



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK  
INSTITUT FÜR  
THEORETISCHE INFORMATIK

Vorlage für die  $\text{\LaTeX}$ -Klasse »uzl-thesis« zur Nutzung bei Bachelor- und Masterarbeiten an der Universität zu Lübeck

*Template for the  $\text{\LaTeX}$  Class “uzl-thesis” for Bachelor’s and Master’s Theses  
Written at the University of Lübeck*

## **Bachelorarbeit**

verfasst am

**Institut für Theoretische Informatik**

im Rahmen des Studiengangs

**Robotik und autonome Systeme**

der Universität zu Lübeck

vorgelegt von

**Patrick Ugwu**

ausgegeben und betreut von

**Prof. Dr. Javad**

mit Unterstützung von

**Harry Hilfreich**

Lübeck, den 1. Januar 2024

### Eidesstattliche Erklärung

*Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.*

---

Patrick Ugwu

Zusammenfassung  
Es ist nicht leicht

Abstract  
It is

Danksagungen  
This is the place

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Beiträge dieser Arbeit	2
1.3	Related Work	2
1.4	Aufbau dieser Arbeit	2
2	meinsim	3
3	user test	4
4	Ergebnisse und Diskussion	9
5	Zusammenfassung und Ausblick	10
6	tex semantik	11
6.1	Section 1	11
6.2	section2	11



# 1

## Einleitung

- Einführung in das Thema der Schwarmrobotik und die Bedeutung von Simulationen  
schwarmrobotik (und HRI?) kurze Erklärung was versteht man unter: (schwarm)Robotik, Schwarm, collab,... kurz! siehe ba preprint.. brücke zu simulatoren  
bedeutung von Simulatoren (gerade in robo, in 2.): preis ersparnis testumgebung(underwater), in 2.) verhindern von schäden durch fehlerhafte software/algos variationen beim testen, mit verschiedenster hardware quellen erwähnen [],[],...  
collab überall, im herz der forschung + nutzer? Kurze Erklärung der Bedeutung von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren in diesem Kontext keine collab sim gefunden, nicht untersucht collab besoonders relevant für schwärme?
- 

Warum dieses thema? + problem/frage?:

schwarm bietet sich für collab an (old papers [?], schhwierigkeiten der HCI -> control of swarm)

warum ist/könnte kollab in robosim nützlich sein -> kollab vorteile

relevanz:

trends: günstigere Technik -> ermöglicht Robotik -> Schwarm -> collab

pros von sim: ..

stand der Simulatoren : nicht effizient + flexibel, keine collab

[3,9,...]

was will ich lösen/zeigen?

tool to combine collab, flex and effi:

argos bringt flex und effi,

ich bringe collab

hilft colllab?

---

### 1.1 Beiträge dieser Arbeit

- Formulierung der Forschungsfrage und Zielsetzung deiner Arbeit

Forschungsfrag: ist collab in sim sinnvoll/potenzial

Ziel: frage beantworten oder zumindest tendenz zu erschließen überprüfen, ob collab bei sim sinnvoll/ potenzial durch nutzertest

Beiträge Ihrer Arbeit zur Forschung oder zum Fachgebiet Hier können Sie auf die neuen Erkenntnisse, methodologischen Innovationen oder praktischen Implikationen Ihrer Arbeit eingehen und damit verdeutlichen, welchen Wert Ihre Forschung für die Fachgemeinschaft hat.

### 1.2 Related Work

Grundlagen der Schwarmrobotik und Simulation

- Zusammenfassung der relevanten Literatur und früheren Arbeiten zum Thema

collab trend[7] The growing trend towards tools that enable collaboration [Avi21, Che21, CCHT22]

Since around 2005, interest in collaborative editors has again increased sharply with the advent of Web 2.0, and the first web-based tools appeared (e.g., Wikis and Blogs). Collaborative solutions that allowed shared editing in real-time and were based on web technologies gradually became widespread. Such tools gained a lot of popularity as many of them were free to use

is a broad field of research is a hot topic in research and in practice

bedeutung von robos:[3]

prob:Modern farms are ed to produce more yields with higher quality at lower expenses in a sustainable way that is less dependent on the labor force. Implementation of digital farming and site-specific precision management are some of the possible responses to this expectation

For example, instantaneous yield monitoring and estimating the required time for harvesting operation is a labor intensive task, ignored, or is carried out manually Currently, there are no reports of a commercial robotic platform that can simultaneously map the yield parameters on-the-go prior to harvesting ecoming a critical problem with increasing the uncertainties about the future availability of the labor force that is willing to accept tedious jobs in the harsh greenhouse condition manual data sampling implies high costs and low accuracy and is significantly influenced by the interpretation of the person involved

lsg:The functionality of robots when combined with data processing, analyzing models, and artificial intelligence will assist farmers to manage their fields and plants more efficiently

[6]sim history: its development has been tightly related to the developments in computing The massification of personal computing during the 90s contributed to the development of several publicly available software tools for robotic manipulator modeling and simulation. Some of these tools included: XAnimate [8], the Robotics Toolbox for Matlab [9], and the Robotica package for Mathematica [10]. During the late 90s, the focus of attention shifted towards manipulation, grasping and mobile robots. This trend led to the development of GraspIt! [5], a simulator for robotic grasping, and numerous tools for simulating and interfacing with various mobile robot platforms. The list of programming



libraries, simulation tools and packages can be quite long, however, among those open-source tools that have achieved some degree of sustained development it is possible to mention Carmen [14], ODE [19], OpenRave [22], OpenSim [23], the Player-Stage-Gazebo (PSG) project [16], UsarSim [25].

bedeutung von sim in robo: [2] computer simulation hat sich bewiesen, anhand besonders für mobile autonome robos (inkludiert schwarm) 1. robos sind zerbrechlich, potenziell gefährlich, schwer zu testen + entwickel (because of their complexity) fähigkeit vorher software zu testen minimiert (mitigate) die gefahren und kosten 2. development + research of software possible without the hardware/robots + robots come from off-site, at large expense?? 3. ability to test robotic software in situations that are not feasible to create in reality 4. ability to run hundreds or thousands of trials for the purposes of learning robot control algorithms, crucial if hand coding is difficult

[6] bedeutung von sim in robo simulation has been important since the beginning of robotics, essential tool in teaching, research, and development (mit extra quellen => proven) to design and test the feasibility of complex systems explore design options,

(use cases:) assist in off-line programming of robot systems ??, evaluate the performance of robotic cells, develop virtual environments for operator training or teleoperation, nor test advanced robot control algorithms .

The role of simulation is also important as teaching and learning the fundamental physics and robotic fundamentals, very hard to grasp without actual experimentation and visualization.

can be costly => an excellent alternative of doing experiments and testing systems away from the dangers and unpredictability of the physical world.

bedeutung von sim: [3] prob: Improvement of robotics for agricultural application however requires experimenting, as well as evaluating, for finding the optimum solution. Experimenting with the physical robots and sensors in an actual field, is not always possible due to the time constraints, unavailability of equipment, and the operation costs

lsg: To accelerate this pace, simulation methods can provide an affordable framework for experimenting with different sensing and acting mechanisms in order to verify the performance functionality of the robot in different scenarios

[10] example?: sim is huge in [10]: Experimentation with underwater robots is normally very difficult due to the high number of resources required. A water tank –high enough for the systems to be tested– is normally needed, which requires significant space and maintenance. Another possibility is to access to open environments such as lakes or the sea, but this normally involves high costs and requires special logistics.

very difficult for researchers (operating in the surface) to observe the evolution of the running system

essential sim qualities (ideal sim) [2]: accurate physics high quality rendering open source multi platform easy with ros

daher brauch es sim, der: [10] (i) develop and test the systems before they are deployed, and (ii) supervise a real underwater task where the developers do not have a direct view of the system bisher meist projekt spezifisch, obsolet oder commercial

[6] sim problems/challenges: Researchers, developers and educators have a hard time to decide which is the right tool for mobile robot simulation -> solved by surveys some sim have this, some that -> impliziert das keiner alles hat

- Identifizierung von Forschungslücken oder Diskussionen in der Literatur collab
- Beschreibung verschiedener Simulationsansätze und ihrer Bedeutung für die Robotik ansätze?: spiel - spezif - general - modular ?? geschichte der sim- aus spiel zu eigenen sim, aus projektspezifisch zu general
- Überblick über die Grundkonzepte der Schwarmrobotik und deren Anwendungen noch relevanter in zukunft
- Diskussion über die Herausforderungen und Vorteile von Simulationen in der Schwarmrobotik herausforderungen : user feedback paper, accuracy, performance, .. Vorteile: unbekannt, nicht untersucht ?

### 1.3 Aufbau dieser Arbeit

structure

1 introduction 2. mein sim 3. user test 4. Ergebnisse + evaluation 5 con 6 bibliography

# 2

## meinsim

–reroll–

Ja, das ändert definitiv etwas! Bei einem Thema wie der Untersuchung von kollaborativem Arbeiten an einer Simulation für Schwarmrobotik im Vergleich zu einem herkömmlichen Simulator könnten einige spezifische Abschnitte und Schwerpunkte relevant sein. Hier ist eine angepasste Struktur mit einer möglichen Gewichtung:

1. \*\*Einleitung (ca. 10- Einführung in das Thema der Schwarmrobotik und die Bedeutung von Simulationen - Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchung - Kurze Erklärung der Bedeutung von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren in diesem Kontext

2. \*\*Literaturüberblick (ca. 20- Übersicht über relevante Arbeiten zur Schwarmrobotik und Simulationstechniken - Diskussion über die Vor- und Nachteile von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren - Identifizierung von Forschungslücken in Bezug auf die direkte Vergleichbarkeit von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren in der Schwarmrobotik

3. \*\*Methodik (ca. 15- Beschreibung der Simulationen und Tools, die für die Studie verwendet wurden - Erläuterung der Parameter und Metriken, die zur Bewertung von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren verwendet wurden - Details zur Durchführung der Experimente und zur Datenerfassung

4. \*\*Ergebnisse (ca. 25- Präsentation der quantitativen und qualitativen Ergebnisse der Simulationen - Vergleich der Leistung von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren anhand der definierten Metriken - Grafische Darstellung von Daten und statistische Analysen

5. \*\*Diskussion (ca. 25- Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen und Hypothesen - Diskussion über die praktischen Implikationen der Ergebnisse für die Schwarmrobotik-Forschung und -Entwicklung - Reflexion über die Stärken und Schwächen der durchgeführten Studie und mögliche Verbesserungen

6. \*\*Schlussfolgerung und Ausblick (ca. 5- Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen - Ausblick auf zukünftige Forschungsrichtungen, die sich aus den Ergebnissen ergeben, und potenzielle Anwendungen von kollaborativem Arbeiten in der Schwarmrobotik

Diese Struktur berücksichtigt die spezifischen Anforderungen und Besonderheiten deines Themas

# 3

## user test

3. \*\*Vergleich von kollaborativem Arbeiten an einer Simulation und einem herkömmlichen Simulator (ca. 30- Darstellung der Funktionsweise und Merkmale beider Simulationsansätze - Analyse von Fallstudien oder Experimenten, die kollaboratives Arbeiten und herkömmliche Simulationen vergleichen - Bewertung der Vor- und Nachteile jedes Ansatzes im Kontext der Schwarmrobotik

4. \*\*Methodik (ca. 15- Beschreibung der Methoden, die du zur Durchführung deiner Untersuchung verwendet hast task in beiden umgebungen + survey

- Erläuterung deiner Herangehensweise und Begründung der Methodenwahl
- Erklärung der Kriterien und Metriken, die zur Bewertung der Simulationsansätze herangezogen wurden

- Erläuterung des experimentellen Aufbaus und der Durchführung der Vergleichsstudie task: wer waren Versuchspersonen erfasste Daten:

---

Wie leicht war es, mit anderen Freiwilligen in der Simulation zusammenzuarbeiten?

Welche Aspekte der Simulation haben die Kollaboration unterstützt oder behindert?

Konnten Sie effektiv mit der Simulationsumgebung interagieren, um die gestellten Aufgaben zu lösen?  
verbesserungsvorschläge?

-----2.entwurf-----

task:

platzieren von hindernissen an bestimmten stellen, -> customisable environment

platzieren und anpassen von robos -> customisable robot models

robo verhalten erweitern (aus verhalten einen aspekt rauslöschen?)  
-> testing of control algos

Qualitative results - based on responses received from the surveys.  
These give a picture of user experience and preference.

pre

How often do you use computers?

How would you rate your knowlage about (swarm) robotics?

### 3 usertest

How would you rate your experience in programming robots or robot swarms?

How would you rate your experience in simulating robots or robot swarms?

post

ease

Which simulation environment/interface was easier to use? - easier

Which simulation environment would you prefer for more frequent use? - Workload , usable vs ease

7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly -ease

usability

How do you rate the clarity and usability of the simulation? - Usability

How do you rate the clarity and usability of the collaboration functions? - Usability, collab gut umgeetzt?

8. I found the system very cumbersome to use - implementation of features or just argos???

Were you able to form a accurate projection from your mental picture of the environment? - Accuracy

5. I found the various functions in this system were well integrated - woran hats gelegen (falls nicht gut)

collab

2. I found the system/collab functions unnecessarily complex -> war collab unnötig

9. I felt very confident using the system - usable/easy to understand, well integrated features

10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system - no robo exp or not usable/understandable

How would u rate each simulation? - overall + for comparission -> success?

Quantitative results - from robot trajectory and related information

These serve as performance metrics that tell us whether there is an actual difference in how well

the participants performed, between interfaces.

recording task completion

recording task completion time

(clicks, how many clicks -> much looking around/wondering -> lacking clarity???)

.

.  
.  
and other related data

#####-----metriken-----#####  
og  
Qualitative results - based on responses received from the surveys.  
These give a picture of user experience and preference.  
Quantitative results - from robot trajectory and related information  
(recording task completion time, swarm trajectory, collision  
count, and other related data)  
These serve as performance metrics that tell us whether there is  
an actual difference in how well  
the participants performed, between interfaces.

in ba  
Metrics from two categories will be applied in the evaluation.  
The Performance category includes metrics such as effectiveness,  
accuracy, and response time,  
which have a measurable impact on the usability and performance  
of the respective HSI.  
The User Experience category includes metrics such as  
user-friendliness, immersion, and workload,  
which represent a subjective assessment by the participants and  
have an indirect influence on performance [12].

#####-#-----#-#-#-#-#####

-----1.entwurf-----

task: Entwurf einen Raum bestehend aus 3 "Hindernissen" und einem  
schwarm von 10 (identischen) "Robotern" in Argos und Argos+

post  
Which simulation environment/interface was easier to use?  
Which simulation environment would you prefer for more frequent  
use? - Workload  
How do you rate the clarity and usability of the simulation? -  
Usability  
How do you rate the clarity and usability of the collaboration  
functions? - Usability  
Were you able to form a accurate projection from your mental  
picture of the environment? - Accuracy  
  
1. I think that I would like to use this system frequently - usable  
+ ease

### 3 user test

2. I found the system unnecessarily complex -> war collab unnötig
5. I found the various functions in this system were well integrated - woran hats gelegen (falls nicht gut)
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly -ease
8. I found the system very cumbersome to use - implementation of features or just argos???
9. I felt very confident using the system - usable/easy to understand/well integrated features
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system - no robo exp or not usable/understandable

How would u rate each simulation?

-----literaturr-----

pre

experience

computer

1. How often do you use computers?

robot interaction ?

2. How often do you interact with robots?

3. How often do you interact with robot swarms or multi-robot systems?

robot simulation

4. How would you rate your experience in simulating robots?

5. How would you rate your experience in simulating robot swarms?

post

in og

1. Workspace Awareness

2. Robot Awareness

3. Ease of Use

4. Response accuracy

5. Overall Preference

6. Overall Average Rating

in ba

8. Which interface gave you a better sense of the mission environment? - Immersion

9. Which interface gave you a better sense of the robots? - Immersion

10. Which interface was easier to use? - Usability

11. Which interface was more accurate in processing your inputs? - Accuracy
12. Which interface would you prefer for more frequent use? - Workload

in ba, woher?

1. Did you feel like part of the swarm? - Immersion
2. Were you aware of the 'swarms current goal at all times? - Usability
3. Were you able to form a mental picture of the situation based on the information provided? - Immersion
4. How do you evaluate the quality of communication regarding the information provided by the swarm? - Usability
5. How do you evaluate the quality of communication regarding the instructions you provided to the swarm? - Accuracy
6. Were your commands executed in a timely manner or within a relevant timeframe? - Response Time
7. How do you rate the clarity and usability of the simulation and collaboration functions? - Usability

SUS - System Usability Scale

1. I think that I would like to use this system frequently
  2. I found the system unnecessarily complex
  3. I thought the system was easy to use
  4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system
  5. I found the various functions in this system were well integrated
  6. I thought there was too much inconsistency in this system
  7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly
  8. I found the system very cumbersome to use
  9. I felt very confident using the system
  10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system
-



# 4

## Ergebnisse und Diskussion

4. \*\*Ergebnisse (ca. 25- Präsentation und Diskussion deiner Forschungsergebnisse - Grafische Darstellung von Daten, wenn nötig - Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf deine Forschungsfrage(n)

5. \*\*Diskussion (ca. 25- Interpretation deiner Ergebnisse im Kontext der vorhandenen Literatur - Reflexion über mögliche Einschränkungen deiner Studie - Vorschläge für zukünftige Forschung

5. \*\*Ergebnisse und Diskussion (ca. 25- Präsentation der Ergebnisse deiner Untersuchung, einschließlich quantitativer Daten und qualitativer Beobachtungen - Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf deine Forschungsfrage und Hypothesen - Diskussion der Implikationen deiner Ergebnisse für die Schwarmrobotik und mögliche zukünftige Entwicklungen

# 5

## Zusammenfassung und Ausblick

6. \*\*Schlussfolgerung und Ausblick (ca. 5- Zusammenfassung der wichtigsten ergebnisse und Erkenntnisse deiner Arbeit/Schlussfolgerungen, die sich aus deiner Arbeit ergeben lässt sich tendenz erkennen, was sagen die ergebnisse aus

- Bewertung der Bedeutung deiner Forschungsergebnisse für die Robotik und Simulation urprungsfrage beantworten

- Ausblick auf potenzielle weitere Forschungsbereiche und Anwendungsmöglichkeiten/- Ausblick auf mögliche Implikationen und Anwendungsbereiche deiner Forschung erweiterte funktionen? in allen sim sinnvoll?

# 6

## tex semantik

### 6.1 Section 1

section 1

### 6.2 section2

section 2

Some code:

---

```
print(1+1=3)
```

---

Hier kommt  
ein Zeilenumbruch  
eine Aufzählung:

1. first
2. second...

andere Aufzählung:

Stier ist ein tier  
stein ist kein tier

noch eine aufzählung:

- number one....
- number two...

### Subsection 1

.... Figure

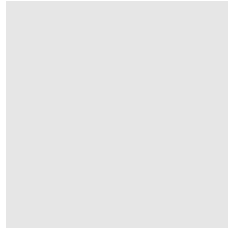


Abbildung 6.1: Figure Discription

## Subsection 2

...

For tables:

Tabelle 6.2: Table description

Animal	Sound
Cat	Meow
Dog	Wuff or bark