23.2	49.2	38.5	5.3	2321.0	4917.0	3844.9	535.0

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0.1	1	360	3	100	9	43.8	63.0	52.7	5.4	4382.0	6298.0	5265.4	536.8
FBR	0.25	1	45	1	40	1	55.5	58.6	57.0	1.0	886.0	938.0	911.0	15.8
FBR	0.25	1	45	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	1	60	1	24.8	26.5	25.7	0.5	891.0	955.0	926.3	17.6
FBR	0.25	1	45	1	60	3	70.4	77.5	74.2	1.6	2536.0	2789.0	2671.7	59.3
FBR	0.25	1	45	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	1	80	1	13.7	15.1	14.4	0.3	877.0	964.0	923.0	20.8
FBR	0.25	1	45	1	80	3	41.2	44.2	42.8	0.7	2637.0	2827.0	2740.8	46.5
FBR	0.25	1	45	1	80	6	77.1	83.9	81.3	1.9	4933.0	5370.0	5200.7	121.7
FBR	0.25	1	45	1	80	9	98.5	100.0	99.8	0.4	6305.0	6400.0	6385.0	28.2
FBR	0.25	1	45	1	100	1	9.0	9.6	9.3	0.1	896.0	955.0	932.1	13.9
FBR	0.25	1	45	1	100	3	26.6	28.1	27.6	0.5	2657.0	2810.0	2754.9	47.0
FBR	0.25	1	45	1	100	6	52.2	55.6	54.0	0.9	5215.0	5560.0	5394.6	93.1
FBR	0.25	1	45	1	100	9	74.5	81.0	78.3	1.8	7448.0	8104.0	7830.3	181.7
Rand	0.25	1	45	1	40	1	16.3	38.2	27.7	4.6	261.0	611.0	443.0	73.0
Rand	0.25	1	45	1	40	3	38.9	70.0	57.7	8.3	621.0	1120.0	923.5	133.1
Rand	0.25	1	45	1	40	6	72.7	87.5	78.6	4.2	1163.0	1400.0	1257.4	68.2
Rand	0.25	1	45	1	40	9	84.4	93.5	88.8	2.6	1350.0	1496.0	1419.6	42.5
Rand	0.25	1	45	1	60	1	8.3	16.6	12.9	2.1	300.0	596.0	463.0	74.2
Rand	0.25	1	45	1	60	3	25.5	40.5	34.4	4.1	919.0	1456.0	1238.3	149.2
Rand	0.25	1	45	1	60	6	39.0	64.3	53.0	6.8	1403.0	2316.0	1906.8	243.2
Rand	0.25	1	45	1	60	9	57.7	73.8	68.8	3.8	2076.0	2658.0	2476.3	135.1
Rand	0.25	1	45	1	80	1	2.9	10.6	8.0	1.7	185.0	677.0	513.4	111.1
Rand	0.25	1	45	1	80	3	16.7	25.7	21.4	2.5	1069.0	1647.0	1367.8	158.2
Rand	0.25	1	45	1	80	6	33.0	44.5	38.4	3.2	2113.0	2850.0	2458.9	207.6
Rand	0.25	1	45	1	80	9	42.3	57.6	50.9	3.4	2704.0	3687.0	3255.6	219.7
Rand	0.25	1	45	1	100	1	2.0	6.9	5.3	1.2	195.0	693.0	529.0	117.7
Rand	0.25	1	45	1	100	3	12.9	17.3	14.8	1.2	1290.0	1729.0	1480.5	116.4
Rand	0.25	1	45	1	100	6	21.7	30.3	26.8	2.2	2172.0	3034.0	2681.5	224.9
Rand	0.25	1	45	1	100	9	30.5	39.9	36.3	2.2	3053.0	3989.0	3629.2	223.2
FBR	0.25	1	45	2	40	1	98.4	100.0	99.8	0.4	1574.0	1600.0	1596.7	6.3
FBR	0.25	1	45	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	2	60	1	50.9	59.0	55.5	2.2	1832.0	2123.0	1996.2	80.8
FBR	0.25	1	45	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	2	80	1	29.1	33.8	31.7	1.2	1860.0	2164.0	2031.7	77.2
FBR	0.25	1	45	2	80	3	80.5	90.0	85.2	2.3	5150.0	5759.0	5449.3	145.7
FBR	0.25	1	45	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	45	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	45	2	100	1	19.3	22.4	20.8	0.7	1927.0	2234.0	2079.5	74.0
FBR	0.25	1	45	2	100	3	52.2	62.2	59.1	2.0	5219.0	6215.0	5913.6	203.2
FBR	0.25	1	45	2	100	6	93.3	100.0	97.8	1.7	9331.0	9997.0	9774.9	168.9
FBR	0.25	1	45	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	45	2	40	1	19.6	54.0	37.4	7.1	314.0	864.0	597.8	112.9
Rand	0.25	1	45	2	40	3	46.8	87.8	70.3	10.5	748.0	1405.0	1124.2	168.0
Rand	0.25	1	45	2	40	6	81.2	96.4	88.6	4.3	1299.0	1542.0	1416.7	69.0
Rand	0.25	1	45	2	40	9	88.8	98.4	95.0	2.5	1420.0	1575.0	1519.8	40.6
Rand	0.25	1	45	2	60	1	9.8	24.0	18.0	3.5	354.0	865.0	646.2	124.6
Rand	0.25	1	45	2	60	3	33.5	53.1	45.7	6.0	1206.0	1910.0	1645.3	217.2

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0.25	1	45	2	60	6	47.8	78.1	65.8	8.4	1721.0	2813.0	2367.4	301.1
Rand	0.25	1	45	2	60	9	68.3	87.0	81.5	4.4	2458.0	3132.0	2934.8	158.1
Rand	0.25	1	45	2	80	1	3.5	16.3	11.7	3.0	227.0	1041.0	748.3	189.0
Rand	0.25	1	45	2	80	3	22.2	36.8	29.8	4.0	1422.0	2352.0	1905.8	255.1
Rand	0.25	1	45	2	80	6	42.2	59.4	51.1	4.9	2698.0	3804.0	3271.0	314.0
Rand	0.25	1	45	2	80	9	54.3	72.5	64.3	4.4	3475.0	4639.0	4116.7	279.0
Rand	0.25	1	45	2	100	1	2.6	10.1	7.6	1.9	262.0	1010.0	762.4	188.7
Rand	0.25	1	45	2	100	3	18.2	24.9	20.9	2.0	1815.0	2486.0	2089.5	197.5
Rand	0.25	1	45	2	100	6	27.8	41.9	36.3	3.6	2782.0	4185.0	3624.7	361.1
Rand	0.25	1	45	2	100	9	39.0	53.7	47.9	3.3	3902.0	5366.0	4791.0	332.5
FBR	0.25	1	45	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	45	3	60	1	73.6	87.2	80.7	3.1	2649.0	3140.0	2903.5	111.2
FBR	0.25	1	45	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	45	3	80	1	44.2	53.0	49.7	2.1	2828.0	3395.0	3183.5	133.5
FBR	0.25	1	45	3	80	3	97.2	100.0	99.8	0.6	6218.0	6400.0	6384.7	39.8
FBR	0.25	1	45	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	45	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	45	3	100	1	28.8	37.0	32.9	2.0	2881.0	3698.0	3285.6	203.3
FBR	0.25	1	45	3	100	3	80.3	87.2	83.3	2.2	8033.0	8718.0	8333.8	220.7
FBR	0.25	1	45	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.25	1	45	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	45	3	40	1	21.2	59.9	40.8	7.9	339.0	958.0	653.3	126.2
Rand	0.25	1	45	3	40	3	48.8	91.2	73.8	10.8	779.0	1459.0	1180.7	172.4
Rand	0.25	1	45	3	40	6	83.6	98.3	91.2	4.1	1338.0	1572.0	1458.0	65.1
Rand	0.25	1	45	3	40	9	89.6	99.5	96.3	2.3	1433.0	1592.0	1541.0	37.1
Rand	0.25	1	45	3	60	1	10.3	26.3	19.7	4.0	369.0	946.0	708.4	143.0
Rand	0.25	1	45	3	60	3	35.8	57.2	49.3	6.6	1288.0	2060.0	1775.7	238.6
Rand	0.25	1	45	3	60	6	50.3	82.8	69.4	8.8	1812.0	2982.0	2498.6	316.5
Rand	0.25	1	45	3	60	9	71.4	90.6	84.8	4.4	2571.0	3261.0	3054.0	159.9
Rand	0.25	1	45	3	80	1	3.9	18.2	12.9	3.3	248.0	1167.0	826.3	212.3
Rand	0.25	1	45	3	80	3	24.1	40.4	32.6	4.5	1545.0	2583.0	2083.1	286.2
Rand	0.25	1	45	3	80	6	45.0	64.6	55.1	5.4	2880.0	4137.0	3525.7	347.2
Rand	0.25	1	45	3	80	9	58.3	76.6	68.3	4.6	3730.0	4905.0	4371.8	295.2
Rand	0.25	1	45	3	100	1	2.9	11.4	8.5	2.2	285.0	1137.0	849.5	215.1
Rand	0.25	1	45	3	100	3	20.0	27.6	22.9	2.3	1995.0	2761.0	2294.3	231.4
Rand	0.25	1	45	3	100	6	29.8	45.7	39.4	4.1	2979.0	4574.0	3937.9	406.2
Rand	0.25	1	45	3	100	9	41.8	58.2	51.6	3.8	4178.0	5821.0	5156.8	377.2
FBR	0.25	1	90	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1597.8	3.3
FBR	0.25	1	90	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	1	60	1	50.5	59.8	55.9	2.2	1818.0	2152.0	2010.9	77.4
FBR	0.25	1	90	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	1	80	1	28.8	34.3	32.2	1.5	1841.0	2194.0	2058.3	95.5
FBR	0.25	1	90	1	80	3	79.1	90.4	85.8	2.7	5065.0	5784.0	5491.8	174.0
FBR	0.25	1	90	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	90	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	90	1	100	1	19.4	21.9	20.6	0.6	1942.0	2188.0	2056.3	62.7

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0.25	1	90	1	100	3	54.8	61.6	59.4	1.9	5477.0	6163.0	5937.1	193.8
FBR	0.25	1	90	1	100	6	92.9	99.8	97.5	1.8	9291.0	9977.0	9747.5	175.4
FBR	0.25	1	90	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	90	1	40	1	59.1	77.0	69.4	5.8	942.0	1231.0	1110.2	92.4
Rand	0.25	1	90	1	40	3	89.9	98.4	96.7	1.8	1438.0	1574.0	1547.2	29.1
Rand	0.25	1	90	1	40	6	98.4	100.0	99.6	0.3	1574.0	1600.0	1593.1	5.9
Rand	0.25	1	90	1	40	9	98.9	100.0	99.8	0.3	1583.0	1600.0	1596.8	4.2
Rand	0.25	1	90	1	60	1	29.8	51.2	43.1	5.7	1071.0	1842.0	1552.5	204.1
Rand	0.25	1	90	1	60	3	73.2	87.3	79.3	4.3	2636.0	3143.0	2854.0	156.4
Rand	0.25	1	90	1	60	6	88.1	98.3	94.5	2.5	3170.0	3537.0	3401.5	89.8
Rand	0.25	1	90	1	60	9	96.0	99.5	98.2	0.9	3454.0	3581.0	3536.0	32.8
Rand	0.25	1	90	1	80	1	16.9	32.5	27.6	3.9	1082.0	2082.0	1769.0	247.5
Rand	0.25	1	90	1	80	3	48.4	66.3	59.9	4.8	3098.0	4244.0	3833.8	309.5
Rand	0.25	1	90	1	80	6	76.3	89.5	83.9	2.7	4884.0	5730.0	5366.7	169.8
Rand	0.25	1	90	1	80	9	83.5	95.2	91.9	3.3	5342.0	6090.0	5880.3	208.3
Rand	0.25	1	90	1	100	1	14.1	22.2	18.1	2.2	1410.0	2216.0	1807.6	215.0
Rand	0.25	1	90	1	100	3	34.4	51.0	43.3	4.2	3436.0	5101.0	4327.2	418.4
Rand	0.25	1	90	1	100	6	59.6	76.4	67.8	4.1	5962.0	7640.0	6780.2	407.9
Rand	0.25	1	90	1	100	9	76.8	87.9	82.6	2.8	7676.0	8789.0	8257.2	281.1
FBR	0.25	1	90	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	2	60	1	65.5	81.0	73.5	3.2	2357.0	2913.0	2646.7	113.0
FBR	0.25	1	90	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	2	80	1	40.8	49.3	44.2	2.0	2614.0	3155.0	2826.5	125.9
FBR	0.25	1	90	2	80	3	95.7	100.0	99.1	1.1	6124.0	6399.0	6341.5	70.5
FBR	0.25	1	90	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	90	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	90	2	100	1	25.3	30.8	28.7	1.4	2525.0	3081.0	2873.2	141.5
FBR	0.25	1	90	2	100	3	71.8	81.6	77.2	3.0	7183.0	8154.0	7723.1	301.2
FBR	0.25	1	90	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9996.9	2.8
FBR	0.25	1	90	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	90	2	40	1	62.2	84.8	75.3	6.7	995.0	1356.0	1205.0	108.2
Rand	0.25	1	90	2	40	3	92.2	99.3	98.0	1.5	1475.0	1588.0	1568.1	24.2
Rand	0.25	1	90	2	40	6	98.6	100.0	99.7	0.3	1577.0	1600.0	1595.3	5.2
Rand	0.25	1	90	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1585.0	1600.0	1597.1	4.0
Rand	0.25	1	90	2	60	1	32.8	59.9	49.4	7.0	1180.0	2157.0	1776.9	252.6
Rand	0.25	1	90	2	60	3	77.2	92.1	84.2	4.7	2779.0	3314.0	3032.2	168.9
Rand	0.25	1	90	2	60	6	90.9	99.1	96.2	2.2	3274.0	3568.0	3462.3	80.2
Rand	0.25	1	90	2	60	9	97.7	99.8	98.9	0.6	3518.0	3591.0	3560.4	21.8
Rand	0.25	1	90	2	80	1	19.3	38.9	32.2	5.0	1234.0	2490.0	2062.0	321.6
Rand	0.25	1	90	2	80	3	53.3	73.3	66.1	5.6	3411.0	4688.0	4227.6	359.6
Rand	0.25	1	90	2	80	6	80.4	93.2	88.2	2.7	5147.0	5962.0	5645.6	170.0
Rand	0.25	1	90	2	80	9	87.0	97.5	94.5	3.0	5566.0	6239.0	6047.7	190.6
Rand	0.25	1	90	2	100	1	15.9	26.9	21.2	2.9	1591.0	2688.0	2120.7	287.4
Rand	0.25	1	90	2	100	3	38.0	58.6	48.9	5.1	3799.0	5861.0	4889.6	512.6
Rand	0.25	1	90	2	100	6	64.0	82.9	73.7	4.7	6400.0	8291.0	7366.3	465.7
Rand	0.25	1	90	2	100	9	80.5	92.7	87.2	2.9	8045.0	9269.0	8719.7	287.2
FBR	0.25	1	90	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	90	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2



robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0.25	1	90	3	60	1	85.0	95.4	91.8	3.0	3058.0	3433.0	3304.0	108.1
FBR	0.25	1	90	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	90	3	80	1	54.4	64.0	59.9	2.6	3477.0	4094.0	3830.4	164.0
FBR	0.25	1	90	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	90	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	90	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	90	3	100	1	35.6	44.3	40.1	2.5	3556.0	4425.0	4005.2	252.2
FBR	0.25	1	90	3	100	3	85.4	97.5	93.8	2.5	8537.0	9749.0	9381.1	253.1
FBR	0.25	1	90	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.25	1	90	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	90	3	40	1	65.0	90.8	80.7	7.2	1040.0	1452.0	1290.2	115.4
Rand	0.25	1	90	3	40	3	93.8	99.8	98.8	1.2	1501.0	1596.0	1580.9	19.8
Rand	0.25	1	90	3	40	6	98.8	100.0	99.8	0.3	1581.0	1600.0	1596.6	4.4
Rand	0.25	1	90	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1597.5	4.0
Rand	0.25	1	90	3	60	1	35.8	68.2	55.6	8.3	1287.0	2455.0	2001.0	299.8
Rand	0.25	1	90	3	60	3	80.3	95.9	88.1	4.8	2890.0	3451.0	3169.4	172.5
Rand	0.25	1	90	3	60	6	92.6	99.5	97.4	1.9	3334.0	3583.0	3507.0	68.5
Rand	0.25	1	90	3	60	9	98.5	99.9	99.4	0.4	3543.0	3597.0	3577.5	14.2
Rand	0.25	1	90	3	80	1	21.8	46.0	36.9	6.3	1392.0	2947.0	2362.9	400.3
Rand	0.25	1	90	3	80	3	57.8	78.9	71.5	6.1	3702.0	5051.0	4577.5	393.2
Rand	0.25	1	90	3	80	6	83.8	96.4	91.7	2.7	5361.0	6171.0	5871.1	173.8
Rand	0.25	1	90	3	80	9	89.6	98.7	96.3	2.5	5735.0	6318.0	6164.8	162.2
Rand	0.25	1	90	3	100	1	17.3	32.2	24.4	3.8	1731.0	3223.0	2443.2	376.4
Rand	0.25	1	90	3	100	3	41.8	65.1	54.3	6.0	4182.0	6506.0	5428.8	599.0
Rand	0.25	1	90	3	100	6	68.1	88.3	78.9	5.1	6808.0	8828.0	7890.2	510.2
Rand	0.25	1	90	3	100	9	83.4	96.0	90.8	2.8	8344.0	9596.0	9079.6	283.8
FBR	0.25	1	180	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	1	60	1	53.3	66.4	62.3	2.7	1919.0	2389.0	2242.4	98.3
FBR	0.25	1	180	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	1	80	1	32.8	37.8	35.9	1.2	2102.0	2417.0	2294.9	78.3
FBR	0.25	1	180	1	80	3	86.2	95.6	92.0	2.3	5516.0	6117.0	5889.5	148.6
FBR	0.25	1	180	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	1	100	1	21.1	24.8	23.1	0.8	2107.0	2480.0	2314.7	76.6
FBR	0.25	1	180	1	100	3	60.9	68.5	65.1	2.1	6093.0	6845.0	6505.0	210.5
FBR	0.25	1	180	1	100	6	96.5	100.0	99.6	0.8	9653.0	10000.0	9959.0	83.0
FBR	0.25	1	180	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	180	1	40	1	33.8	79.3	60.1	12.3	539.0	1269.0	961.0	196.6
Rand	0.25	1	180	1	40	3	83.3	98.5	94.1	3.7	1332.0	1576.0	1504.4	59.4
Rand	0.25	1	180	1	40	6	96.2	100.0	99.3	0.8	1533.0	1600.0	1587.6	14.0
Rand	0.25	1	180	1	40	9	97.4	100.0	99.8	0.5	1553.0	1600.0	1595.8	9.6
Rand	0.25	1	180	1	60	1	22.4	47.4	36.1	6.6	807.0	1705.0	1299.5	239.0
Rand	0.25	1	180	1	60	3	59.9	87.9	73.1	7.0	2158.0	3163.0	2632.7	251.8
Rand	0.25	1	180	1	60	6	81.0	96.6	89.9	3.7	2915.0	3477.0	3236.6	133.9
Rand	0.25	1	180	1	60	9	88.9	99.4	96.6	2.5	3198.0	3575.0	3477.6	90.3
Rand	0.25	1	180	1	80	1	13.5	30.8	21.6	4.0	863.0	1973.0	1379.7	253.8
Rand	0.25	1	180	1	80	3	35.7	61.3	52.8	6.1	2287.0	3925.0	3378.5	391.9
Rand	0.25	1	180	1	80	6	57.5	86.5	75.6	7.3	3677.0	5538.0	4837.1	464.7

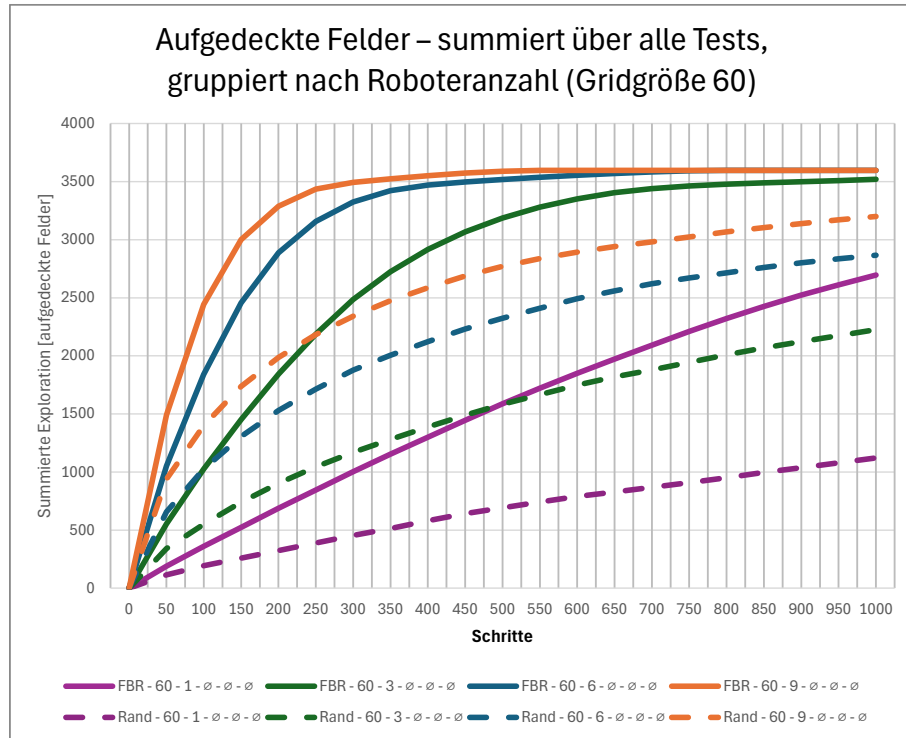
robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0.25	1	180	1	80	9	75.9	94.5	89.0	4.7	4853.0	6046.0	5693.2	301.8
Rand	0.25	1	180	1	100	1	8.1	20.5	14.3	3.2	810.0	2046.0	1426.9	321.2
Rand	0.25	1	180	1	100	3	25.6	45.0	37.8	5.4	2559.0	4504.0	3776.8	543.0
Rand	0.25	1	180	1	100	6	44.9	72.0	59.6	6.2	4490.0	7203.0	5962.3	624.2
Rand	0.25	1	180	1	100	9	58.0	85.9	75.4	5.3	5800.0	8585.0	7542.1	527.9
FBR	0.25	1	180	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	2	60	1	89.4	97.2	93.8	2.3	3219.0	3500.0	3377.5	84.5
FBR	0.25	1	180	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	2	80	1	57.1	68.3	62.4	2.8	3656.0	4370.0	3994.4	179.8
FBR	0.25	1	180	2	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	2	100	1	38.4	46.7	42.9	2.3	3838.0	4673.0	4288.9	225.4
FBR	0.25	1	180	2	100	3	91.0	98.9	95.8	2.2	9100.0	9892.0	9582.8	224.1
FBR	0.25	1	180	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.25	1	180	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	180	2	40	1	36.4	84.7	64.7	13.1	581.0	1355.0	1035.5	209.8
Rand	0.25	1	180	2	40	3	85.6	99.2	95.8	3.4	1370.0	1587.0	1532.6	54.1
Rand	0.25	1	180	2	40	6	97.7	100.0	99.5	0.6	1558.0	1600.0	1592.1	9.8
Rand	0.25	1	180	2	40	9	98.1	100.0	99.8	0.4	1564.0	1600.0	1596.6	7.5
Rand	0.25	1	180	2	60	1	23.7	53.4	40.5	8.1	854.0	1921.0	1458.8	290.7
Rand	0.25	1	180	2	60	3	63.3	92.8	77.8	7.5	2279.0	3342.0	2799.7	271.8
Rand	0.25	1	180	2	60	6	83.7	98.1	92.3	3.6	3014.0	3530.0	3321.2	129.5
Rand	0.25	1	180	2	60	9	89.8	99.6	97.6	2.3	3230.0	3582.0	3512.8	83.2
Rand	0.25	1	180	2	80	1	14.7	35.6	24.4	4.9	943.0	2281.0	1559.3	310.7
Rand	0.25	1	180	2	80	3	38.6	67.0	57.9	7.0	2470.0	4288.0	3708.2	449.3
Rand	0.25	1	180	2	80	6	60.2	91.4	79.8	7.8	3854.0	5850.0	5107.8	499.5
Rand	0.25	1	180	2	80	9	79.7	96.9	91.7	4.4	5101.0	6203.0	5870.5	280.5
Rand	0.25	1	180	2	100	1	8.7	24.5	16.2	4.0	869.0	2452.0	1615.5	401.5
Rand	0.25	1	180	2	100	3	28.4	50.7	42.0	6.3	2837.0	5066.0	4202.5	633.1
Rand	0.25	1	180	2	100	6	48.2	77.5	64.3	6.9	4817.0	7749.0	6432.6	692.5
Rand	0.25	1	180	2	100	9	61.0	90.3	79.8	5.6	6096.0	9034.0	7975.1	558.3
FBR	0.25	1	180	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	180	3	60	1	99.7	100.0	99.9	0.1	3586.0	3600.0	3595.2	3.9
FBR	0.25	1	180	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	180	3	80	1	67.2	81.4	74.9	3.7	4298.0	5208.0	4792.2	239.2
FBR	0.25	1	180	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	180	3	100	1	46.0	56.5	50.8	2.7	4596.0	5654.0	5081.3	268.3
FBR	0.25	1	180	3	100	3	96.1	100.0	99.6	1.0	9609.0	10000.0	9954.9	97.1
FBR	0.25	1	180	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.25	1	180	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	180	3	40	1	40.5	89.6	69.1	13.5	646.0	1433.0	1104.9	216.8
Rand	0.25	1	180	3	40	3	87.6	99.7	97.1	3.0	1402.0	1593.0	1552.7	47.8

robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
Rand	0.25	1	180	3	40	6	98.8	100.0	99.7	0.3	1580.0	1600.0	1595.2	5.8
Rand	0.25	1	180	3	40	9	98.8	100.0	99.9	0.3	1575.0	1600.0	1597.3	5.5
Rand	0.25	1	180	3	60	1	25.4	58.4	45.0	9.4	915.0	2100.0	1621.4	338.7
Rand	0.25	1	180	3	60	3	66.3	95.8	81.8	7.7	2388.0	3447.0	2943.4	278.4
Rand	0.25	1	180	3	60	6	86.3	98.9	94.2	3.4	3107.0	3560.0	3390.6	121.6
Rand	0.25	1	180	3	60	9	90.8	99.9	98.3	2.1	3266.0	3596.0	3537.5	75.5
Rand	0.25	1	180	3	80	1	16.2	40.6	27.3	5.8	1035.0	2595.0	1747.3	371.0
Rand	0.25	1	180	3	80	3	41.6	72.2	63.0	7.9	2660.0	4619.0	4029.5	505.2
Rand	0.25	1	180	3	80	6	63.3	95.1	83.5	8.1	4049.0	6088.0	5345.9	518.2
Rand	0.25	1	180	3	80	9	83.2	98.4	93.9	4.0	5325.0	6299.0	6006.5	253.0
Rand	0.25	1	180	3	100	1	9.5	28.4	18.2	4.8	948.0	2840.0	1822.3	480.8
Rand	0.25	1	180	3	100	3	31.2	56.7	46.4	7.2	3117.0	5669.0	4635.4	723.0
Rand	0.25	1	180	3	100	6	51.5	82.1	68.8	7.4	5149.0	8207.0	6875.2	739.8
Rand	0.25	1	180	3	100	9	63.8	93.5	83.6	5.7	6380.0	9346.0	8362.8	568.1
FBR	0.25	1	360	1	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	1	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	1	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	1	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	1	60	1	53.4	66.4	62.4	2.7	1922.0	2390.0	2244.3	98.3
FBR	0.25	1	360	1	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	1	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	1	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	1	80	1	32.8	37.8	36.0	1.3	2102.0	2420.0	2301.4	81.7
FBR	0.25	1	360	1	80	3	88.3	95.1	92.0	1.9	5653.0	6085.0	5889.7	122.5
FBR	0.25	1	360	1	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	1	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	1	100	1	21.1	24.8	23.2	0.8	2110.0	2483.0	2317.1	76.8
FBR	0.25	1	360	1	100	3	60.8	68.5	65.5	1.8	6077.0	6854.0	6545.8	183.4
FBR	0.25	1	360	1	100	6	96.8	100.0	99.5	0.7	9682.0	10000.0	9946.6	73.0
FBR	0.25	1	360	1	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	360	1	40	1	15.2	39.7	31.3	6.0	243.0	633.0	500.5	95.1
Rand	0.25	1	360	1	40	3	40.1	83.8	67.0	9.8	642.0	1340.0	1072.5	156.3
Rand	0.25	1	360	1	40	6	78.3	96.6	88.6	5.1	1250.0	1546.0	1417.8	81.3
Rand	0.25	1	360	1	40	9	83.3	99.6	94.4	3.9	1332.0	1593.0	1510.5	62.6
Rand	0.25	1	360	1	60	1	8.9	24.2	15.5	4.1	321.0	870.0	559.0	147.0
Rand	0.25	1	360	1	60	3	24.6	49.3	38.3	5.7	885.0	1775.0	1379.7	204.8
Rand	0.25	1	360	1	60	6	43.7	75.5	62.7	7.4	1574.0	2718.0	2258.5	265.1
Rand	0.25	1	360	1	60	9	64.5	88.6	76.4	6.8	2323.0	3187.0	2751.5	243.2
Rand	0.25	1	360	1	80	1	5.7	13.2	9.4	2.2	362.0	845.0	601.1	138.3
Rand	0.25	1	360	1	80	3	15.9	33.5	25.0	4.1	1015.0	2141.0	1601.8	264.9
Rand	0.25	1	360	1	80	6	37.1	52.1	44.2	4.1	2376.0	3335.0	2829.7	262.8
Rand	0.25	1	360	1	80	9	36.1	67.1	56.6	7.3	2312.0	4297.0	3622.9	465.9
Rand	0.25	1	360	1	100	1	3.3	8.3	6.3	1.5	331.0	830.0	626.3	150.2
Rand	0.25	1	360	1	100	3	10.4	20.5	17.1	2.6	1039.0	2049.0	1707.3	262.4
Rand	0.25	1	360	1	100	6	19.0	37.5	30.2	3.7	1896.0	3746.0	3024.3	365.5
Rand	0.25	1	360	1	100	9	36.9	50.5	42.9	4.0	3687.0	5050.0	4293.9	402.3
FBR	0.25	1	360	2	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	2	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	2	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	2	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	2	60	1	90.1	97.5	94.0	2.2	3244.0	3508.0	3382.3	79.4
FBR	0.25	1	360	2	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	2	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	2	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	2	80	1	57.0	68.7	63.2	3.1	3647.0	4394.0	4042.3	195.3

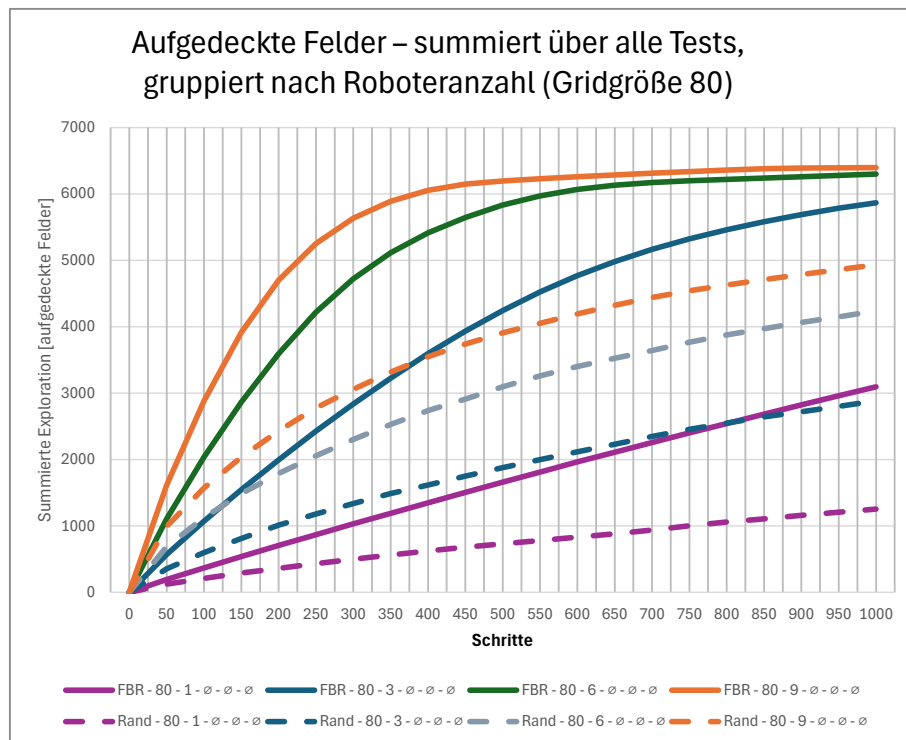
robot_type_str	factor_size	factor_distance	view_angle	view_radius	grid_size	initial_no_robots	Explored_min	Explored_max	Explored_mean	Explored_std	Explored_fields_min	Explored_fields_max	Explored_fields_mean	Explored_fields_std
FBR	0.25	1	360	2	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	2	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	2	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	2	100	1	38.4	46.5	42.3	2.1	3841.0	4648.0	4234.3	209.3
FBR	0.25	1	360	2	100	3	92.5	98.7	95.5	2.2	9250.0	9870.0	9550.3	215.1
FBR	0.25	1	360	2	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.25	1	360	2	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	360	2	40	1	16.5	44.9	34.9	6.8	264.0	716.0	559.0	108.8
Rand	0.25	1	360	2	40	3	42.9	88.8	71.4	10.3	686.0	1420.0	1142.8	164.8
Rand	0.25	1	360	2	40	6	82.8	98.8	91.6	4.5	1324.0	1581.0	1465.2	72.1
Rand	0.25	1	360	2	40	9	85.3	99.9	96.0	3.3	1364.0	1599.0	1534.9	52.8
Rand	0.25	1	360	2	60	1	10.3	28.6	17.7	5.1	370.0	1031.0	637.4	182.6
Rand	0.25	1	360	2	60	3	27.7	55.8	42.6	6.7	998.0	2007.0	1532.1	241.6
Rand	0.25	1	360	2	60	6	47.6	80.7	67.5	7.9	1713.0	2904.0	2431.2	283.1
Rand	0.25	1	360	2	60	9	67.9	92.6	80.8	6.9	2445.0	3333.0	2909.0	247.0
Rand	0.25	1	360	2	80	1	6.2	15.5	10.7	2.6	399.0	990.0	684.9	164.7
Rand	0.25	1	360	2	80	3	17.5	38.4	28.4	4.9	1119.0	2455.0	1815.7	313.9
Rand	0.25	1	360	2	80	6	41.0	57.5	48.9	4.6	2624.0	3678.0	3128.7	293.4
Rand	0.25	1	360	2	80	9	39.4	73.6	61.4	8.0	2520.0	4711.0	3930.6	512.2
Rand	0.25	1	360	2	100	1	3.7	9.7	7.2	1.8	373.0	974.0	720.6	179.3
Rand	0.25	1	360	2	100	3	11.4	23.6	19.4	3.2	1143.0	2362.0	1941.0	320.1
Rand	0.25	1	360	2	100	6	20.9	42.6	34.0	4.4	2093.0	4256.0	3395.1	439.2
Rand	0.25	1	360	2	100	9	40.1	56.0	47.4	4.6	4014.0	5597.0	4738.0	463.5
FBR	0.25	1	360	3	40	1	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	3	40	3	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	3	40	6	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	3	40	9	99.1	100.0	99.9	0.2	1586.0	1600.0	1598.2	3.2
FBR	0.25	1	360	3	60	1	99.4	100.0	99.9	0.1	3579.0	3600.0	3595.7	4.7
FBR	0.25	1	360	3	60	3	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	3	60	6	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	3	60	9	99.7	100.0	99.9	0.1	3589.0	3600.0	3597.2	2.8
FBR	0.25	1	360	3	80	1	65.7	80.1	75.2	3.1	4207.0	5127.0	4815.3	197.2
FBR	0.25	1	360	3	80	3	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	3	80	6	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	3	80	9	99.8	100.0	100.0	0.0	6388.0	6400.0	6398.0	2.7
FBR	0.25	1	360	3	100	1	45.6	56.9	52.7	2.7	4556.0	5684.0	5272.0	268.6
FBR	0.25	1	360	3	100	3	99.3	100.0	99.9	0.2	9929.0	9999.0	9988.6	18.1
FBR	0.25	1	360	3	100	6	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
FBR	0.25	1	360	3	100	9	99.9	100.0	100.0	0.0	9991.0	10000.0	9997.0	2.8
Rand	0.25	1	360	3	40	1	18.6	49.6	39.5	7.9	297.0	791.0	631.7	125.6
Rand	0.25	1	360	3	40	3	46.1	93.7	76.3	10.6	737.0	1499.0	1220.0	170.1
Rand	0.25	1	360	3	40	6	85.2	99.7	94.2	4.0	1363.0	1595.0	1507.2	64.0
Rand	0.25	1	360	3	40	9	88.1	100.0	97.5	2.6	1409.0	1600.0	1559.5	40.8
Rand	0.25	1	360	3	60	1	12.0	33.6	20.3	6.2	433.0	1211.0	732.3	221.5
Rand	0.25	1	360	3	60	3	30.7	62.9	47.7	7.8	1104.0	2265.0	1717.0	281.6
Rand	0.25	1	360	3	60	6	52.3	85.6	72.7	8.2	1881.0	3080.0	2615.9	295.4
Rand	0.25	1	360	3	60	9	71.6	95.7	85.3	6.6	2576.0	3445.0	3069.6	238.2
Rand	0.25	1	360	3	80	1	6.9	18.1	12.4	3.0	440.0	1157.0	790.6	195.0
Rand	0.25	1	360	3	80	3	19.6	44.3	32.4	5.8	1254.0	2832.0	2070.7	369.6
Rand	0.25	1	360	3	80	6	44.5	63.1	54.3	5.1	2846.0	4041.0	3474.5	327.5
Rand	0.25	1	360	3	80	9	43.3	81.0	66.8	8.7	2770.0	5186.0	4272.5	554.1
Rand	0.25	1	360	3	100	1	4.1	11.7	8.4	2.2	413.0	1166.0	840.9	223.4
Rand	0.25	1	360	3	100	3	12.7	27.5	22.3	3.9	1270.0	2745.0	2228.2	391.8
Rand	0.25	1	360	3	100	6	23.2	49.2	38.5	5.3	2321.0	4917.0	3844.9	535.0
Rand	0.25	1	360	3	100	9	43.8	63.0	52.7	5.4	4382.0	6298.0	5265.4	536.8

## 6.2 Weitere Diagramme

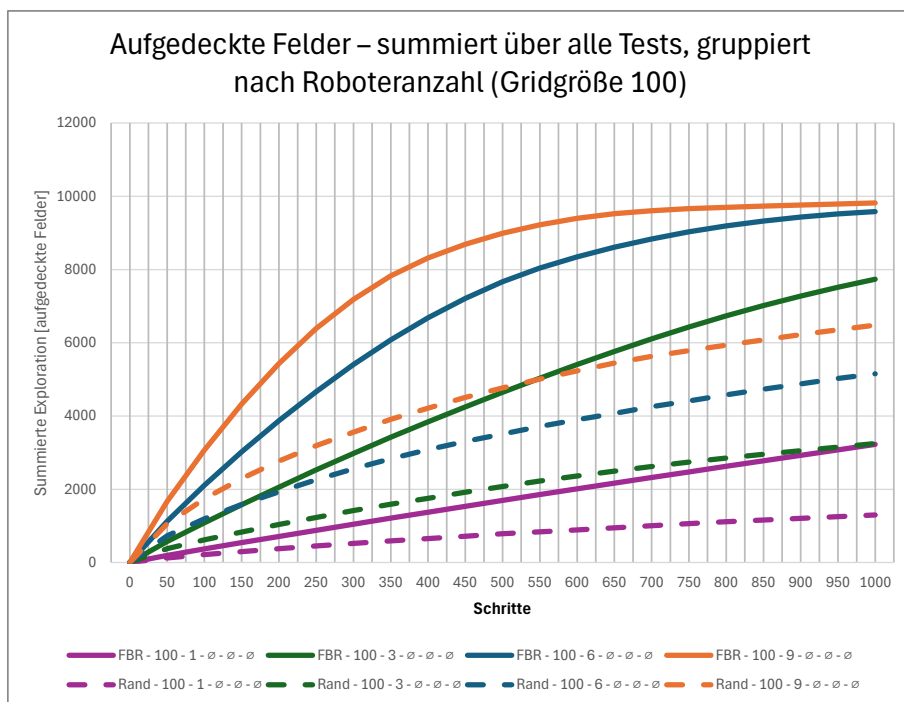
Darstellung unterschiedliche Aufdeckungsraten im Verhältnis FBR zu Random Walk; Grid-Größe 60



Darstellung unterschiedliche Aufdeckungsraten im Verhältnis FBR zu Random Walk; Grid-Größe 80



Darstellung unterschiedliche Aufdeckungsraten im Verhältnis FBR zu Random Walk; Grid-Größe 80



# Literaturverzeichnis

- [1] A. M. Uhrmacher und D. Weyns, in *Multi-Agent Systems*, Boca Raton, CRC Press, 2018, p. VII.
- [2] V. Marik, O. Stepankova, H. Krautwurmova und M. Luck, in *Multi-Agent Systems and Applications II*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2003, p. 5 ff..
- [3] I. Marik und V. Vyatkin, „Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing,“ *Third International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*, Bd. 1, Nr. 1, p. 195 ff., 2007.
- [4] M. Wooldridge, in *An Introduction to Multiagent Systems*, Chichester, John Wiley & Sons, LTD, 2002, p. 7 ff..
- [5] T. Bräunl, in *Mobile Robot Programming*, Perth, Springer Cham, 2023, p. 39 ff..
- [6] P. E. Hart, N. J. Nilsson und B. Raphael, „A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths,“ *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, Bd. 4, Nr. 2, p. 100–107, 1968.
- [7] V. Kotu und B. Deshpande, in *Data Science*, Cambridge, Elsevier, 2019, pp. 65-163.
- [8] H. Sharma, P. Leskovsky, A. Alekseychuk, O. Hellwich, R. S. Anand, N. Zerbe und P. Hufnagl, „Determining similarity in histological images using graph-theoretic description and matching methods for content-based image retrieval in medical diagnostics,“ *Diagnostic Pathology*, Bd. 7, Nr. 1, p. 134, 2012.
- [9] W. Gao, M. Booker, A. Adiwahono, M. Yuan, J. Wang und Y. W. Yun, „An improved Frontier-Based Approach for,“ *IEEE*, Bd. 1, Nr. 1, p. 1 ff., 2018.
- [10] S. Barde und S. van der Hoog, „An empirical calibration procedure for agent-based models,“ *Journal of Economic Interaction and Coordination*, pp. 1-31, 1 1 2017.
- [11] J. Nocedal und J. Wright, in *Numerical Optimization*, Berlin, Springer Series in Operations Research and Financial Engineering, 2006, p. 12 ff..
- [12] T. Hastie, R. Tibshirani und J. Friedman, in *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, Berlin, Springer Series in Statistics, 2009, p. 64 ff..
- [13] A. Glassner, in *An Introduction to Ray Tracing*, New York, Academic Press, 1989, p. 1 ff..
- [14] T. Bräunl, in *Robot Adventures in Python and C*, Bern, Springer Cham, 2020, p. 49.
- [15] D. Nolte, „The fall and rise of the Doppler effect,“ *Physics Today*, Bd. 1, Nr. 2, pp. 30-35, 2020.
- [16] J. E. Bresenham, „Algorithm for computer control of a digital plotter,“ *IBM Systems Journal*, Bd. 4, Nr. 1, pp. 25-30, 1965.
- [17] P. T. Eugster, P. Felber, R. Guerraoui und A. Kermarrec, „The Many Faces of Publish/Subscribe,“ *ACM Computing Surveys*, Bd. 35, Nr. 1, pp. 1-25, 2003.

- [18] R. Miikkulainen und J. C. Príncipe, „Advances in Self-Organizing Maps,“ *7th International Wrokshop*, Bd. 1, Nr. 1, p. 247 ff., 2009.
- [19] B. Yamauchi, „A Frontier-Based Approach for Autonomous Exploration,“ *Roceedings of the IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*, p. 146–151, 2019.
- [20] T. Anirudh, I. Pranav und K. Abhishek, „Frontier Based Exploration for Autonomous Robot,“ p. 352, 12 2018.
- [21] K. Leong, „arXiv,“ *Reinforcement Learning with Frontier-Based Exploration via Autonomous Environment*, p. 23, 2023.
- [22] J. Lewis, M. Basiri und L. Pedro , „Frontier Shepherding: A Bio-Mimetic Multi-robot Framework for Large-Scale Exploration,“ *arxiv*, p. 24, 2024.
- [23] M. George, D. Rowlands, M. Price und J. Maxey, in *Das Lean Six Sigma Toolbook*, Berlin, Wahlen, 2016, p. 85.
- [24] E. Cramer und U. Kamps, in *Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2017, p. 37.