



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Learn and Optimize

Torben Wallbaum, BSc.

Master-Seminar - Thesis Outline

Learn and Optimize

Torben Wallbaum, BSc.

Thesis Outline eingereicht im Rahmen von Master-Seminar
im Studiengang Master Informatik
Department Informatik
in der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Professor : Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck
Betreuender Professor : Prof. Dr. rer. nat. Gunter Klemke

Abgegeben am 27. Februar 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	4
2	Ziele der Masterthesis	5
3	Vorarbeiten zur Masterthesis	6
3.1	Projekt 1	6
3.2	Projekt 2	7
4	Technische Komponenten und Ansätze	8
4.1	Modellbasierte Ansätze	8
4.1.1	Zero Moment Point	9
4.1.2	Inverted Pendulum	9
4.2	Modellfreie Ansätze	9
4.2.1	Passiv Dynamic Walking	10
4.2.2	Central Pattern Generator	10
4.3	Metaheuristiken	10
4.3.1	Genetic Algorithm	11
4.3.2	Particle Swarm Optimization	12
4.4	Geplante Ansätze innerhalb der Masterthesis	12
5	Risiken und deren Einschätzung	13
6	Zusammenfassung	14
	Literaturverzeichnis	15
	Abbildungsverzeichnis	16

1 Einleitung und Motivation

Zwei- oder mehrbeinige Laufbewegungen stellen auch mit modernster Technik höchste Anforderungen an die Entwickler. Besonders der Bereich der zweibeinigen Bewegung stellt hohe Anforderungen an Balance und Regelung. Die Umsetzung solcher Systeme ist komplex, auch wenn es schon erfolgreiche Beispiele gibt, wie etwa Asimo — ein zweibeiniger Roboter der Firma Honda [3]. Gerade mit steigender Anzahl der Freiheitsgrade (DOF - Degree of Freedom) stoßen Methoden der analytischen Problemlösung an ihre Grenzen.

Eine dieser Methoden ist die inverse Kinematik, welche auf der rückwirkenden Positionierung der Gelenke eines Roboters basiert. Die mathematische Lösung des Systems wird mit wachsender Anzahl an beteiligten Gelenken sehr umfangreich und somit zunehmend weniger sinnvoll. Forschungen auf diesem Gebiet sind sehr ausgereift und werden stetig verbessert. Trotzdem sind grundlegende Probleme wie Berechenbarkeit und hohe Komplexität weiterhin vorhanden. Insbesondere bei der Echtzeitgenerierung von Bewegungen wird man durch diverse Herausforderungen zu schnellem Umdenken gezwungen.

Ein möglicher Weg ist die Regelung der Steuerung mittels Lern- und Optimierungsverfahren. Hierzu werden sogenannte Metaheuristiken eingesetzt, um die Bewegungen zu optimieren bzw. anzulernen. Die Bewegungen der Gelenke werden hier durch den Einsatz von neuronalen Oszillatoren erzeugt und durch die o.g. Optimierungsverfahren an das gewünschte Verhalten angepasst. Diese Thesis Outline soll einen Überblick über das Gebiet geben und die geplante Vorgehensweise bei der Umsetzung der Masterthesis aufzeigen.

2 Ziele der Masterthesis

Ziel der Masterthesis ist es, eine Simulation zur zweibeinigen Laufbewegung eines Robotermodells zu erstellen. Um das genannte Ziel umzusetzen, sollen zwei Hauptbestandteile zum Einsatz kommen. Der erste davon ist die Erzeugung von Bewegungen an den Gelenken des Roboters. Hierzu wird der Ansatz der Central Pattern Generators genutzt. Basierend auf einem mathematischen Model von Auke Jan Ijspeert et al. [4], sollen diese neuronalen Oszillatoren die repetitiven Bewegungen der Gelenke ermöglichen.

Den zweiten Bestandteil stellen die Metaheuristiken dar, welche zur Optimierung der Parameter der Oszillatoren verwendet werden. Hierbei kann aus einer großen Anzahl von verschiedenen Methoden gewählt werden. Zwei dieser Verfahren werden im Kapitel Metaheuristiken 4.2.2 vorgestellt. Das Verfahren der genetischen Algorithmen soll für die Optimierung innerhalb der Masterthesis verwendet werden.

Zur Umsetzung wird die Plattform Matlab, sowie das Plugin Simulink verwendet. Sowohl Matlab als auch Simulink bieten bereits viele Verfahren und implementierte Algorithmen, die während der Bearbeitung evtl. benötigt werden. Zusätzlich wird die Robotics Toolbox [1] genutzt, welche bei einfacher Handhabung eine ausreichend gute Visualisierung ermöglicht.

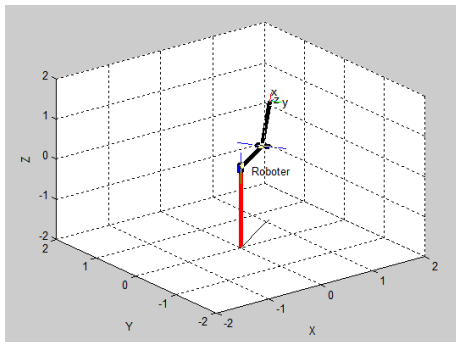


Abbildung 2.1: Robotics Toolbox [1]

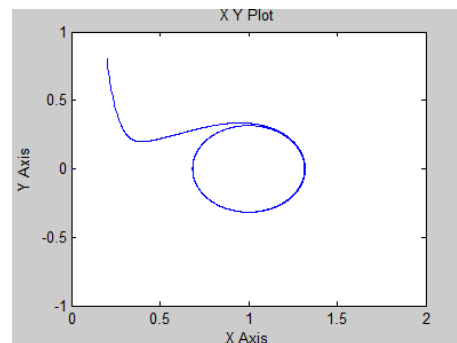


Abbildung 2.2: CPG nach Ijspeert et al. [4]

3 Vorarbeiten zur Masterthesis

Die Vorarbeiten zur Thematik der Masterthesis wurden in den Projekten Eins und Zwei durchgeführt. Diese dienten zum einen der Einarbeitung in das Themengebiet und zum anderen der Erprobung von Mechanismen und Herangehensweisen. Dies kann bei den Arbeiten zur Masterthesis hilfreich sein sowie eventuelle Schwierigkeiten rechtzeitig aufzeigen. So können Ansätze, die während der Projekte verfolgt wurden, sich als gänzlich unpraktikabel oder unnötig herausstellen. Um hierauf aufmerksam zu werden, ist es wichtig, während der Projektphasen verschiedene Ansätze zu erkunden und zu evaluieren. Im Anschluss sollen die Vorarbeiten vorgestellt werden, welche innerhalb der Projekte durchgeführt und erprobt wurden.

3.1 Projekt 1

Das Projekt 1 diente vornehmlich der Identifizierung des zu bearbeitenden Gebietes sowie der Einarbeitung in dieses. Hierzu zählten zum einen die neuronalen Oszillatoren, welche biologisch motivierte Oszillationen erzeugen und zum anderen der Bereich der Computational Intelligence (im folgenden CI genannt), welches ein Gebiet der Künstlichen Intelligenz darstellt.

Im Bereich der neuronalen Oszillatoren wurde besonders das Model nach Kiyotoshi Matsuo [7] betrachtet. Dieses Model von Oszillatoren ist gut erforscht und bringt eine solide Grundlage für weitere Arbeiten mit sich. Das verwendete mathematische Model ist einfach gehalten und somit hilfreich das Verhalten des Models zu verstehen, zudem ist es leicht umzusetzen. Die erzeugten Oszillationen sollen genutzt werden, um die Gelenke des Models zu bewegen. Somit ist es möglich, repetitive Bewegungen zu initiieren, welche zunächst unabhängig vom angedachten Anwendungszweck sind. Zugleich hat diese Art der Steuerung den Vorteil, dass nahezu alle Bewegungen erzeugt werden können — wenn sie denn einen repetitiven Charakter haben. Es ist zudem möglich, die Art der Bewegung zur Laufzeit zu verändern oder gänzlich zu wechseln. Hierzu siehe die Arbeiten von Auke Jan Ijspeert et al. zu einem künstlichen Salamander [5]. Durch die Einbindung eines Feedbacks kann außerdem auf Veränderungen und Störungen aus der Umgebung reagiert und die Bewegungen entsprechend angepasst werden. Da es noch weitere Modelle gibt, die geeignet wären, um die gewünschten Oszillationen zu erzeugen, sollte das Projekt Zwei dazu genutzt werden, diese ebenfalls zu evaluieren und ihre Besonderheiten herauszuarbeiten.

Die Einarbeitung in das Gebiet der CI erfolgte während des ersten Projektes nicht in vollem Umfang. Da allein dieser Bereich der Künstlichen Intelligenz eine Vielzahl an Methoden und Verfahren beinhaltet, wurde aus diesen lediglich ein Teilbereich bearbeitet: die evolutionären Algorithmen und die Methoden der genetischen Algorithmen. Diese

Methoden gehören zu den biologisch inspirierten Algorithmen und finden im Bereich der Optimierung Verwendung. Genutzt wird diese Art der Optimierung innerhalb dieses Projektes zur Parametrisierung der Oszillatoren. Leider konnte dieser Aspekt der erlernten Laufsimulation im ersten Projekt aus zeitlichen Gründen nicht umgesetzt werden. Jedoch wurde die Thematik aufgearbeitet und verstanden. Es gibt zahlreiche Optimierungsmethoden, die sich anbieten, um ein solches Optimierungsproblem zu lösen. Der Aufbau und Ablauf einer solchen - biologisch inspirierten - Optimierung und weitere Methoden und Algorithmen werden im Kapitel zu den Metaheuristiken 4.2.2 aufgeführt und erklärt.

Detaillierte Erklärungen und eine genauere Ausführung der Arbeiten innerhalb des Projektes 1, sind in der dazu gehörigen Ausarbeitung zu finden. Siehe dazu Simulation evolutionärer Laufbewegung mittels Matlab (Wallbaum 2010)[9].

3.2 Projekt 2

Die Arbeiten innerhalb des Projektes 2 sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen. Allerdings sollen hier die geplanten Schritte und die Erweiterungen im Vergleich zum ersten Projekt dargelegt werden.

Das Projekt Zwei soll dazu dienen weitere Methoden und Ansätze zu evaluieren, um diese im Anschluss miteinander Vergleichen zu können. So wurde auf dem Gebiet der neuronalen Oszillatoren ein neues Model verwendet. Dieses Model ist von Ijspeert an der EPFL in Lausanne entwickelt worden und basiert auf den mathematischen Erkenntnissen und Annahmen aus dem Bereich der harmonischen Oszillatoren. Diese werden hier als Grundlage genutzt, um die gewünschten Oszillationen zu erzeugen. Auch wenn das Model im Vergleich zum Model von Matsuoka [7] noch neu ist und wenig untersucht wurde, bietet es durch seinen mathematischen Aufbau gute Möglichkeiten zur Kontrolle der resultierenden Schwingungen. Hierbei können die gewünschte Frequenz sowie die Amplitude über Parameter leicht bestimmt und beeinflusst werden. Das System wurde ebenso wie das von Matsuoka im ersten Projekt mittels Simulink in Matlab umgesetzt. Dieses ist aufgrund des mathematischen Models etwas umfangreicher.

Im Bereich der CI sollen im Projekt 2 weitere Methoden und Ansätze verfolgt werden, um die gewünschten Optimierungen durchzuführen. Hierbei steht eine große Auswahl an Algorithmen zur Verfügung. Eine weitere Methode, die auch im Kapitel zu Metaheuristiken genauer vorgestellt werden soll, ist die der Particle Swarm Optimization (PSO). Dieses Verfahren nutzt die Simulation von Partikelbewegungen anhand eines mathematischen Models, um zu einer geeigneten Lösung zu gelangen.

Das Ziel des zweiten Projektes soll es sein, einen zwei-gelenkigen Roboterarm die Bewegung einer Kreisbahn ausführen zu lassen. Hierzu werden die Gelenke mittels der Oszillatoren bewegt. Das System soll dabei selber erlernen, die benötigten Bewegungen für eine Kreisbahntrajektorie zu bestreiten. Zur Optimierung der Parameter des Systems wird eine der beiden hier vorgestellten Metaheuristiken verwendet. Eine detaillierte Beschreibung der Umsetzung folgt innerhalb des dazugehörigen Projektberichtes.

4 Technische Komponenten und Ansätze

4.1 Modellbasierte Ansätze

Zur Realisierung einer Bewegung von zum Beispiel Robotern oder Modellen innerhalb einer Simulation existieren verschiedene grundlegende Herangehensweisen. Hauptsächlich kann zwischen zwei wichtigen Kategorien unterschieden werden. Diese sind zum einen die modellbasierten Ansätze und zum anderen die modellfreien Ansätze. Verfahren aus beiden Herangehensweisen bieten sowohl Vor- als auch Nachteile und müssen dem Anwendungszweck entsprechend gewählt werden. Im Folgenden sollen die modellbasierten Methoden dargelegt und ihre Mechanismen erläutert werden.

Der wichtigste Unterschied der modellbasierten Verfahren zu den modellfreien Verfahren liegt darin, dass für die modellfreien Ansätze zunächst ein ausreichend umfangreiches Modell des Objektes erstellt werden muss, welches die Bewegung durchführen soll. Ist zum Beispiel ein Roboter zu bewegen, muss ein Modell dieses Roboters erzeugt werden, welches alle wichtigen Merkmale beinhaltet. Hierzu gehören Abmessungen, Gewichte, Positionen der Gelenke, Reibungskräfte und andere wichtige Parameter. Dies ist zuweilen ein langwieriger Prozess und nicht immer in vollem Umfang durchführbar. Es kann vorkommen, dass das vorliegende Modell dem zu modellierenden Objekt nicht exakt entspricht, was bei der weiteren Verwendung der erhobenen Daten zu Problemen führen kann.

Ein weiterer Nachteil der modellbasierten Herangehensweise ist, dass die erhobenen Daten lediglich für ein bestimmtes Modell Gültigkeit haben. So können die Daten ausschließlich für Simulationen des modellierten Objektes verwendet und nicht auf weitere reale Objekte übertragen werden. Somit ist es für jedes Objekt, welches innerhalb einer Simulation verwendet werden soll, notwendig, alle vorhandenen Merkmale in einem Modell zur Simulation abzubilden. Es wird dadurch schwierig, auf Änderungen am realen Objekt zu reagieren und somit die Simulationen entsprechend der Änderungen anzupassen.

Diese modellbasierte Herangehensweise bringt allerdings auch Vorteile mit sich. Hierzu gehört die relativ einfache Implementierung von Features, wenn ein ausreichend genaues Modell zur Verfügung steht. Auch können durch analytische Methoden zur Berechnung der Modellbewegungen Vorhersagen über das Ergebnis der Algorithmen gemacht werden. Dies ist von Vorteil bei der Implementierung auf einem realen Gerät. So kann es bei den im Kapitel „Modellfreie Ansätze“ vorgestellten Verfahren zu unerwartetem Verhalten der Simulation oder der realen Objekte kommen.

Zu den Verfahren, die in den Bereich der modellbasierten Verfahren eingeordnet werden können, gehören unter anderen das Zero Moment Point sowie das Inverted Pendulum.

4.1.1 Zero Moment Point

Erstmals 1968 von Miomir Vukobratovic vorgestellt, beschreibt das Zero Moment Point Verfahren ein Konzept zur Steuerung der Laufbewegung von zwei- oder mehrbeinigen Robotern. Mittels dieses Verfahrens kann der Punkt bestimmt werden, an dem beim Kontakt von Fuß und Grund keine Momente auftreten. Dies ist somit der Punkt, an dem die Summe der Trägheitskräfte gleich null ist. Nachteilig bei diesem Verfahren sind zwei wichtige Annahmen. Zum einen muss die Kontaktfläche zwischen Fuß und Grund eine flache Ebene sein, zum anderen ist es wichtig, dass der Boden eine gewisse Reibungskraft besitzt, um das Rutschen des Roboters auf der Fläche zu verhindern.

4.1.2 Inverted Pendulum

Als Inverted Pendulum wird ein Pendel bezeichnet, welches den Schwerpunkt über dem Pivot-Punkt trägt. Um das Pendel in der Balance zu halten, muss es durch einen Regler aktiv gesteuert werden. Die Algorithmen zur Steuerung finden ebenso auch im Gebiet der Robotik Anwendung, so zum Beispiel bei der aktiven Steuerung eines aufrecht gehenden humanoiden Roboters. Ebenso wie beim Zero Moment Point-Verfahren muss auch bei der Steuerung durch die Ansätze des Inverted Pendulum ein komplettes Modell des zu regelnden Objektes vorhanden sein.

4.2 Modellfreie Ansätze

Im Vergleich zu den modellbasierten Ansätzen liegt bei modellfreien Ansätzen der Vorteil in der Entkopplung vom tatsächlichen Objekt. Die hier eingesetzten Techniken ermöglichen eine Nutzung der Verfahren, ohne dabei ein umfangreiches physikalisches Modell des Objektes zu erstellen. Ein weiterer Vorteil ist, dass aufgrund des nicht benötigten Modells die Verfahren auf unterschiedlichen realen Objekten ausgeführt werden können. So ist es nicht unbedingt nötig, bei einer Veränderung der Plattform die Implementierung zur Bewegungssteuerung entsprechend anzupassen. Da die Erstellung eines Modells nicht nötig ist und die implementierten Verfahren leicht wiederverwendet werden können, wird die Erstellung einer Bewegungssteuerung durch diese Verfahren vereinfacht. Um die gewünschte Steuerung der Bewegung zu erhalten, können unterschiedliche Verfahren und Algorithmen zum Einsatz kommen. Oftmals werden am Objekt bzw. am Modell innerhalb einer Simulation Sensor-Informationen erzeugt, um diese in die Regelung mit einzu beziehen. So ist es auch möglich, auf äußere Bedingungen zu reagieren. Ändert sich zum Beispiel die Bodenbeschaffenheit, auf dem die Laufbewegungen ausgeführt werden, so kann dies bei der Steuerung durch den Algorithmus mit berücksichtigt und entsprechend reagiert werden.

Nachteilig bei dieser Art von Verfahren ist, dass eine genaue Vorhersage der Ergebnisse nicht möglich ist. So kann das System in bestimmten Situationen eine vollkommen andere Reaktion zeigen, als erwartet. Dies ist besonders bei empfindlichen und kostspieligen Systemen oder beim Umgang der Systeme mit Menschen ein großes Problem. Um eine Beschädigung oder die Gefährdung von Menschen zu verhindern, müssen hier entsprechende Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

Innerhalb dieses Gebietes existieren einige wichtige Verfahren. Zwei Verfahren sollen nachfolgend vorgestellt werden. Dies sind zum einen das Passive Dynamic Walking sowie das Gebiet der Central Pattern Generators.

4.2.1 Passiv Dynamic Walking

Die Erzeugung von Laufbewegungen mittels des Passiv Dynamic Walking Verfahrens ermöglicht zum einen die Reduzierung der Aktuatoren innerhalb eines Objektes, sowie zum anderen die effizientere Nutzung der vorhandenen Kräfte im System. Mittels dieses Verfahrens wird versucht, die vom System erzeugten Momente zu erhalten und für eine Vorwärtsbewegung zu nutzen. Hierbei spielt die schwingende Bewegung der Gliedmaßen eine wichtige Rolle. Diese schwingenden Bewegungen werden genutzt, um den gesamten Körper in eine Bewegung zu versetzen. Veröffentlicht im Jahr 1990 durch Tad McGeer [8], handelt es sich um ein Verfahren, welches schon erfolgreich eingesetzt wurde. Aufgrund der Effizienz und Einsparung von Aktuatoren wie zum Beispiel Motoren zur Bewegung der Gelenke ist es ein viel genutztes Verfahren.

4.2.2 Central Pattern Generator

Central Pattern Generator orientieren sich konzeptuell an einem biologischen Vorbild, welches innerhalb der Wirbelsäule bei Wirbeltieren zu finden ist. CPGs ermöglichen, durch oszillierende Schwingungen eine Bewegung der Gelenke zu erzeugen. Dies ist die Grundlage, um komplexe Bewegungsabläufe erreichen zu können. Zur Erzeugung der Schwingungen existieren mehrere mögliche Ansätze. Die ersten Ansätze wurden von Kiyotoshi Matsuoka im Jahr 1987 vorgestellt [7]. Ein weiterer neuerer Ansatz zur Generierung der Oszillationen basiert auf den Arbeiten von Auke Jan Ijspeert et al. [4]. Dieser baut auf dem mathematischen Model der harmonischen Schwingung auf und erweitert diese um die Möglichkeit zur Beeinflussung der Parameter und des Verhaltens der erzeugten Oszillationen. Weitere Informationen und detailliertere Beschreibungen wurden innerhalb der Ausarbeitung zum Projekt 1 dargelegt. Hierzu siehe Wallbaum 2010 [9].

4.3 Metaheuristiken

Aus den oben vorgestellten Herangehensweisen soll innerhalb der Masterthesis das Verfahren des Central Pattern Generator verwendet werden. Dies liegt vorallem darin begründet, dass die erzeugten Oszillationen für unterschiedliche Anwendungszwecke genutzt

werden können. Voraussetzung ist hierbei immer ein repetitiver Charakter der Bewegung. So ist es möglich, die implementierten Oszillatoren auch für andere Projekten zu nutzen. Da die Art der erzeugten Schwingung von mehreren Parametern abhängig ist — pro Gelenk sechs Parameter bei dem Model nach Ijspeert — müssen diese Parameter richtig eingestellt werden, um die gewünschte Schwingung zu erhalten. Da dieser Suchraum bei einer höheren Anzahl an Gelenken und somit Oszillatoren schnell ansteigt, wird hier eine Lösung mittels Metaheuristiken gewählt. Hierbei handelt es sich um Techniken zur Optimierung von Problemstellungen, meist basierend auf biologisch inspirierten Algorithmen. Das Gebiet der Metaheuristiken existiert seit längerer Zeit und beinhaltet eine große Anzahl an Verfahren, die es ermöglichen, einen zumeist sehr großen Suchraum nach einer nahezu optimalen Lösung zu durchsuchen. Im Gegensatz zu analytischen Methoden kann hier nicht garantiert werden, dass diese optimalste Lösung gefunden wird. Dafür bieten diese Algorithmen ein breites Anwendungsspektrum und benötigen keine direkten Annahmen über das Problem als solches.

Die Verfahren ähneln sich oft in ihren grundsätzlichen Abläufen und stellen sich wie folgt dar. Zunächst wird ein kodiertes Parameterset initialisiert. Hierbei wird eine randomisierte Zuweisung von Werten verwendet, um einen Startzustand für die Optimierung zu ermöglichen. Im Anschluß erfolgt eine Evaluierung bzw. Bewertung der möglichen Lösungskandidaten. Diese Bewertung erfolgt — wie zum Beispiel bei einem evolutionären Ansatz — durch die Berechnung einer Fitness-Funktion. Im Anschluss werden aus den bestbewerteten Kandidaten neue Kandidaten generiert oder die zu diesem Zeitpunkt beste Lösung als neues Optimum angenommen. Ist für das Optimum keine weitere Verbesserung erkennbar oder das Ende des Optimierungsprozesses erreicht, wird der letzte, beste Kandidat als Optimum angenommen. Im Folgenden sollen zwei dieser Herangehensweisen kurz vorgestellt werden.

4.3.1 Genetic Algorithm

Genetische Algorithmen [2] orientieren sich am Vorbild des Prinzips „Survival of the Fittest“. Hierbei werden die jeweiligen Lösungskandidaten einer Generation durch eine Fitness-Funktion bewertet, anschließend werden aus den besten Genen die neuen Kindgenerationen erzeugt. Die Eigenschaften der Individuen — und somit die Parameter der Oszillatoren — werden in einer Sequenz aus Werten repräsentiert. Um aus einem Paar von Individuen eine neue Generation zu erstellen, bedient man sich des Crossover-Verfahrens. Hierbei werden die kodierten Eigenschaften — zum Beispiel je zur Hälfte — an die neuen Individuen weitergegeben. Im einfachsten Fall werden die Gene an einem vorher bestimmten Punkt getrennt und neu zusammengefügt. Um das explorative Verhalten des Algorithmus zu bestärken, werden mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit Mutationen am Gen vorgenommen. Hierbei werden die kodierten Eigenschaften zufällig geändert. Diese Methode ist umstritten, da bei der Mutation auch schlechtere Lösungskandidaten entstehen können.

4.3.2 Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization [6] ist eine weitere Möglichkeit zur Optimierung von gegebenen Problemstellungen. Hierbei wird eine Menge von Partikeln anhand einer mathematischen Funktion innerhalb eines Lösungsraumes bewegt. Bei jedem Durchlauf werden die jeweiligen besten Positionen eines einzelnen Partikels sowie des gesamten Schwarmes berechnet. Ebenso wird innerhalb jeder Iteration die aktuelle Beschleunigung eines Partikels berechnet und somit auch die Richtung seiner Bewegung. Nach einer endlichen Laufzeit konvergieren die Partikelposition gegen eine nahezu optimale Lösung im Lösungsraum.

4.4 Geplante Ansätze innerhalb der Masterthesis

Aus den oben vorgestellten Ansätzen und Herangehensweisen sollen folgende zur Umsetzung der Masterthesis verwendet werden. Um die Gelenke des Simulationsmodel zu bewegen, werden Central Pattern Generators nach Ijspeert et al. [4] verwendet. Diese können in ihrem Verhalten gut abgeschätzt werden, und die erzeugte Schwingung ist gut zu beeinflussen. Zur Optimierung der Parameter der Oszillatoren sollen die genetischen Algorithmen eingesetzt werden. Diese sind weitgehend gut erforscht und werden häufig bei der Lösung von Optimierungsproblemen eingesetzt. Die Parameter der Central Pattern Generators lassen sich leicht in einer Gensequenz kodieren, indem die Parameter als Attribute angeführt werden. Ebenso einfach sind die Operatoren auf diesen Genen umzusetzen. Lediglich die Berechnung der Fitness-Funktion ist eine Herausforderung und muss genau und passend auf das Anwendungsgebiet abgestimmt werden. Sollte während der Bearbeitungszeit der Thesis noch Zeit bleiben, soll mit dem oben beschriebenen Ansatz der Particle Swarm Optimization eine weitere Optimierungsstrategie implementiert und das Verhalten mit den genetischen Algorithmen verglichen werden.

5 Risiken und deren Einschätzung

In diesem Abschnitt sollen mögliche Risiken, die während der Durchführung der Arbeit auftreten können, dargelegt und eingeschätzt werden. Die vorherige Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der damit verbundenen Folgen eines Problems hilft während der Arbeit, entsprechend darauf reagieren zu können.

Da innerhalb der Projekte und den Veranstaltungen Anwendung 1 und 2 die Thematik bearbeitet und Erkenntnisse gewonnen wurden, ist der falsche Einsatz eines der gewählten Verfahren eher unwahrscheinlich. Somit kann hier die Eintrittswahrscheinlichkeit als eher gering angenommen werden. Sollte sich dennoch eine der verwendeten Methoden als ungeeignet herausstellen, ist es möglich, auf andere ähnliche Verfahren zurückzugreifen. Diese bieten stellenweise eine andere Handhabung, welche allerdings den verwendeten Methoden ähnelt.

Eventuell auftretende Probleme mit der eingesetzten Simulations-Software können das Projekt — je nach Komplexität des auftretenden Problems — um eine bestimmte Zeit hinauszögern. So wird zum Beispiel die Robotics Toolbox von Corke [1] eingesetzt. Hier kann es bei auftretenden Fehlern zu Problemen kommen, da die Dokumentation hier stellenweise nicht sehr umfangreich ist. Die Dokumentation der eingesetzten Simulationsumgebungen Matlab und Simulink kann als sehr gut bezeichnet werden und sollte bei auftretenden Fehlern genügend Anhaltspunkte für Lösungen bieten.

Ein Ziel der Arbeit soll auch sein, verschiedene Ansätze miteinander zu vergleichen. Es ist jedoch nicht abzusehen, ob die Zeit dafür ausreicht, bzw. wie viele Methoden miteinander verglichen werden und ob die Algorithmen und Methoden sich überhaupt miteinander vergleichen lassen. Da es sich hierbei um einen zusätzlichen Teil der Arbeit handelt, der nicht unbedingt umgesetzt werden soll, ist die Wahrscheinlichkeit für zeitliche Probleme hierbei als sehr gering einzuschätzen. Dass es zu Problemen bei der Vergleichbarkeit kommen wird ist ebenso auch eher unwahrscheinlich.

6 Zusammenfassung

In dieser Thesis Outline wurden die Methoden, Algorithmen sowie die angestrebten Vorgehensweisen für die Implementierung einer Roboter-Laufsimulation dargelegt. Ebenso wurden die bestehenden Risiken sowie die dazu gehörige Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der möglichen Folgen durch Probleme erläutert.

Eine kurze Einleitung in das Aufgabengebiet wurde gegeben, und die Motivation dargelegt, die zur Wahl der Thematik für die Thesis führte. Desweiteren wurden die in den Projekten geleisteten Vorarbeiten vorgestellt und gezeigt, welche Bereiche innerhalb der Projekte schon umgesetzt bzw. evaluiert wurden. Ein großer Teil der Vorarbeit ist in der Literaturrecherche erfolgt. Um einen ausreichenden Überblick über das Themengebiet zu gewinnen, wurden vergleichbare Arbeiten sowie die Herangehensweisen und Zusammenhänge untersucht und verglichen.

Für den Aufbau der Simulation wird der Ansatz des Central Pattern Generators gewählt, der es ermöglicht, eine repetitive Schwingung zu erzeugen. Diese soll genutzt werden, um die Gelenke des Roboters bzw. des Modells innerhalb der Simulation zu bewegen. Die Parameter der Oszillatoren müssen so eingestellt werden, dass die gewünschte Oszillation entsteht. Dies soll durch den Einsatz von Metaheuristiken erfolgen. Aus den vielen möglichen Herangehensweisen und Algorithmen soll hier das Verfahren der genetischen Algorithmen gewählt werden.

Als Plattform zur Simulationserstellung wurde sich für Matlab sowie das dazu gehörige Simulink entschieden. Die Visualisierung der Simulation soll durch die oben erwähnte Robotics Toolbox erfolgen. Der weitere Einsatz von Tools ist zur Zeit nicht geplant, könnte sich allerdings während der Bearbeitungszeit ergeben, wenn er benötigt wird.

Literaturverzeichnis

- [1] CORKE, P.I.: A Robotics Toolbox for MATLAB. In: *IEEE Robotics and Automation Magazine* 3 (1996), März, Nr. 1, S. 24–32
- [2] GOLDBERG, David E.: *Genetic algorithms in search, optimization, and machine Learning*. Addison Wesley Longman, Inc, 1989. – ISBN 0-201-15767-5
- [3] HONDA: *Smoother and more Stable Walking*. 2010. – URL <http://world.honda.com/ASIMO/technology/walking.html>. – abgerufen 04.09.2010
- [4] IJSPEERT, Auke ; CABELGUEN, Jean-Marie: Gait Transition from Swimming to Walking: Investigation of Salamander Locomotion Control Using Nonlinear Oscillators. (2006), S. 177–188. – URL http://dx.doi.org/10.1007/4-431-31381-8_16
- [5] IJSPEERT, Auke J. ; CRESPI, Alessandro ; RYCZKO, Dimitri ; CABELGUEN, Jean-Marie: From Swimming to Walking with a Salamander Robot Driven by a Spinal Cord Model. In: *Science* 9 (2007), Nr. Vol. 315 No. 5817, pp. 1416-1420
- [6] KENNEDY, J. ; EBERHART, R.: Particle swarm optimization. 4 (1995), S. 1942–1948 vol.4
- [7] MATSUOKA, Kiyotoshi: Mechanisms of Frequency and Pattern Control in the Neural Rhythm Generators. In: *Biological Cybernetics* (1987), Nr. 56, 345-353
- [8] MCGEER, Tad: Passive dynamic walking. In: *Int. J. Rob. Res.* 9 (1990), March, S. 62–82. – URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=83528.83533>. – ISSN 0278-3649
- [9] WALLBAUM, Torben: Simulation evolutionärer Laufbewegung mittels Matlab. In: *Projektbericht - HAW Hamburg; Fakultät Technik und Informatik; Department Informatik* (2010)

Abbildungsverzeichnis

2.1	Robotics Toolbox [1]	5
2.2	CPG nach Ijspeert et al. [4]	5