



Fachbereich Technik und Informatik  
Herbstsemester 2012

# **Bachelor Thesis - AI Bot für Computerspiele**

## **Ants AI Challenge**

Studierende: Lukas Kuster  
Stefan Käser

Betreuung: Dr. Jürgen Eckerle

Experte: Dr. Federico Flückiger

Datum: 28. Dezember 2012  
Version: V01.00





# Management Summary

Ants AI Challenge ist ein Programmierwettbewerb, bei welchem ein Bot programmiert wird, der ein Ameisenvolk steuert. Das Ameisenvolk soll auf einer Karte Futter suchen sowie gegnerische Völker angreifen und vernichten. Dabei müssen Problem wie die Pfadsuche, das Verteilen von Aufgaben sowie das Schwarmverhalten gelöst werden. In unserer Arbeit wollten wir herausfinden, was es alles braucht um einen solchen intelligenten Bot zu schreiben und gegen andere Mitspieler anzutreten. Wir konzentrierten uns auf die Aufgabenverteilung der Ameisen sowie die Pfadsuche. Diese Erfahrungen wollen wir für die Bachelorarbeit mitnehmen, wo wir an der nächsten AI-Challenge, die voraussichtlich im August beginnt, aktiv teilnehmen oder aber unsere Implementierung für diese Challenge verbessern möchten.

Datum	28. Dezember 2012
Name Vorname	Lukas Kuster
Unterschrift	.....
Name Vorname	Stefan Käser
Unterschrift	.....





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ziele	1
1.2	Herausforderungen	1
1.3	Spielbeschrieb	1
1.4	Der Wettbewerb	1
1.5	Spielregeln	2
1.6	Schnittstelle	2
1.7	Projektverlauf	2
1.8	Projektorganisation	2
1.9	Abgrenzungen	2
<b>2</b>	<b>Architektur</b>	<b>5</b>
2.1	Modulabhängigkeiten	5
2.2	Sequenzdiagramme	5
<b>3</b>	<b>Module</b>	<b>7</b>
3.1	API	7
3.2	Bot	7
3.2.1	Ablauf eines Zugs	8
3.3	Suchalgorithmen	9
3.4	Pfadsuche	9
3.4.1	Simple Algorithmus	9
3.4.2	A* Algorithmus	9
3.4.3	HPA* Algorithmus	9
3.5	Strategie	11
3.6	Tasks	11
3.7	Missionen	13
3.7.1	Profile	14
3.8	Logging	14
3.9	JavaScript Addon für HMTL-Gameviewer	14
3.10	Testreader	15
<b>4</b>	<b>TestCenter</b>	<b>17</b>
4.1	Unit- und Funktionstests	17
4.2	Verschiedene Bots	17
4.3	Testreport Profile	17
<b>5</b>	<b>Spielanleitung</b>	<b>19</b>





# Abbildungsverzeichnis

3.1	Ablauf des ersten Zugs des Spiels . . . . .	7
3.2	Ablauf der weiteren Züge des Spiels . . . . .	8
3.3	Simple-Path Algorithmus . . . . .	9
3.4	A* Pfadsuche . . . . .	10
3.5	Clustereinteilung auf der Landkarte. . . . .	10
3.6	Cluster mit berechneten Kanten . . . . .	10
3.7	Cluster mit Innenkanten . . . . .	11
3.8	Errechneter Weg mittels HPA* . . . . .	11
3.9	Tasks . . . . .	12
3.10	Missionen . . . . .	14
3.11	Live-Info Popup . . . . .	15







# 1 Einleitung

Im Rahmen des Moduls "Projekt 2" (7302) haben wir uns mit der Implementierung eines Bots für den Online-Wettbewerb AI-Challenge (Ants) beschäftigt. Die AI-Challenge ist ein Wettbewerb, der im Herbst 2011 zum 3. Mal stattfand und jedes Jahr mit einem anderen Spiel durchgeführt wird. Ziel ist es jeweils, einen Bot zu programmieren, der durch geschickten Einsatz von KI-Technologien das Spiel möglichst erfolgreich bestreiten kann. In dieser Durchführung ging es darum, ein Ameisenvolk durch Sammeln von Ressourcen und Erobern von gegnerischen Hügeln zum Sieg über die gegnerischen Ameisen zu führen.

Wir hatten uns zum Ziel gesetzt, einen Bot zu implementieren, der möglichst alle Bereiche des Spiels beherrscht, also Nahrung sammeln, die Gegend entdecken, Hügel erobern und gegen feindliche Ameisen kämpfen. Im Gegenzug legten wir kein besonderes Gewicht darauf, dass der Bot eines dieser Verhalten besonders gut beherrschen muss. Das primäre Ziel war es, Erfahrungen zu sammeln im Hinblick auf die Bachelor-Arbeit.

Den grössten Aufwand bei der Implementierung steckten wir in die Pfadsuche, da diese eine Voraussetzung für nahezu alle Teil-Aufgaben des Bots ist. Nachdem wir mit dem bekannten A\*-Algorithmus zwar kleine Erfolge erzielten, aber auch schnell Performance-Probleme bekamen, entschlossen wir uns, auf Basis eines Clustering des Spielfeldes den HPA\*-Algorithmus umzusetzen. Den Algorithmus konnten wir erfolgreich implementieren, aber leider fehlte uns gegen Ende des Projekts dann die Zeit, ihn noch zu optimieren. Die Performance ist aktuell vergleichbar mit der A\*-Pfadsuche.

Ein weiterer Punkt, auf den wir viel Wert legten, war die Programmstruktur. Unser Bot ist Objektorientiert aufgebaut; die zentrale Einheit sind die verschiedenen Tasks, die jeweils für eine Aufgabe der Ameisen zuständig sind.

## 1.1 Ziele

## 1.2 Herausforderungen

## 1.3 Spielbeschreibung

## 1.4 Der Wettbewerb

Die AI Challenge<sup>1</sup> ist ein internationaler Wettbewerb des University of Waterloo Computer Science Club der im Zeitraum Herbst 2011 bis Januar 2012 zum 3. Mal stattgefunden hat. Das Spiel ist ein zugbasiertes Multiplayerspiel in welchem sich Ameisenvölker gegenseitig bekämpfen. Ziel einer AI-Challenge ist es, einen Bot zu schreiben, der die gegebenen Aufgaben mit möglichst intelligenten Algorithmen löst. Die zu lösenden Aufgaben der Ants AI Challenge sind die Futtersuche, das Explorieren der Karten, das Angreifen von gegnerischen Völkern und deren Ameisenhaufen sowie dem Schützen des eigenen Ameisenhaufen.

---

<sup>1</sup><http://www.aichallenge.org>



## 1.5 Spielregeln

Nachfolgend sind die wichtigsten Regeln, die während dem Spiel berücksichtigt werden müssen, aufgelistet.

- Pro Zug können alle Ameisen um ein Feld (vertikal oder horizontal) verschoben werden.
- Pro Zug steht insgesamt eine Rechenzeit von einer Sekunde zur Verfügung. Es dürfen keine Threads erstellt werden.
- Bewegt sich eine Ameise in die 4er Nachbarschaft eines Futterpixel, wird dieses eingesammelt. Beim nächsten Zug entsteht bei dem Ameisenhügel eine neue Ameise.
- Die Landkarte besteht aus passierbaren Landpixel sowie unpassierbaren Wasserstellen.
- Ein Gegner wird geschlagen, wenn im Kampfradius der eigenen Ameise mehr eigene Ameisen stehen als gegnerische Ameisen im Kampfradius der Ameise die angegriffen wird.
- Ein Gegner ist ausgeschieden wenn alle seine eigenen Ameisenhögel vom Gegner vernichtet wurden. Pro verlorenem Hügel gibt es einen Punkteabzug. Pro feindlichen Hügel, der zerstört wird gibt es zwei Bonuspunkte.
- Steht nach einer definierbaren Zeit (Anzahl Züge) kein Sieger fest, wird der Sieger anhand der Punkte ermittelt.

Die ausführlichen Regeln können auf der Webseite nachgelesen werden: <http://aichallenge.org/specification.php>

## 1.6 Schnittstelle

Die Spielschnittstelle ist simpel gehalten. Nach jeder Spielrunde erhält der Bot das neue Spielfeld mittels String-InputStream, die Spielzüge gibt der Bot dem Spielcontroller mittels String-OutputStream bekannt. Unser MyBot leitet von der Basis-Klasse Bot<sup>2</sup> ab. Ein Spielzug wird im folgendem Format in den Output-Stream gelegt:

o <Zeile> <Spalte> <Richtung>

Beispiel:

o 4 7 W

Die Ameise wird von der Position Zeile 4 und Spalte 7 nach Westen bewegt.

Der Spielcontroller ist in Python realisiert, der Bot kann aber in allen gängigen Programmiersprachen wie Java, Python, C#, C++ etc. geschrieben werden.

## 1.7 Projektverlauf

## 1.8 Projektorganisation

## 1.9 Abgrenzungen

Im Rahmen des Moduls "Projekt 2" (7302) haben wir uns mit der Implementierung eines Bots für den Online-Wettbewerb AI-Challenge (Ants) beschäftigt. Die AI-Challenge ist ein Wettbewerb, der im Herbst 2011 zum 3. Mal stattfand und jedes Jahr mit einem anderen Spiel durchgeführt wird. Ziel ist es jeweils, einen Bot zu programmieren, der durch geschickten Einsatz von KI-Technologien das Spiel möglichst erfolgreich bestreiten kann. In dieser Durchführung ging es darum, ein Ameisenvolk durch Sammeln von Ressourcen und Erobern von gegnerischen Höhlen zum Sieg über die gegnerischen Ameisen zu führen.

---

<sup>2</sup>Die Klasse ist im Code unter ants.bot.Bot.Java auffindbar

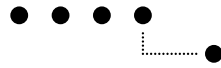


Wir hatten uns zum Ziel gesetzt, einen Bot zu implementieren, der möglichst alle Bereiche des Spiels beherrscht, also Nahrung sammeln, die Gegend entdecken, Hügel erobern und gegen feindliche Ameisen kämpfen. Im Gegenzug legten wir kein besonderes Gewicht darauf, dass der Bot eines dieser Verhalten besonders gut beherrschen muss. Das primäre Ziel war es, Erfahrungen zu sammeln im Hinblick auf die Bachelor-Arbeit.

Den grössten Aufwand bei der Implementierung steckten wir in die Pfadsuche, da diese eine Voraussetzung für nahezu alle Teil-Aufgaben des Bots ist. Nachdem wir mit dem bekannten A\*-Algorithmus zwar kleine Erfolge erzielten, aber auch schnell Performance-Probleme bekamen, entschlossen wir uns, auf Basis eines Clustering des Spielfeldes den HPA\*-Algorithmus umzusetzen. Den Algorithmus konnten wir erfolgreich implementieren, aber leider fehlte uns gegen Ende des Projekts dann die Zeit, ihn noch zu optimieren. Die Performance ist aktuell vergleichbar mit der A\*-Pfadsuche.

Ein weiterer Punkt, auf den wir viel Wert legten, war die Programmstruktur. Unser Bot ist Objektorientiert aufgebaut; die zentrale Einheit sind die verschiedenen Tasks, die jeweils für eine Aufgabe der Ameisen zuständig sind.





## 2 Architektur

### 2.1 Modulabhängigkeiten

### 2.2 Sequenzdiagramme





## 3 Module

### 3.1 API

### 3.2 Bot

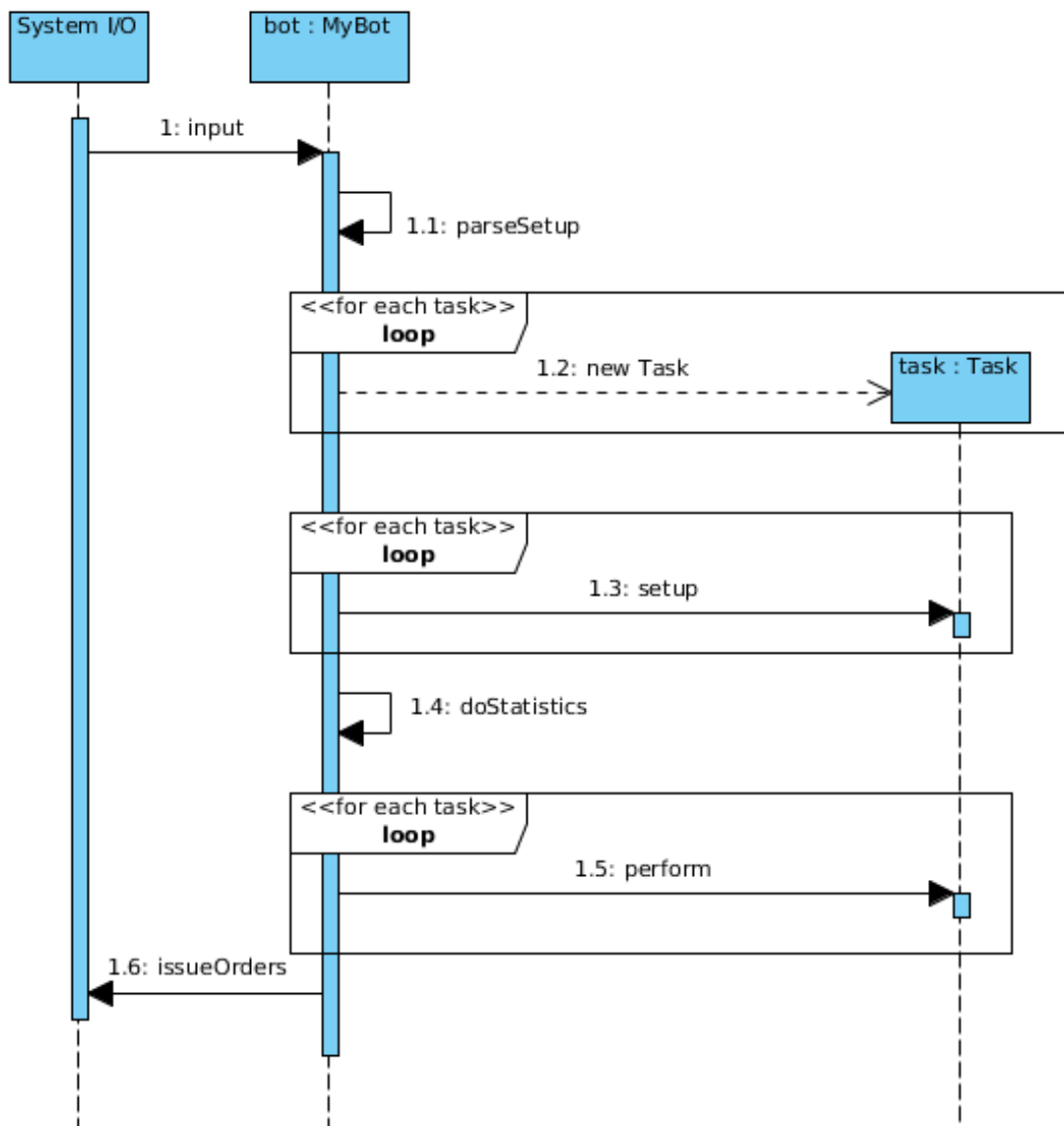


Abbildung 3.1: Ablauf des ersten Zugs des Spiels

Als Basis für unsere Bot Implementation haben wir den Beispiel-Bot verwendet, der im Java-Starter-Package enthalten ist, das von der AI-Challenge-Website heruntergeladen werden kann. Dieser erbt von den Klassen `AbstractSystemInputReader` und `AbstractSystemInputParser`, die die Interaktion mit der Spiele-Engine über die System-

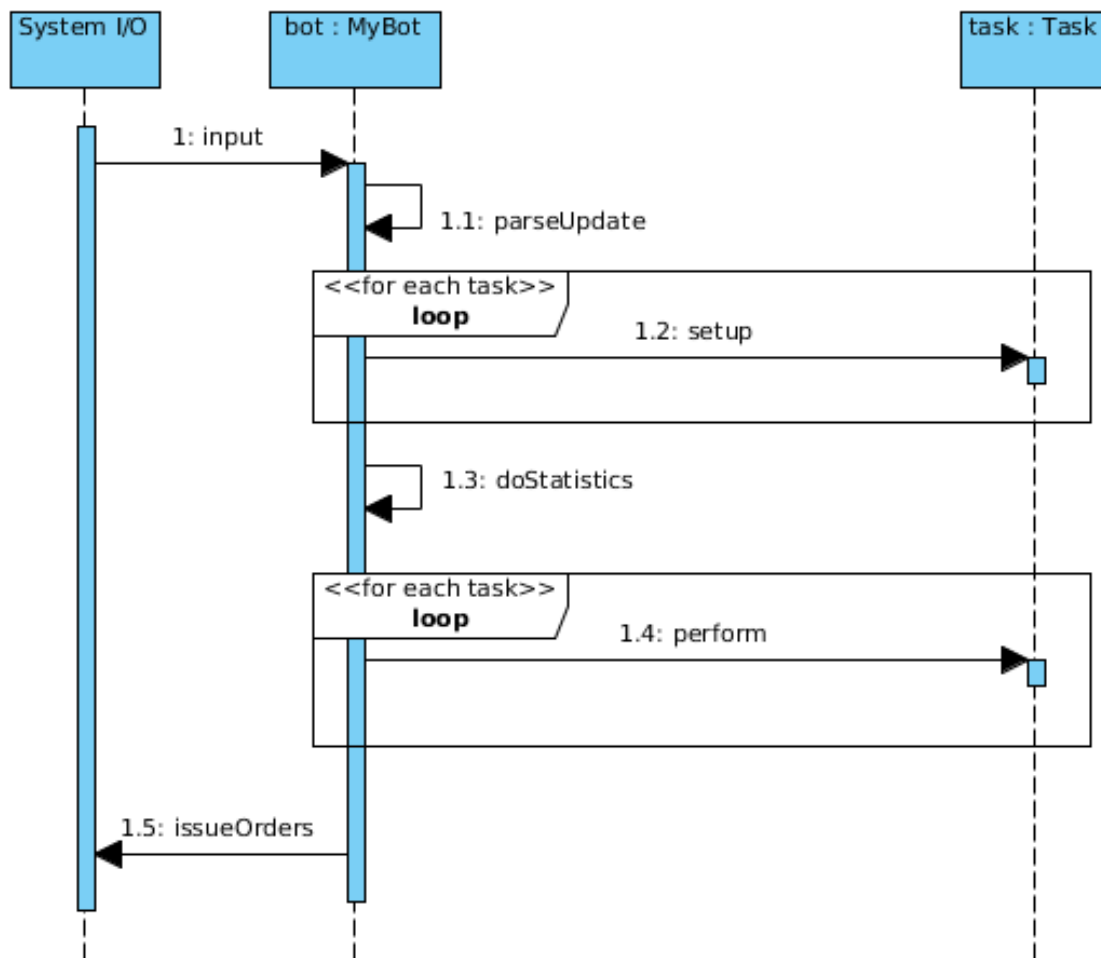


Abbildung 3.2: Ablauf der weiteren Züge des Spiels

Input/Output Streams kapseln. Für eine optimierte Lösung könnte der Bot auch angepasst werden, indem er selber auf die Streams zugreift. Im Rahmen dieser Arbeit erschien uns das aber noch nicht nötig.

### 3.2.1 Ablauf eines Zugs

Abbildung 3.1 zeigt den Ablauf des ersten Zugs, während Abbildung 3.2 den Ablauf aller weiteren Züge zeigt.

Jeder Zug beginnt mit dem Einlesen des Inputs vom SystemInputStream. Wenn der Bot das Signal "READY" (1. Zug) oder "GO" (alle weiteren Züge) erhält, kann er den gesammelten Input verarbeiten (Methode parseSetup() resp. parseUpdate()). Danach wird die eigentliche Logik des Bots ausgeführt.

Im 1. Zug werden dabei Instanzen der Tasks erstellt. Abgesehen davon unterscheidet sich der 1. Zug von diesem Punkt an nicht mehr von allen nachfolgenden Zügen. Die Tasks werden vorbereitet (Aufruf der jeweiligen setup() Methode; danach werden einige statistische Werte aktualisiert und in jedem 10. Zug auch geloggt. Dann werden die Tasks in der definierten Reihenfolge aufgerufen. Hier wird der Löwenanteil der Zeit verbracht, denn die Tasks enthalten die eigentliche Logik unserer Ameisen.

Zum Schluss werden dann mit issueOrders() die Züge der Ameisen über den SystemOutputStream an die Spielengine übergeben.





### 3.3 Suchalgorithmen

### 3.4 Pfadsuche

Wir haben drei mögliche Pfadalgorithmen in unserem Code eingebaut. Via Pathfinder-Klasse kann für die Pfadsuche der Algorithmus ausgewählt werden.

#### 3.4.1 Simple Algorithmus

Der Simple Algorithmus versucht das Ziel zu erreichen indem er zuerst die eine, dann die andere Achse abläuft. Sobald ein Hindernis in den Weg kommt, bricht der Algorithmus ab. In der Abbildung 3.3 sucht der Algorithmus zuerst den Vertikal-Horizontal Pfad. Da dieser Pfad wegen dem Wasserhindernis (blau) nicht ans Ziel führt, wird via Horizontal-Vertikal Pfad gesucht. Hier wird ein Pfad gefunden. Dieser Algorithmus ist, wie der Name bereits aussagt, sehr einfach aufgebaut und kostet wenig Rechenzeit. Dafür kann er keinen Hindernissen ausweichen.

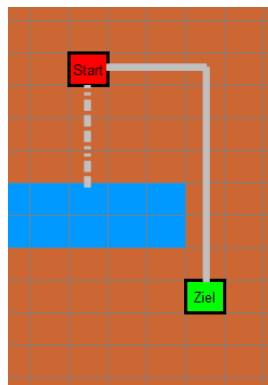


Abbildung 3.3: Simple-Path Algorithmus

#### 3.4.2 A\* Algorithmus

Beim A\* Algorithmus werden für jeden expandierten Knoten die geschätzten Kosten  $f(x)$  für die gesamte Pfadlänge berechnet.  $f(x)$  besteht aus einem Teil  $g(x)$  welches die effektiven Kosten vom Startknoten zum aktuellen Knoten berechnet. Der andere Teil  $h(x)$  ist ein heuristischer Wert, der die Pfadkosten bis zum Zielknoten approximiert. Dieser Wert muss die effektiven Kosten zum Ziel immer unterschätzen. Dies ist in unserem Spiel dadurch gegeben, dass sich die Ameisen nicht diagonal bewegen können, wir aber für den heuristischen Wert die Luftlinie zum Ziel verwenden. Die Pfadsuche wird immer bei dem Knoten fortgesetzt welcher die kleinsten Kosten  $f(x)$  hat.

Die Abbildung 3.4 zeigt den effektiven Pfad (grau) vom zu expandierenden roten Knoten mit den minimalen Kosten von 10 Pixel. Die Luftlinie (blau) als heuristischer Wert hat aber nur eine Länge von 7.6 Pixel. Damit erfüllt unsere Heuristik die Anforderungen des Algorithmus.

Dieser A\*-Algorithmus wird in unserem Code für eine Pfadsuche über alle Pixel (jedes Pixel ist ein Node) verwendet. Der gleiche Code wird aber auch für die Pfadsuche mit dem Pfadnetz des HPA\* verwendet.

#### 3.4.3 HPA\* Algorithmus

Eine Pfadsuche A\* über alle Pixel ist sehr teuer, da es viel Pfade gibt, die zum Teil nur ein Pixel nebeneinander liegen. Es werden bis zum Schluss verschiedenen Pfaden nachgegangen. Abhilfe zu dieser sehr feinmaschigen Pfadsuche bietet der Hierarchical Pathfinding A\* bei welchem im sogenannten Clustering über mehrere Pixel verlaufende Kanten und Knoten berechnet werden.

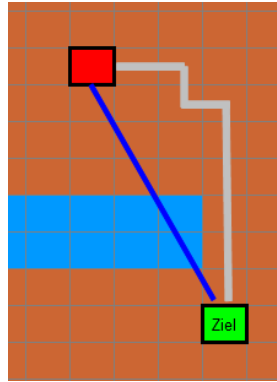


Abbildung 3.4: Heuristische Kosten (blau), Effektive Kosten (grau)

## Clustering

Das Clustering wird während dem ClusteringTask ausgeführt, Dabei wird die Landkarte in sogenannte Clusters unterteilt. Auf dem Bild 3.5 wurde die Karte in 16 Clusters aufgeteilt.

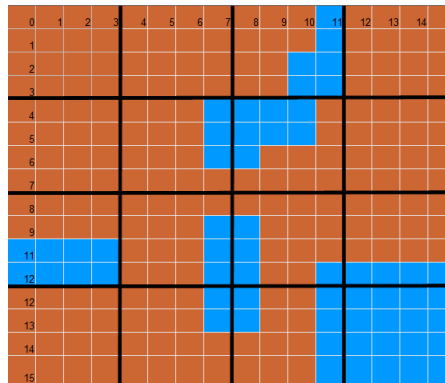


Abbildung 3.5: Clustereinteilung auf der Landkarte. Clustergrösse 4x4, Landkarte 16x16

Danach werden für jeden Cluster und einen Nachbar-Cluster aus der Vierer-Nachbarschaft die Verbindungskanten berechnet. Dies kann natürlich nur für Clusters gemacht werden die auf einem sichtbaren Teil der Landkarte liegen, was zu Beginn des Spiel nicht gegeben ist. Deshalb wird der ClusteringTask in jedem Spielzug aufgerufen, in der Hoffnung ein Cluster komplett verbinden zu können. Sobald eine beliebige Seite eines Clusters berechnet ist, wird diese Aussenkante im Cluster und dem anliegenden Nachbar gespeichert und nicht mehr neu berechnet.

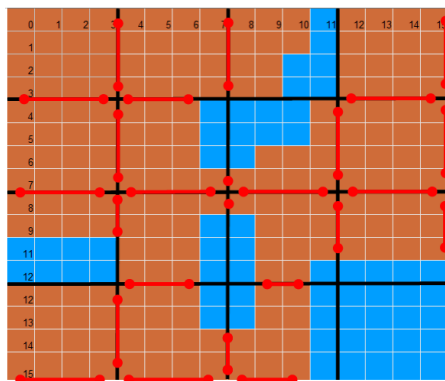


Abbildung 3.6: Die Kanten jedes Clusters wurden berechnet

Sobald ein Cluster zwei oder mehrere Aussenkanten kennt berechnet er die Innenkanten mit A\* welche die Knoten der Aussenkanten verbinden. Dies ergibt nun ein Pfadnetz über die Gesamtkarte. Im nachfolgenden Bild sind die



Innenkanten (gelb) ersichtlich, die bei den ersten 8 Cluster berechnet wurden.

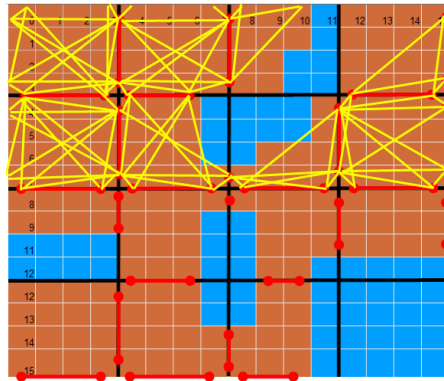


Abbildung 3.7: Darstellung der Innenkanten

In der Abbildung 3.8 wird ein Pfad vom Pixel (3,9) nach (13,9) mittels HPA\* gesucht (grüne Punkte). Zuerst wird eruiert in welchem Cluster sich das Start- bzw Zielpixel befindet. Danach wird in dem gefundenen Cluster ein Weg zu einem beliebigen Knoten auf der Clusterseite gesucht. Sind diese Knoten erreicht (blaue Pfade), wird nun das vorberechnete Pfadnetz mittels bereits beschriebenen A\* Algorithmus verwendet um die beiden Knoten auf dem kürzesten möglichen Pfad (gelb) zu verbinden.<sup>1</sup>

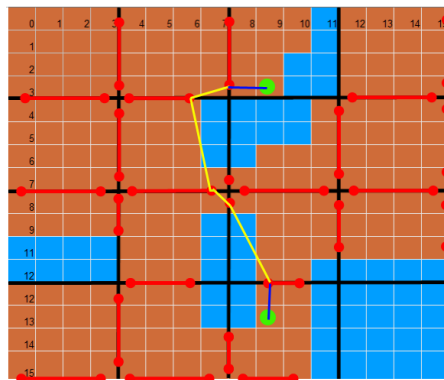


Abbildung 3.8: Errechneter Weg mittels HPA\*

## 3.5 Strategie

## 3.6 Ants

## 3.7 Tasks

Zu Beginn des Projekts haben wir die wichtigsten Aufgaben einer Ameise identifiziert. Diese Aufgaben wurden als Tasks in eigenen Klassen implementiert. Das Interface Task<sup>2</sup> definiert eine setup()-Methode welche den Task initiiert, sowie eine perform()-Methode welche den Task ausführt. Im Programm werden die Tasks nach deren Wichtigkeit ausgeführt, was auch der nachfolgenden Reihenfolge entspricht. Jedem Task stehen nur die unbeschäftigten Ameisen zur Verfügung, d.h. jene welchen noch keine Aufgabe zugeteilt wurde.

<sup>1</sup>Der resultierende Pfad könnte mittels Pathsmoothing verkürzt werden. Dies wurde aber in unserer Arbeit nicht implementiert.

<sup>2</sup>Das Interface ist im Code unter ants.tasks.Bot.Java auffindbar.

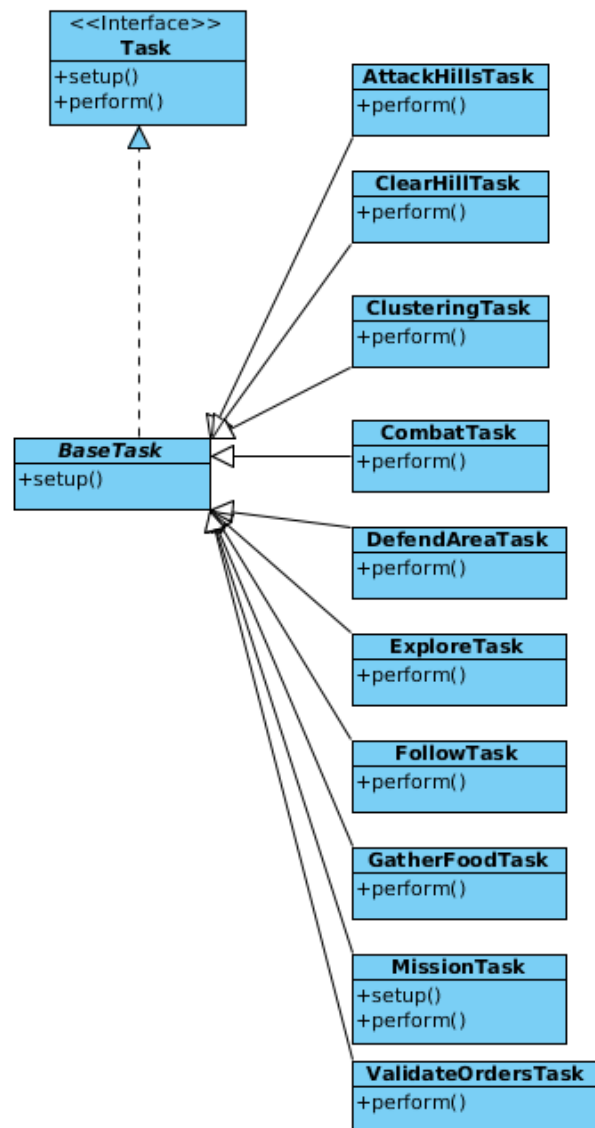


Abbildung 3.9: Tasks

### MissionTask

Dieser Task prüft alle aktuellen Missionen auf deren Gültigkeit, beispielsweise ob die Ameise der Mission den letzten Zug überlebt hat und die Mission weiterführen kann. Falls gültig, wird der nächste Schritt der Mission ausgeführt.

### GatherFoodTask

Für jedes Food-Tile werden in einem definierbaren Radius  $r$  die nächsten Ameisen bestimmt. Danach wird nach aufsteigender Luftliniendistanz mit dem Pfadsuchalgorithmus SIMPLE (s. Abschnitt 3.4.1) oder – falls dieser keinen Pfad gefunden hat – mit A\* eine passierbare Route gesucht. Wenn ein Pfad existiert, kann mit der Ameise und dem Food-Tile eine GatherFoodMission erstellt werden, welche die Ameise zum Food-Tile führt. Zu jedem Food-Tile wird immer nur eine Ameise geschickt.



### **AttackHillsTask**

Sobald gegnerische Ameisenhaufen sichtbar sind, sollen diese angegriffen werden. Das Zerstören eines gegnerischen Haufens ist wie erwähnt 2 Punkte wert. Die Kriterien, nach denen ein Pfad zum gegnerischen Haufen gesucht wird, sind die selben wie beim GatherFoodTask, ausser dass mehrere Ameisen das Ziel angreifen können. Es wird eine AttackHillMission erstellt.

### **CombatTask**

Beim Angriffstask wird berechnet ob wir in einem Kampfgebiet (definiert über den Sichtradius einer Ameise) die Überhand, d.h. mehr Ameisen platziert haben. Falls ja, wird die gegnerische Ameise angegriffen.

### **DefendAreaTask**

Dieser Task wäre vorgesehen um eine Region wie zum Beispiel den eigenen Ameisenhügel zu schützen. Dieser Task wurde im Zuge dieser Arbeit nicht implementiert.

### **ExploreTask**

Für alle noch unbeschäftigten Ameisen wird mittels ManhattanDistance der nächste Ort gesucht, der noch nicht sichtbar, also unerforscht ist. Falls ein Pfad mittels Pfadsuchalgorithmus gefunden wird, wird eine ExploreMission (s. Abschnitt ??) erstellt. Die Ameise wird den gefundenen Pfad in den nächsten Spielzügen ablaufen.

### **FollowTask**

Der FollowTask ist für Ameisen angedacht welche aktuell keine Aufgabe haben. Diese Ameisen sollen einer nahe gelegenen, beschäftigten Ameise folgen, damit diese nicht alleine unterwegs ist.

### **ClearHillTask**

Dieser Task bewegt alle Ameisen, welche neu aus unserem Hügel "schlüpfen", vom Hügel weg. So werden nachfolgende Ameisen nicht durch diese blockiert.

### **ClusteringTask**

Der ClusteringTask wird als Vorbereitung für den HPA\* Algorithmus verwendet. Hier wird für alle sichtbaren Kartenregionen ein Clustering vorgenommen. Das Clustering wird im Kapitel 3.4.3 im Detail beschreiben.

## **3.8 Missionen**

Eine Mission dauert über mehrere Spielzüge. Die meisten Missionen (GatherFoodMission, ExploreMission, AttackHillMission, AttackAntMission) sind Pfadmissionen<sup>3</sup>, bei welchen die Ameise einem vorgegebenen Pfad, der bereits beim Erstellen der Mission berechnet wurde, folgt. Die FollowMission ist eine spezielle Mission, mit der eine Ameise einfach einer anderen Ameise hinterherläuft.

Eine Mission kann auch abgebrochen werden, wenn es keinen Sinn mehr macht, sie weiter zu verfolgen. Je nach spezifischer Mission sind aber die Abbruchbedingungen anders. Zum Beispiel die GatherFoodMission ist nur solange gültig wie das Futter noch nicht von einer anderen Ameise eingesammelt wurde. Abbildung 3.10 zeigt einen Überblick über die wichtigsten Missionen und ihre Hierarchie.

---

<sup>3</sup>Die abstrakte Klasse PathMission ist im Code unter ants.missions.PathMission.java auffindbar.

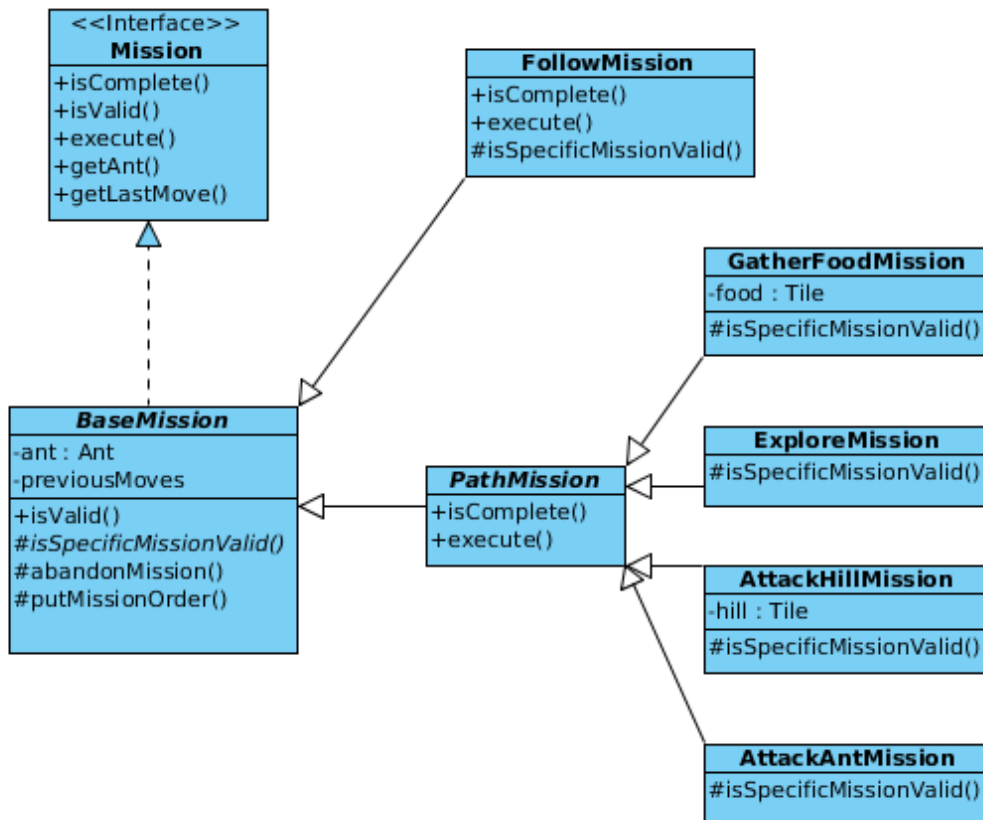


Abbildung 3.10: Missionen

### 3.8.1 Profile

## 3.9 Logging

## 3.10 JavaScript Addon für HMTL-Gameviewer

Das Codepaket welches von den Challenge-Organisatoren mitgeliefert wird, bietet bereits eine hilfreiche 2D-Visualisierung des Spiels, mit welchem das Spielgeschehen mitverfolgt werden kann. Die Visualisierung wurde mit HMTL und Javascript implementiert. Leider ist es nicht möglich zusätzliche Informationen auf die Seite zu projizieren. Deshalb haben wir den Viewer mit einer solchen Funktion erweitert. Mit der Codezeile `Logger.liveInfo(...)` kann eine Zusatzinformation geschrieben werden. Es muss definiert werden mit welchem Zug und wo auf dem Spielfeld die Infomation angezeigt werden soll. Im Beispiel wird an der Position der Ameise ausgegeben welchen Task die Ameise hat.

```

Logger.liveInfo(Ants.getAnts().getTurn(), ant.getTile(),
    "Task: %s ant: %s", issuer, ant.getTile());
  
```

Auf der Karte wird ein einfaches aber praktisches Popup mit den geschriebenen Informationen angezeigt. Dank solcher Zusatzinformationen muss nicht mühsam im Log nachgeschaut werden, welcher Ameise wann und wo welcher Task zugeordnet ist.

Das angezeigte Popup zeigt welchen Task (GatherFoodTask) die Ameise hat, wo sie sich befindet `<r:28 c:14>`, welches Futterpixel angesteuert wird `<r:35 c:13>` und welchen Pfad dazu berechnet wurde.

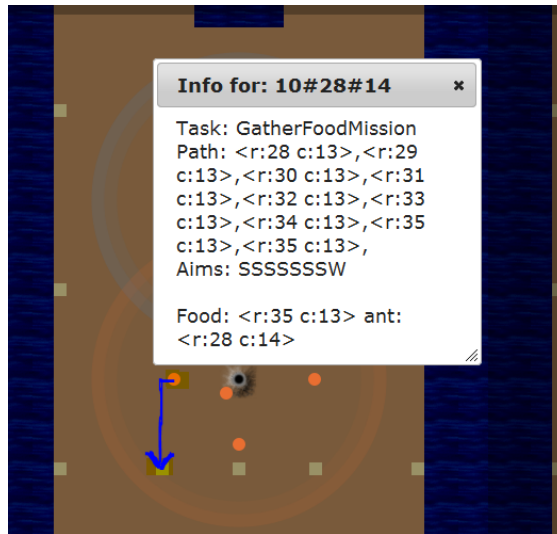


Abbildung 3.11: Das Popup zeigt die Aufgabe und den Pfad (blau), welcher die Ameise ablaufen wird.

### 3.11 Testreader







## 4 TestCenter

todo besserer name

### 4.1 Unit- und Funktionstests

### 4.2 Verschiedene Bots

### 4.3 Testreport Profile





## 5 Spielanleitung

Dieser Anhang beschreibt kurz, wie ein Spiel mit unserem Bot ausgeführt werden kann.

Das File `Ants.zip` enthält das Eclipse-Projekt mit dem gesamten Source-Code unserer Implementation, und der offiziellen Spiel-Engine. Zum einfachen Ausführen eines Spiels haben wir ein ANT-Buildfile (`build.xml`) erstellt. Dieses definiert 3 Targets, mit denen ein Spiel mit jeweils unterschiedlichen Parametern gestartet werden kann.

1. Das Target `testBot` ist lediglich zum einfachen Testen eines Bots sinnvoll und entspricht dem Spiel, das verwendet wird, um Bots, die auf der Website hochgeladen werden, zu testen.
2. Das Target `runTutorial` führt ein Spiel mit den Parametern aus, die im Tutorial auf der Website zur Erklärung der Spielmechanik verwendet werden.
3. Das Target `maze` führt ein Spiel auf einer komplexeren und grösseren, labyrinthartigen Karte aus und ist das interessanteste von den 3.

Im Unterordner `tools` befindet sich die in Python implementierte Spiel-Engine. Unter `tools/maps` liegen noch weitere vordefinierte Umgebungen, und unter `tools/mapgen` liegen verschiedenen Map-Generatoren, die zur Erzeugung beliebiger weiterer Karten verwendet werden können.

Im Unterordner `tools/sample_bots` befinden sich einige einfache Beispiel-Bots, gegen die man spielen kann. Viele der Teilnehmer haben zudem ihren Quellcode auf dem Internet publiziert, an möglichen Gegner besteht also auch kein Mangel.