



HELMUT SCHMIDT  
UNIVERSITÄT

Universität der Bundeswehr Hamburg

**Henry Winkel**

Entwurf einer Klassenhierarchie für militärische Simulationen in  
DIS

Developing a class hierarchy for military simulations in DIS

Masterarbeit

Fakultät für Elektrotechnik

Studiengang: Informatik-Ingenieurwesen / ET2014

Matr.-Nr. 874650

Übernahme: 30. Mai 2018

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. phil. nat. habil. Bernd Klauer

Weiterer Prüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Udo Zölzer

# Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, keine anderen als die im Quellen- und Literaturverzeichnis genannten Quellen und Hilfsmittel, insbesondere keine dort nicht genannten Internet-Quellen benutzt, alle aus Quellen und Literatur wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe und dass die auf einem elektronischen Speichermedium abgegebene Fassung der Arbeit der gedruckten entspricht.

Hamburg, 10. September 2018

.....  
(Datum) (Unterschrift)

# Tabellenverzeichnis

2.1	Vererbung von Klassen . . . . .	11
2.2	Protocol Data Units (PDU) Header . . . . .	16
2.3	Entity ID, Force ID und anzahl Parameter . . . . .	16
2.4	Entity Type . . . . .	17
2.5	Variable Parameter record . . . . .	18
2.6	Variable Parameter record Beispiel . . . . .	19

# Listings

2.1	Klasse.h . . . . .	5
2.2	Klasse.cpp . . . . .	6
2.3	Vererbung in C++ . . . . .	10
2.4	Benutzung der Klasse . . . . .	11
2.5	Klasse2.h . . . . .	13
2.6	Beispiel virtuelle Funktion . . . . .	14
3.1	„get“ und „set“ Methode . . . . .	26
3.2	Konstruktor „warShip“ Klasse . . . . .	27
3.3	Ausschnitt DIS_enum.h . . . . .	28
3.4	Ausschnitt DIS_enum.cpp . . . . .	29
3.5	Funktion „getDISEntityType()“ Teil 1 . . . . .	30
3.6	Funktion „getDISEntityType()“ Teil 2 . . . . .	31
3.7	Funktion „getDISEntityType()“ Teil 3 . . . . .	32
3.8	ArticulationParameter . . . . .	33
3.9	Parameter Enumeration . . . . .	34
3.10	EntityID und ForceID . . . . .	36
3.11	Update Funktion . . . . .	37
3.12	main.cpp . . . . .	39

# Abkürzungsverzeichnis

<b>DIS</b>	Distributed Interactive Simulation
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>PDU</b>	Protocol Data Units
<b>ESPDU</b>	Entity State PDU
<b>OOP</b>	objektorientierte Programmierung
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment
<b>HLA</b>	High-Level Architecture
<b>VLS</b>	Vertical Launching System
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol

# Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>ii</b>
<b>Listings</b>	<b>iii</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>iv</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1 C++ . . . . .	2
2.2 Objektorientiertes Programmieren . . . . .	3
2.2.1 Grundidee . . . . .	3
2.2.2 Klassen und Objekte . . . . .	4
2.2.3 Vererbung . . . . .	9
2.2.4 Polymorphie . . . . .	12
2.3 Distributed Interactive Simulation . . . . .	14
<b>3 Entwurf der Klassenhierarchie</b>	<b>20</b>
3.1 Grundkonzept . . . . .	20
3.2 Lösungsansätze . . . . .	20
3.3 Vergleich der verschiedenen Lösungsansätze . . . . .	24
3.4 Implementierung . . . . .	26
3.5 Fähigkeiten der Klassenhierarchie . . . . .	38
3.6 Offene Probleme . . . . .	40
<b>4 Fazit</b>	<b>42</b>
<b>5 Anhang</b>	<b>43</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b>	<b>45</b>

# 1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten spielten Simulatoren in zivilen und militärischen Bereichen eine immer größere Rolle. Durch sie konnte die Ausbildung von Piloten aber auch von normalen Fahrzeugbesatzungen und Soldaten verbessert werden. Durch den Einsatz von Simulationen können Szenarien in sicherer Umgebung geübt werden. Neben der Ausbildung von Personal können in Simulationen auch Fahrzeuge oder Geräte getestet werden, ohne diese konstruieren zu müssen. Um die Ausbildung oder das Simulieren von Fahrzeugen noch effizienter zu gestalten, kam die Forderung auf, einzelne Simulationen miteinander zu vernetzen und interagieren zu lassen. Das Vernetzen von Simulationen integriert zum Beispiel Flugsimulatoren und Panzersimulatoren in ein Szenario und lässt diese zusammen interagieren. Dafür wurden verschiedene Standards festgelegt, wie zum Beispiel Distributed Interactive Simulation (DIS) und High-Level Architecture (HLA). Ziel dieser Arbeit war es, eine grundlegende Klassenhierarchie zu erstellen, die es ermöglicht, verschiedene Objekte zu simulieren. Dabei sollte es die Möglichkeit geben, den Objekten verschiedene Ausrüstung, wie Waffen und Sensoren, zuzuordnen, welche ebenfalls simuliert werden sollten. Es sollte dann die Möglichkeit geben, das simulierte Objekte in den DIS Standard zu übersetzen und an andere Simulationen zu schicken. Dafür wird zunächst C++ und deren Unterschied zu C beschrieben. Diese Programmiersprache ist eine Sprache, die objektorientiertes Programmieren (OOP) ermöglicht. Im Anschluss dazu werden ausgewählte Grundsätze der OOP erklärt. Anschließend werden Inhalte des DIS Standards, welche in dieser Masterarbeit verwendet wurden, beschrieben. Neben den genannten Grundlagen werden Lösungsansätze erklärt und verglichen, die für die Erstellung einer Klassenhierarchie infrage kommen. Die Lösungsansätze ergeben sich aus verschiedenen Grundideen, welche sich unter anderem in der Erweiterbarkeit, des flexibleren Einsatz und der Komplexität unterscheiden. Des Weiteren wird der Lösungsansatz und die Implementierung erklärt, die gewählt wurde. Im Anschluss daran werden die aktuellen Funktionalitäten erklärt und es werden mögliche Erweiterungen dargestellt. Abschließend folgt ein Fazit und ein Ausblick.

## 2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen beschrieben und erklärt, die für die Erstellung dieser Masterarbeit benötigt wurden. Zuerst wird die Programmiersprache C++ erklärt und anschließend wird besonders auf die objektorientierte Programmierung eingegangen, die hier als Grundlage dient. Dabei wird zunächst die Grundidee beschrieben. Anschließend wird das Konzept der Klassen und das der Polymorphie dargestellt. Abschließend werden die Grenzen der objektorientierten Programmierung beschrieben. Weiter wird die Entity State PDU (ESPDU) des DIS Protokolls beschrieben. Ein Überblick über die wichtigsten Inhalte des DIS-Protokoll wird im Grundlagenteil der Studienarbeit „Beurteilung der Open-DIS C++ Library zur Simulation von militärischen Szenarien“[4] der Professur für Technische Informatik an der Helmut Schmidt Univesität der Bundeswehr Hamburg gegeben.

### 2.1 C++

C++ ist eine objektorientierte Programmiersprache, die eine Weiterentwicklung der Sprache C ist. Jedoch ist C nicht komplett in C++ enthalten. Bei der Entwicklung von C++ ist man trotzdem dicht an der Syntax von C geblieben. C++ wurde in den 1980er Jahren von Bjarne Stroustrup entwickelt. Für die erste Version, die „C with Classes“ hieß, versuchte er durch das Nutzen von Teilen der Programmiersprachen Simula und BCPL die Sprache C zu erweitern. Das Konzept der objektorientierten Programmiersprache wurde aus der Sprache Simula entnommen, die als die erste Programmiersprachen das Klassenkonzept beinhaltet. BLCP, welche ein Vorgänger von C ist, lieferte den prozeduralen Anteil. 1983 wurde „C with Classes“ zu C++ umbenannt. Das erste Release von C++ 1.0 wurde 1985 veröffentlicht. 1998 wurde C++ als Standard „ISO/IEC 14882“ festgelegt. Im Laufe der Zeit wurde C++ immer weiter verbessert und bekam neue Funktionen. Die aktuellste Version von C++ ist C++17, welche 2017 veröffentlicht wurde.

C++ bringt nicht nur eine Reihe von Vereinfachungen und Ergänzungen mit sich, son-



dern auch diverse Verschärfungen und Änderungen. C++ bringt als großen Vorteil die Möglichkeit, objektorientiert zu programmieren. Was genau objektorientierte Programmierung ist, wird in dem nachfolgenden Kapitel erklärt. Ein weiterer großer Vorteil von C++ sind Templates. Durch Templates werden unter anderem Container bereitgestellt, die eine dynamische Speicherverwaltung ermöglichen. Container können Listen, Vektoren oder Warteschlangen dynamischer Größe sein, deren Inhalt Elemente einer beliebigen Datenstruktur sein kann. Neben den Containern, die Klassen-Templates sind, gib es noch Funktions-Templates und Variablen-Templates, welche hier nicht weiter erklärt werden, da sie in dieser Masterarbeit keine Anwendung finden.

Eine weitere Neuerung in C++ ist die Möglichkeit, Speicher zu reservieren. In C++ kann man durch den Befehl „new“ Speicher eines beliebigen Typs reservieren. Dieser Befehl ersetzt das „malloc“ aus C. Das Gegenstück dazu ist das „delete“. Mit diesem Befehl kann man den reservierten Speicher wieder freigeben. Der Unterschied zwischen „malloc“ und „new“ ist, dass es sich bei „malloc“ um eine Funktion handelt und „new“ ein Operator ist. Ein weiterer Unterschied ist, dass „new“ den Konstruktor einer Klasse aufruft und „malloc“ dies nicht tut. Weiter muss bei „malloc“ die zu reservierende Größe des Speichers manuell berechnet werden. Bei „new“ wird die Größe vom Compiler bestimmt.

In C++ gibt es neben den Pointern auch die Möglichkeit, Referenzen zu benutzen. Der Unterschied zwischen einer Referenz und einem Pointer ist, dass eine Referenz prinzipiell nur eine neue Bezeichnung für eine bereits vorhandene Variable ist. Neben den genannten Änderungen gibt es noch viele weitere, die jedoch im Rahmen dieser Masterarbeit nicht oder nur am Rande benutzt wurden.

[10] [5] [9] [3] [2]

## 2.2 Objektorientiertes Programmieren

### 2.2.1 Grundidee

Die Grundidee hinter der objektorientierten Programmierung (OOP) ist das Abbilden von Objekten der realen Welt. Diese Objekte kommunizieren durch Nachrichten miteinander, welche unterschiedlich interpretiert werden können. Im Zuge von immer größer werdenden Softwareprojekten hat sich herausgestellt, dass es zum Beispiel mit der Programmiersprache C sehr schwer geworden ist, den Überblick über den Programmcode und den Programmfluss zu behalten. Objektorientierte Programmiersprachen helfen den

Überblick zu behalten und sie bringen Techniken mit sich, Programmteile wieder zu verwenden. Das ermöglicht das schnellere und fehlerfreiere Entwickeln von Programmen. Ein Nachteil von Programmiersprachen, die ausschließlich objektorientiert sprechen, ist, dass Funktionen nicht alleine existieren können. Dies führt dazu, dass kleine Programme unnötig kompliziert werden. Eine Sprache, die sowohl objektorientiert als auch prozedural verwendet werden kann, ist C++. Wie bereits erwähnt, wird diese Sprache im Rahmen dieser Masterarbeit verwendet. Dabei werden unter anderem Techniken wie die Vererbung und die Polymorphie verwendet. Diese Techniken werden in den folgenden Kapiteln beschrieben. Als Modellierungssprache wurde Unified Modeling Language (UML) und als Integrated Development Environment (IDE) wurde Eclipse mit der Papyrus-Extension verwendet. Alle folgenden Beispiele werden anhand dieser Umgebung beschrieben.

[3] [8] [5]

### 2.2.2 Klassen und Objekte

Wie oben genannt, ist die Grundidee hinter der OOP das Abbilden der realen Welt, um Probleme zu lösen. Ein zentraler Gegenstand hierbei ist die Klasse. Eine Klasse enthält, ähnlich wie das „struct“ in C, Daten, die Attribute genannt werden. Der Unterschied zu einem klassischen „struct“ ist jedoch, dass eine Klasse Funktionen beziehungsweise Methoden enthält, die auf diese Daten zugreifen können. Des Weiteren können Klassen auch von anderen abgeleitet werden, was Vererbung genannt wird. Die Vererbung wird im nachfolgenden Unterabschnitt erläutert.

Um einen unerlaubten Zugriff auf Methoden und Attribute einer Klasse zu verhindern, kann innerhalb der Klasse festgelegt werden, wer auf Inhalte der Klasse zugreifen kann. Dies gliedert sich in drei Gruppen. Funktionen und Methoden können „public“, „private“ oder „protected“ sein. Soll der Inhalt für jeden zugänglich sein, dann ist er „public“. Ist eine Methode oder ein Attribut „private“, dann darf nur von innerhalb der Klasse auf ihn zugegriffen werden. Bei „protected“ Inhalten können alle von der Klasse abgeleiteten Klassen auf den Inhalt zugreifen.

## 2 Grundlagen

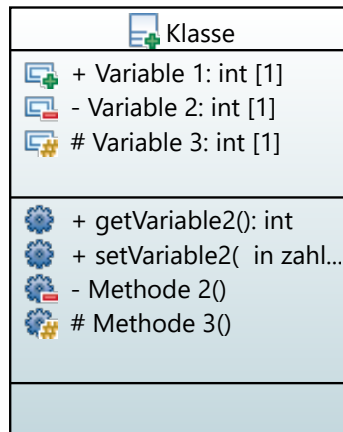


Bild 2.1: eine Klasse

In Bild 2.1 ist der exemplarische Entwurf einer Klasse zu sehen. Diese enthält drei Attribute, Variable 1 bis 3, außerdem beinhaltet sie vier Methoden. Ob ein Attribut oder eine Methode „public“, „private“ oder „protected“ ist, sieht man an dem Symbol, welches vor dem Namen steht. Das Kästchen mit dem Pluszeichen steht für ein „public“ Attribut, das Kästchen mit dem roten Balken steht für ein „private“ Attribut und das Kästchen mit dem gelben Raute-Symbol steht für ein „protected“ Attribut. Analog gilt das auch für die Methoden, wobei das Pluszeichen bei den „private“ Methoden entfällt.

Um das unabsichtliche Überschreiben einer Variable zu verhindern, werden in der OOP Variablen zum größten Teil als „private“ deklariert. Wie oben beschrieben, kann die Variable nur innerhalb der eigenen Klasse verändert werden. Um nun die Variable aktiv zu verändern und auszulesen, werden die sogenannten „get“ und „set“ Methoden verwendet. Dies sind Methoden, deren Aufgabe es ist, den Zugang zu den Attributen der Klasse zu ermöglichen. Des Weiteren kann mit Hilfe dieser, die korrekte Eingabe überprüft werden. Wie im Bild 2.1 zu sehen, wurde nur für die Variable 2 eine Methode zum Beschreiben, „setVariable2()“ und zum Auslesen, „getVariable2()“, erstellt.

```
1 #include <iostream>
2
3 namespace Beispiel{
4 class Klasse:{
5 public:
6     int Variable1;
```

```

7         int getVariable2();
8         void setVariable2(int zahl);
9     protected:
10        int Variable;
11        void Methode3();
12    private:
13        int Variable2;
14        void Methode2();
15 };
16 }

```

Listing 2.1: Klasse.h

In Listing 2.1 ist die Header Datei der Beispielklasse aus dem Bild 2.1 dargestellt. Hier finden sich alle Methoden und Attribute wieder. Dabei wird eine Unterteilung nach „public“, „private“ und „protected“ durchgeführt. In der Header Datei werden nur die Attribute und die Methoden bekannt gegeben. Die Implementierung der Methoden findet nicht hier, sondern in einer anderen Datei, der Source Datei, statt.

```

1  #include "Klasse1.h"
2
3  namespace Beispiel {
4      int Klasse1::getVariable2() {
5          return Variable2
6      }
7      void Klasse1::setVariable2(int zahl) {
8          Variable2 = zahl;
9      }
10     void Klasse1::Methode2() {
11         ...
12     }
13
14     void Klasse1::Methode3() {
15         ...
16     }
17
18     void Klasse1::Mehtode4() {

```

```

19  ...
20  }
21  }

```

Listing 2.2: Klasse.cpp

Im Listing 2.2 ist die zum Listing 2.1 zugehörige Source Datei dargestellt. Wie man sieht, sind hier nur die Implementationen der Methoden aufgeführt. Neben den Methoden werden hier auch die statischen Variablen initialisiert. Eine Sortierung, wie in der Header Datei, wird nicht vorgenommen, da die Zugriffsrechte dort schon festgelegt wurden.



Bild 2.2: eine Klasse mit Konstruktor und Destruktor

Die Klasse stellt jedoch nur den Bauplan für ein Objekt dar. Um die implementierten Methoden zu nutzen, muss man ein Objekt der Klasse erstellen. Dazu kann ein „Konstruktor“ genutzt werden. Dieser hat den Vorteil, dass die Attribute mit Defaultwerten initialisiert werden können. Der „Konstruktor“ kann als normale Methode angesehen werden, die jedoch so wie die Klasse benannt sein muss. Er kann deshalb auch Eingabeparameter besitzen und Attribute auf bestimmte Werte setzen. In der IDE wird als Kennzeichnung für den Konstruktor „Create“ vor die Methode gesetzt. Möchte man nun das erstellte Objekt wieder löschen, muss man dafür ein „Destruktor“ verwenden. Dieser kann ebenfalls als Methode gesehen werden, die den Speicher, der das Objekt belegt,

frei gibt. Des Weiteren können im „Destruktor“ weitere Anweisungen, wie zum Beispiel das Anpassen eines Zählers, enthalten sein.

Im Bild 2.2 ist zu sehen, dass der Klasse aus Bild 2.1 ein „Konstruktor“ und „Destruktor“ hinzugefügt wurden. Diese werden oft als die ersten beiden Methoden angegeben. Da die Variablen eines Objektes immer nur so lange existieren, wie das Objekt selbst, kann es zum Beispiel keine Variable geben, die Teil der Klasse ist, welche alle erzeugten Objekte zählt. Um dieses Problem zu lösen, kann man auf statische Variablen zurückgreifen, die auch ohne das erstellte Objekt existieren. Statische Variablen werden unterstrichen, was im Bild 2.3 zu sehen ist. Sie können ebenfalls „private“, „public“ oder „protected“ sein und werden auch dementsprechend gleich gekennzeichnet. Neben Attributen können auch Methoden statisch sein. Dies ist ein Vorteil, wenn man nur eine bestimmte Funktion der Klasse benutzen möchte, ohne erst das Objekt zu erstellen und anschließend wieder löschen zu müssen. In Listing 2.3 ist die Header Datei, welche den Konstruktor und den Destruktor enthält, dargestellt. Die Implementierung erfolgt wie bei einer normalen Methode in der Source Datei.

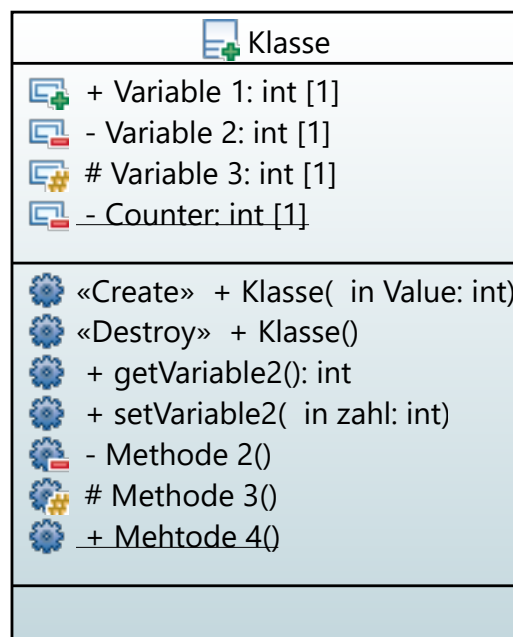


Bild 2.3: eine Klasse mit statischer Variable

[3] [8] [5]

### 2.2.3 Vererbung

Ein Vorteil der objektorientierten Programmierung (OOP) ist, dass Klassen von anderen Klassen Attribute und Methoden erben können. Das bedeutet, dass die erbende Klasse Zugriff auf alle „public“ und „protected“ Methoden und Attribute hat. Die erbende Klasse wird Kindklasse genannt und die Klasse, von der geerbt wird, wird Elternklasse genannt. In Bild 2.4 sind zwei Klassen abgebildet, die Klasse 1 und die Klasse2. Die Klasse1 erbt von Klasse2 alle Attribute und Methoden. In diesem Beispiel erbt Klasse 1 das Attribut „Name“ und die Methoden „setName()“ und „getName()“ von Klasse2. Eine Elternklasse kann mehrere Kinder haben, was bedeutet, dass in Elternklassen Attribute und Methoden beinhaltet sein können, die jede ihrer Kindklassen benötigt. Das reduziert den Aufwand bei der Erstellung der Methoden, da sie nur einmal in den Elternklassen implementiert werden müssen.

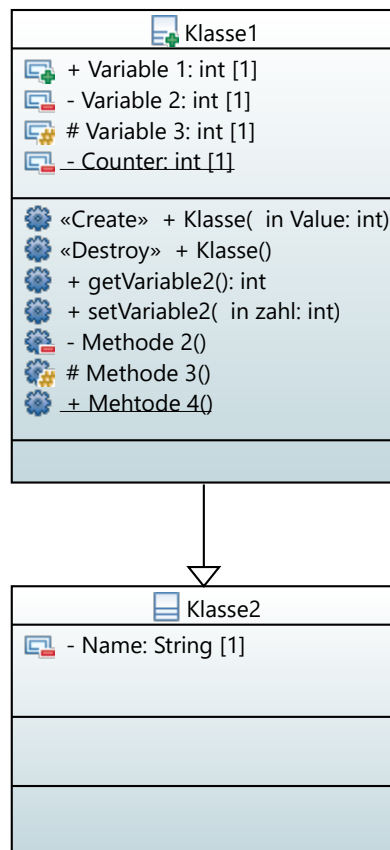


Bild 2.4: Vererbung

In Listing 2.3 ist die Header Datei der Klasse2 dargestellt. Das „public“ vor Klasse2 gibt an, wie von dieser Klasse geerbt wird. Die Methoden und Attribute der Elternklasse werden hier nicht angegeben, da diese in der Header Datei der Elternklasse deklariert und in der Source Datei implementiert werden.

```
1 #include <iostream>
2 #include "Klasse2.h"
3
4 namespace Beispiel{
5 class Klasse1: public Klasse2:{
6 public:
7     Klasse1(int Value);
8     ~Klasse1();
9     int Variable1;
10    int getVariable2();
11    void setVariable2(int zahl);
12 protected:
13    int Variable3;
14    void Methode3();
15 private:
16    int Variable2;
17    void Methode2();
18 };
19 }
```

Listing 2.3: Vererbung in C++

Die oben beschriebene Vererbung ist eine „public“ Vererbung. Neben dieser Art können Klassen auch „private“ oder „protected“ erben. Dies verändert die Zugriffsmöglichkeiten auf die Elemente, also die Methoden und Attribute der Elternklasse. Ist zum Beispiel eine Methode in der Elternklasse „public“ und wird diese durch eine „private“ Vererbung vererbt, so ist diese Methode in der Kindklasse „private“ und kann nur innerhalb dieser Klasse benutzt werden. In Tabelle 2.1 sind die verschiedenen Methoden und deren Konsequenzen dargestellt.



Ableitung	Privileg der Elternklasse	Privileg der Kindklasse
<b>public</b>	public	public
	protected	protected
	private	kein Zugriff
<b>private</b>	public	private
	protected	private
	private	kein Zugriff
<b>protected</b>	public	protected
	protected	protected
	private	kein Zugriff

Tabelle 2.1: Vererbung von Klassen

In Listing 2.4 ist in Zeile 5 zu sehen, wie man mithilfe eines Konstruktors, ein Objekt vom Typ Klasse1 erstellt. In Zeile 6 wird eine Methode aus der eigenen Klasse benutzt. Dazu wird hinter dem Namen des Objektes, hier „Klasse1“, der Aufruf der Methode gesetzt. Der Aufruf einer Methode aus der Elternklasse erfolgt wie der Aufruf einer Methode der eigenen Klasse. Dies ist in Zeile 7 zu sehen. Abschließend wird das Objekt durch den Destruktor, in Zeile 8 zu sehen, gelöscht.

```

1 #include <iostream>
2 #include "Klasse1.h"
3
4 int main(){
5     Beispiel::Klasse1 Klasse1(1);
6     Klasse1.setVariable2(2);
7     Klasse1.getName();
8     Klasse1.~Klasse1();
9     return 0;
10 }
```

Listing 2.4: Benutzung der Klasse

[3] [8] [5]

### 2.2.4 Polymorphie

Neben der Vererbung ist die Polymorphie ein weiteres Grundkonzept der OOP. Polymorphie ermöglicht verwandte Objekte mithilfe gleichnamiger Funktionsaufrufe zu verarbeiten. Bevor jedoch die Polymorphie ausführlich erklärt werden kann, müssen zunächst einige Voraussetzungen erklärt werden. Zu diesen gehört das Umwandeln von Klassen. Für das Umwandeln von Klassen beziehungsweise von Objekten, gibt es mehrere Möglichkeiten. Die Erste ist die direkte Zuweisung. Dabei muss man beachten, dass dies nur in eine Richtung funktioniert. Das heißt, dass nur Objekte einer Kindklasse in ein Objekt einer Elternklasse umgewandelt werden können. Der Grund dafür ist, dass jedes Attribut der Ziel Klasse belegt werden muss und dabei gehen die eigenen Attribute und Methoden der Kindklasse verloren.

Eine weitere Methode ist das Umwandeln mithilfe eines Pointers. Dazu wird zunächst ein Pointer erstellt, der auf ein Objekt der Elternklasse zeigt. Diesen Zeiger kann die Speicheradresse eines Objektes der Kindklasse übergeben werden. Über diesen Zeiger kann nun auf Methoden zugegriffen werden, die in der Elternklasse enthalten sind. Auf die Methoden der Kindklasse kann nicht zugegriffen werden. Die Umwandlung mittels Pointern ermöglicht, im Gegensatz zur Umwandlung durch Zuweisung, eine Konvertierung eines Objektes der Elternklasse in ein Objekt der Kindklasse. Dabei muss jedoch zwingend ein „`static_cast`“ auf das Objekt angewendet werden, welches umgewandelt werden soll.

Das Umwandeln von Klassen ermöglicht es, Objekte unterschiedlicher Klassen gemeinsam zu verarbeiten. Um nach dem Umwandeln eines Objektes auch auf die dazugehörige Methode zugreifen zu können, muss die Elternklasse, in die das Objekt umgewandelt werden soll, virtuelle Funktionen besitzen.

```

1  #include <iostream>
2
3  namespace Beispiel{
4  class Klasse2 {
5  public:
6  void setName(std::string name);
7  std::string getName();
8  virtual void printName();
9  private:
10 std::string Name;
11 };
12 }

```

Listing 2.5: Klasse2.h

In Listing 2.5 ist die Header Datei der Elternklasse zu sehen. Diese verfügt über die virtuelle Methode „virtual void printName()“. Das „virtual“ vor dem Funktionsaufruf sorgt dafür, dass diese Methode in allen Kindklassen implementiert werden muss. In der Kindklasse tauchte diese Methode als ganz normale Methode auf, dabei muss sie den gleichen Namen wie die virtuelle Methode aus der Elternklasse haben.

In Listing 2.6 wird gezeigt, wie man ein Objekt der Kindklasse mithilfe eines Pointers in ein Objekt der Elternklasse umwandelt. Dabei wird in Zeile 5 zunächst ein Pointer erzeugt, der auf ein Objekt der Klasse2 zeigt. Diesem Pointer wird anschließend in Zeile 7 die Speicheradresse des Objektes der Klasse1 übergeben. Der Klasse1 wird nun mittels Funktionsaufruf der Name „hallo welt“ zugeordnet. Im Anschluss wird durch die Ausgabe überprüft, ob der Name dem Objekt zugeordnet wurde. Dies ist in Zeile 9 zu sehen. In Zeile 10 ist zu sehen, wie mithilfe des Zuweisungsoperators „->“ die Funktion „printName()“ der Elternfunktion aufgerufen wird. Da es kein Objekt der Elternklasse gibt, wäre annehmbar, dass dieser Aufruf einen Fehler erzeuge. Aufgrund der aufgerufenen virtuellen Methode, wird nun nicht die Methode der Elternklasse ausgeführt. Da das Objekt, auf das der Pointer zeigt, ein Objekt der Kindklasse ist, wird nun entschieden, dass es die Implementierung aus der Kindklasse verwendet. Diese Entscheidung erfolgt automatisch während der Laufzeit.

Wie erwartet, gibt das Programm zwei mal hintereinander „hallo welt“ aus. Das erste Mal kommt von dem „std::cout << Klasse1.getName() << std::endl;“ und das zweite Mal kommt entsprechend von dem „Klasse2->printName();“.

```

1  #include <iostream>
2
3  int main() {
4      tes::Klasse1 Klasse1(2);
5      tes::Klasse2 *Klasse2;
6
7      Klasse2 = &Klasse1;
8      Klasse1.setName("hallo_welt");
9      std::cout << Klasse1.getName() << std::endl;
10     Klasse2->printName();
11     Klasse1.~Klasse1();
12
13     return 0;
14 }

```

Listing 2.6: Beispiel virtuelle Funktion

Virtuelle Methoden müssen auch eine Implementierung in der Elternklasse besitzen. Um dies zu umgehen, kann eine Methode „pure virtual“ sein. Dazu setzt man in der Header Datei die virtuelle Methode gleich 0. Dies hat zur Konsequenz, dass die gesamte Klasse abstrakt wird. Von abstrakten Klassen können keine Objekte erzeugt werden.

Neben den genannten Inhalten der Polymorphie gibt es noch weitere, wie zum Beispiel die virtuellen Destruktoren oder die Möglichkeit, sich den Objekttyp ausgeben zu lassen. Diese Inhalte wurden in dieser Masterarbeit nicht benutzt und werden daher nicht weiter betrachtet.

Die Polymorphie beschreibt also, wie man mit Objekten verwandter Klassen umgehen kann und wie diese auf einfache Weise verwaltet werden können, ohne dass der Anwender zu jeder Zeit weiß, welche Methode er für welches Objekt benutzen muss. Diese Entscheidung wird ihm vom Programm selbst abgenommen.

[3] [8] [5]

## 2.3 Distributed Interactive Simulation

Distributed Interactive Simulation (DIS) steht für einen Standard zur Steuerung und Überwachung von Simulationen, der 1993 im Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 1278 definiert wurde. Er wird für Simulationen im militärischen und

zivilen Umfeld genutzt und ermöglicht das Erstellen und das Vernetzen von Simulationen, sowie das Erstellen von simulierten Lagebildern. Dabei können die einzelnen Simulationen unterschiedliche Sprachen sprechen. Genauere Informationen über den Aufbau und die Inhalte von DIS können in der Studienarbeit „Beurteilung der Open-DIS C++ Library zur Simulation von militärischen Szenarien“ und im DIS Standard nachgelesen werden. Die verwendete Library ist, wie in der aufgeführten Studienarbeit, die „Open-DIS“ Library. Da im Rahmen dieser Masterarbeit ausschließlich mit der Entity State PDU (ESPDU) gearbeitet wurde, wird diese im kommenden Abschnitt vertieft erklärt. Die ESPDU ist eines der Grundelemente von DIS. Mit ihrer Hilfe werden Entitäten dargestellt, welche für bestimmte Objekte wie Panzer, Schiffe oder Fahrzeuge stehen. Die ESPDU stellt eine Klasse dar, die folgende Attribute besitzt:

- PDU Header
- Entity ID
- Force ID
- Number of Variable Parameter Records(N)
- Entity Type
- Alternative Entity Type
- Entity Linear Velocity
- Entity Location
- Entity Orientation
- Entity Appearance
- Dead Reckoning Parameters
- Entity Marking
- Capabilities
- Variable Parameter record #1
- Variable Parameter record #N

## 2 Grundlagen

Field size	Entity State PDU field	
96 bits	PDU Header	Protocol Version
		Exercise ID
		PDU Type
		Protocol Family
		Timestamp
		Length
		PDU Status
		Padding

Tabelle 2.2: PDU Header[12]

Der PDU Header beinhaltet die grundlegenden Informationen über die PDU und die Simulation. Dabei sollten die Werte für die „Protocol Version“ und der „Exercise ID“ bei allen Teilnehmern der Simulation gleich sein. Dies zeigt zum einen die verwendete DIS Version und die Simulationsnummer einer spezifischen Simulation.

Field size	Entity State PDU field	
48 bits	Entity ID	Site Number
		Application Number
		Entity Number
8 bits	Force ID	enumeration
8 bits	Number of Variable Parameter Records(N)	unsigned integer

Tabelle 2.3: Entity ID, Force ID und anzahl Parameter[12]

In Tabelle 2.3 ist angegeben, wie sich der Inhalt der Entity ID zusammensetzt. Die Werte hängen dabei voneinander ab. Die „Site Number“ gibt Auskunft darüber, an welchem geografischen Ort die Simulation stattfindet. Die „Application Number“ gibt an, welche Anwendung die ESPDU simuliert hat. Die „Entity Number“ gibt an, ob es sich bei der ESPDU um eine befreundete, feindliche, neutrale oder um eine Einheit anderer Gesinnung handelt. Des Weiteren kann aus ihr entnommen werden, die wievielte Einheit es ist. Die „Entity Number“ hängt dabei von der „Site Number“ ab. Bei einer anderen „Site Number“ kann die sonst einmalige „Entity Number“ erneut vergeben werden. Die „ForceID“ gibt die eindeutige Nummer der Entity an und „Number of Variable Parameter Records(N)“ gibt die Anzahl der Zusatzparameter an. Diese werden im weiteren Verlauf ausführlich erklärt.

Field size	Entity Sate PDU fields	
64 bits	Entity Type	Entity Kind
		Domain
		Country
		Category
		Subcategory
		Specific
		Extra

Tabelle 2.4: Entity Type[12]

Der Entity Type gibt Auskunft darüber, um was für eine spezielle Art es sich bei der ESPDU handelt und welcher Nation diese angehört. Der Inhalt des Entity Type wird durch die DIS Enumeration begrenzt. In der Enumeration werden militärische Fahrzeuge wie Flugzeuge, Schiffe, Boote und Landfahrzeuge verschiedener Nationen kodiert. Ein alternativer Entity Type kann im Feld „Alternative Entity Type“ angegeben werden.

Die „Entity Linear Velocity“, „Entity Location“ und „Entity Orientation“ sind dreidimensionale Vektoren. Der „Entity Linear Velocity“ Vektor gibt die vektorielle Geschwindigkeit, der „Entity Location“ Vektor die Position und der „Entity Orientation“ Vektor die Orientierung an.

Das „Entity Appearance“ Feld ist ein 32 Bit breiter Vektor, welcher Informationen über die Gesamterscheinung der ESPDU angibt. Beispielsweise kann in diesem Vektor kodiert sein, welche Lackierung die Entity hat, ob die Entity beschädigt ist oder ob sie sich selbstständig bewegen kann. Genauere Informationen sind in der DIS Enumeration beschrieben.

Die „Dead Reckoning Parameters“ geben an, welche Methode verwendet werden muss, um die Position der Entity vorauszuberechnen. Dieses Feld dient zur Reduzierung der Netzwerkauslastung.

Das „Entity Marking“ Feld enthält Informationen über eindeutige Markierungen an der Entity. Dies können zum Beispiel Zahlen, Symbole oder Ländersymbole sein.

Das „Capabilities“ ist ein 32 Bit breiter Vektor, welcher angibt, welche Fähigkeiten eine Entity besitzt. Zu diesen gehört beispielsweise die Fähigkeit, andere Entity's mit Munition oder Treibstoff zu versorgen. Ausführliche Informationen sind in der DIS Enumeration enthalten.

Field size	Entity State PDU fields	
128 bits	Variable Parameter record	Record Type
		Record-Specific fields

Tabelle 2.5: Variable Parameter record[12]

Im „Variable Parameter record“ werden die Zusatzteile beschrieben, die an dem ESPDU verbaut sind. Dazu können Waffenanlagen und Sensoranlagen gehören. In Tabelle 2.6 ist ein Turm mit Kanone als Variable Parameter record in DIS dargestellt. Da sich der Turm drehen und die Kanone sich anheben können soll, werden vier Parameter benötigt, die die Bewegung beschreiben. Dabei gibt es einen Parameter Record, der die aktuelle Lage beschreibt. In dem unten gezeigten Beispiel gibt es einen Record für die horizontale Richtung und einen für die vertikale Richtung also die Höhe, in die die Kanone zeigt. Die anderen beiden Records sind für die Änderungsraten, in der sich der dazugehörige Wert ändert. Diese Zusammensetzung der Parameter Records ist jedoch nicht fest vorgeschrieben und kann variiert werden. Diese Variation hat jedoch zur Folge, dass bestimmte Bewegungen nicht simuliert werden können. Zum Beispiel kann das Feld „Primary Gun Elevation Rate“ vernachlässigt werden, wenn sich zum einen die Höhe der Kanone sehr schnell ändert oder weil sich die Kanone überhaupt nicht bewegt und somit auch keine Änderungsrate existiert.

[12] [11] [13] [7] [1][6]



## 2 Grundlagen

Record	Field name	Value	Discription
Turret Azimuth	Record Type	0	Articulated Part VP record
	Change Indicator	213	Increment by one for each change
	ID - Part Attached to	0	Tank chassis
	Parameter Type	4107	4096(primary turret) + 11 (azimuth)
	Parameter Value	-0.305	Angle in radians
Turret Auimuth Rate	Record Type	0	Articulated Part VP record
	Change Indicator	45	Increment by one for each change
	ID - Part Attached to	0	Tank chassis
	Parameter Type	4108	4096(primary turret) + 12 (azimuth rate)
	Parameter Value	-0.058	Rate in radians/s
Primary Gun Elevation	Record Type	0	Articulated Part VP record
	Change Indicator	187	Increment by one for each change
	ID - Part Attached to	1	Turret
	Parameter Type	4439	4416 (primary gun) + 13 (elevation)
	Parameter Value	0.267	Angle in radians
Primary Gun Elevation Rate	Record Type	0	Articulated Part VP record
	Change Indicator	34	Increment by one for each change
	ID - Part Attached to	1	Turret
	Parameter Type	4430	4416 (primary gun) + 14 (elevation rate)
	Parameter Value	0.384	Rate in radians/s

Tabelle 2.6: Variable Paramete record Beispiel[12]

## 3 Entwurf der Klassenhierarchie

### 3.1 Grundkonzept

Die Aufgabenstellung, die im Rahmen dieser Masterarbeit gelöst worden ist, war das Erstellen einer Klassenhierarchie zur Erstellung von militärischen und zivilen Simulationsobjekten. Diese können Schiffe, Fahrzeuge, Flugzeuge oder Gebäude darstellen. Die Klassenhierarchie soll die Möglichkeit liefern, Objekte zu erstellen und zu simulieren und diese anschließend in den DIS Standard oder einen Anderen, wie dem HLA Standard, zu überführen.

### 3.2 Lösungsansätze

Während der Erstellung wurden drei verschiedene Lösungsansätze in Betracht gezogen. Diese Ansätze unterscheiden sich in der Abbildung der Wirklichkeit, in Bezug auf die Detailgenauigkeit, Einfachheit und der Möglichkeit, diese Modelle mit beliebigen Funktionen zu erweitern. Die folgenden Lösungsansätze werden schematisch erklärt und es werden die dazugehörigen UML Diagramme gezeigt und erklärt. Es wird in den Diagrammen darauf verzichtet alle Methoden und Attribute anzugeben, da zwei der drei Ansätze nicht weiter verfolgt wurden und die Anzahl der Methoden und Attribute des dritten Ansatzes so groß ist, dass eine komplette Darstellung nicht förderlich ist.

Der erste Ansatz, der in Betracht gezogen wurde, war, sich nahe am DIS Standard zu bewegen und ausschließlich Klassen zu benutzen, die darin implementiert wurden. Es sollte eine Klasse erstellt werden, die die Attribute besitzt, die für die Erstellung einer DIS PDU notwendig sind. Dabei sollten möglichst wenig eigene Methoden erstellt werden. Eine der wichtigsten eigenen Methoden wäre die Erstellung einer ESPDU aus den gespeicherten Daten. Parallel sollte es die Möglichkeit geben, eine Konvertierung der Daten zu HLA zu implementieren. Dieser Ansatz wäre schnell zu implementieren, da nur wenige Klassen zu erstellen wären. Wie im Bild 3.1 zu sehen, hätten nur drei Klassen erstellt werden müssen. Eine der Klassen wäre nur für die Überführung der ESPDU in

HLA notwendig. Die anderen beiden wären nur für die Erstellung eines Objektes und der ESPDU zuständig. Die Klasse „Object“ speichert alle Daten und enthält alle Funktionen, die notwendig sind. Sie erbt von den Klassen „DISClass“ und „ConvertToHLA“ die Methoden für die Erstellung einer ESPDU und für deren Überführung in HLA.

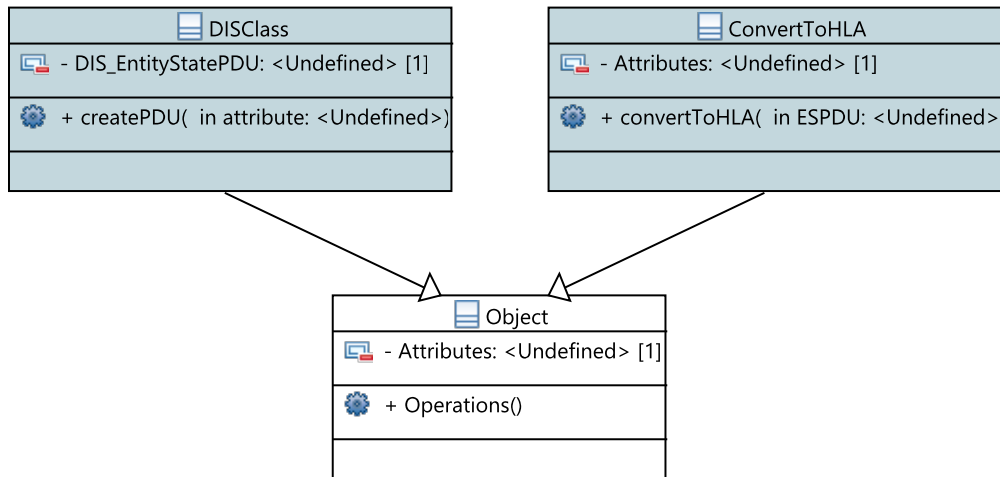


Bild 3.1: Ansatz 1

Der zweite Ansatz bestand darin, eine unabhängige Klassenhierarchie zu erstellen. Diese Hierarchie soll ihre eigenen Attribute und Methoden besitzen. Wie auch im ersten Ansatz, besitzt der zweite Ansatz eine Klasse „Object“. Zusätzlich existieren hier weitere Klassen, deren Elternklasse die Klasse „Object“ ist. Diese besitzt jetzt als Attribut eine ESPDU und zusätzlich noch Attribute, die allgemein für ein Objekt benötigt werden. Die spezifischen Attribute sind in den Kindklassen enthalten.

Wie in Bild 3.2 zu sehen, wird zunächst unterschieden, ob ein Objekt beweglich oder starr an einem Ort ist. Ist ein Objekt mobil, wird unterschieden, ob es sich um ein ziviles oder militärisches Objekt handelt. Die Klassen „civil“ und „military“ stellen die unterste Ebene dar und erben, wie im Bild 3.2 gezeigt, die Inhalte der Elternklassen. Die Entscheidung, ob ein Objekt beweglich oder starr an einem Ort ist, muss vorgenommen werden, da mobile Objekte sich fortbewegen können und demnach mindestens ein Attribut und die dazugehörigen Interface- und Verarbeitungsmethoden mehr hat, als ein festes Objekt. Eine dieser Verarbeitungsmethoden wäre die Berechnung der Positionsänderung in Abhängigkeit der Richtung, Geschwindigkeit und der Zeit. Die Entscheidung, ob ein Objekt zivil oder militärisch ist, wird benötigt, da sie sich grundlegend unterscheiden. Ein militärisches Objekt kann zum Beispiel aktiv an Kampfhandlungen teilnehmen,

wohingegen ein ziviles Objekt maximal passiv daran teilnehmen kann. Durch die Möglichkeit, aktiv an Kampfhandlungen teilzunehmen, kann das militärische Objekt Waffen besitzen, welche ihm die Teilnahme ermöglichen. Dies hat zur Folge, dass die dafür benötigten Attribute und Interface-Methoden in der Klasse implementiert werden. Des Weiteren werden Methoden benötigt, die das Schießen berechnen und simulieren.

Bei diesem Ansatz wird durch Methoden eine DIS Entity State PDU erstellt, welche als Attribut in der Klasse „Object“ gespeichert werden. Diese kann dann an andere Teilnehmer der Simulation gesendet werden. Parallel kann dazu auch eine Methode implementiert werden, die die gespeicherten Daten in HLA oder in eine andere Simulationsumgebung konvertiert. DIS und HLA dienen hier nur als Schnittstelle zu anderen Simulationen.

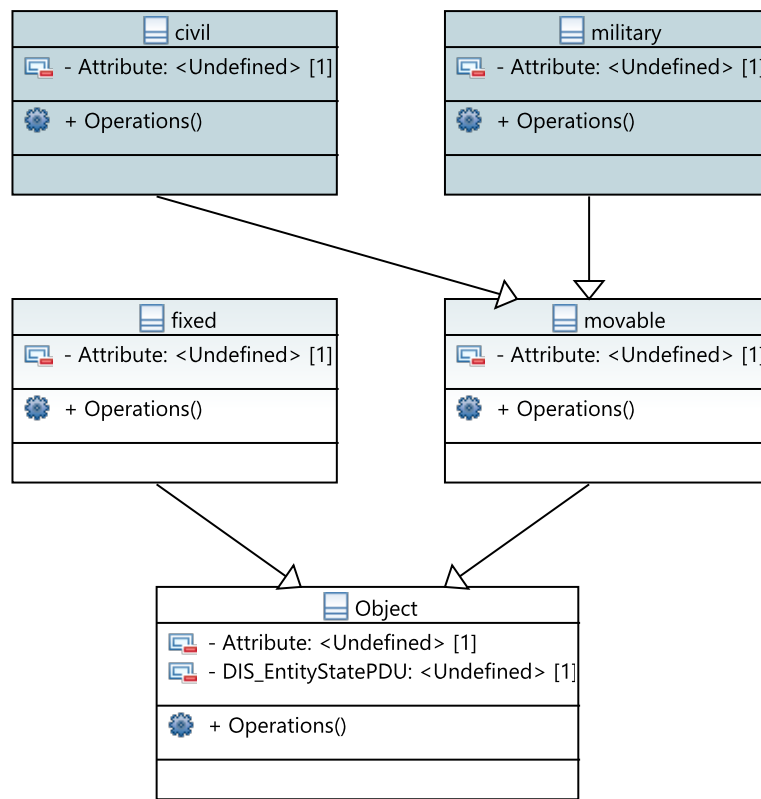


Bild 3.2: Ansatz 2

Der dritte Ansatz greift das Konzept des Zweiten auf, verfolgt jedoch eine andere Strategie. Im Bild 5.1, welches aufgrund der Größe im Anhang zu finden ist, wird das zum Ansatz gehörige UML Diagramm gezeigt. Auch hier ist die Elternklasse, von der geerbt wird, die Klasse „Object“. In diesem Ansatz, wird eine grundlegend andere Unterschei-

dung vorgenommen. Hier wird zunächst zwischen Objekten unterschieden, die sich selbstständig und nicht selbstständig fortbewegen können. Objekte, die sich von selbst bewegen können, besitzen eine Geschwindigkeit und eine Richtung, in die das Objekt zeigt. Objekte, die sich nicht selbst bewegen können, können jedoch auch eine Geschwindigkeit besitzen, beziehungsweise können sie sich auch fortbewegen. Der Unterschied dabei ist jedoch, dass es sich bei diesen Bewegungen entweder um einmalige Positionsänderungen handelt oder um sehr kleine und daher vernachlässigbare Bewegungen. Ein Beispiel für ein Objekt, das ein Objekt der Klasse „nonDriven“ ist, sind Bojen. Bojen bewegen sich im Idealfall nicht oder nur sehr wenig. Die Positionsänderung wird daher nur über das Setzen einer neuen Position und nicht über eine Berechnung aus Geschwindigkeit, Zeit und Richtung vorgenommen. Von der Klasse „nonDriven“ sind die Klassen „movable“ und „fixed“ abgeleitet. Der Unterschied zwischen den beiden Klassen besteht darin, dass sich bei der Klasse „movable“ die Position ändern kann und es deshalb Methoden existieren müssen, die die Position anpassen können. Bei der Klasse „fixed“ wird vorausgesetzt, dass sich die Positionen nie ändern.

Die Klasse „driven“ ist eine Kindklasse von der Klasse „Object“ und stellt das Gegenstück zur Klasse „nonDriven“ dar. Sie ist die Elternklasse aller Klassen, die Objekte darstellen, die sich selbstständig fortbewegen können. Anschließend wird zwischen Luftfahrzeugen, Landfahrzeugen, Seefahrzeugen und Unterseefahrzeugen unterschieden. Für jede Domäne existiert eine eigene Klasse. Diese Unterscheidung ist sinnvoll, denn dadurch können für jede Domäne spezifische Methoden erstellt werden, die zum Beispiel die Positionsangaben prüfen und dann gegebenenfalls Konsequenzen daraus ziehen. Des Weiteren kann dadurch das Objekt der Klasse genauer simuliert werden, es können beispielsweise Methoden implementiert werden, die die Flugbahn eines Flugzeugs oder die einer Rakete berechnen. Diese Methode darf jedoch nicht auf ein Objekt der Klasse „Surface“, „Subsurface“ und „Land“ angewendet werden. Die Unterscheidung zwischen militärischen und zivilen Objekten wird in jeder der Kindklassen der Klasse „driven“ getroffen. Dies hat zur Folge, dass jeweils zwei weitere Klassen hinzukommen, die jeweils das zivile und das militärische Objekt darstellen. Wie im Ansatz 2 beschrieben, ist das sinnvoll, da militärische Objekte andere Methoden und Attribute besitzen als ein ziviles Objekt. Bei diesem Ansatz wird wie im Ansatz 2 die ESPDU als Attribut in der Klasse „Object“ gespeichert und dann gegebenenfalls an andere Teilnehmer verteilt.

Ein weiterer wichtiger Teil dieser Ansätze ist das Hinzufügen von Ausrüstung, da diese ein Objekt erst einsatzfähig macht. Dafür wurde eine Klassenhierarchie entwickelt, die der Grundidee der Ansätze 2 und 3 entspricht. Diese Klassenhierarchie ist im Anhang

im Bild 5.2 zu finden. Die Klasse „Equipment“ spiegelt die Ausrüstung wieder, die ein Objekt besitzt. Sie kann als Attribut in einer der beliebigen Klassen eingefügt werden. Diese Klasse besitzt als Attribute zwei Container, in diesem Beispiel zwei Arrays, in denen jeweils alle vorhandenen Waffen und Sensoren gespeichert werden und einen String, in dem der Name gespeichert wird. Dazu besitzt sie Methoden, mithilfe derer auf die Waffen und Sensoren zugegriffen werden kann. Dabei werden Methoden der Polymorphie benutzt, welche im Abschnitt 2.2.4 beschrieben wurden. Des Weiteren wurde eine Klasse „Weapon“ erstellt, welche die Elternklasse für die spezifischen Waffenklassen darstellt. Außerdem wurde eine Klasse „Munition“ erstellt, welche als Elternklasse für die Munitionsklassen dient. Die derzeit verfügbaren Waffenklassen sind die Klassen „Cannon“ und „Vls“. Die Klasse „Cannon“ stellt eine Rohrwaffe dar, die als Attribut einen Array der Klasse „Bullet“ besitzt. Die Klasse „Vls“ stellt ein Vertical Launching System (VLS), eine Senkrechtstartanlage für Flugkörper, dar. Dieses System besitzt als Munition Raketen, welche mithilfe der Klasse „Rocket“ dargestellt werden. Die Raketen werden, wie in der Klasse „Cannon“, in einem Container gespeichert und verwaltet. Da sich die Munition der Waffenklassen grundsätzlich ähneln, sind die Klassen „Bullet“ und „Rocket“ von der Klasse „Munition“ abgeleitet. Neben den Waffenklassen existieren auch Sensorenklassen. Dazu gehören die Klassen „Camera“, „Sonar“ und „Radar“. Diese Klassen werden wie Waffenklassen behandelt.

## 3.3 Vergleich der verschiedenen Lösungsansätze

Im folgenden Abschnitt werden die im vorhergehenden Abschnitt erklärten Ansätze miteinander verglichen. Es wird eine Bewertung der einzelnen Ansätze vorgenommen und abschließend wird der verwendete Ansatz genannt und es werden die Gründe für die Wahl dargestellt.

Der erste Ansatz ist, wie oben beschrieben, dem DIS sehr nahe. Vorteile dieses Ansatzes wären, dass die Umsetzung sehr schnell wäre, und dass man sich nahe am DIS Standard bewege, was die Teilnahme an DIS basierten Simulationen einfach gestaltet. Nachteil dieses Ansatzes ist, dass man von dem jeweiligen Standard abhängig ist. Des Weiteren kann man bei diesem Ansatz nur anhand des Inhalts der ESPDU unterscheiden, um was für ein Objekt es sich handelt. Dies hat zur Folge, dass nicht gewährleistet werden kann, dass spezifische Objekte wie Schiffe, Flugzeuge oder Landfahrzeuge nur auf die für sie geltenden Methoden zugreifen können und somit die Methoden selbst prüfen müssen, um was für ein Objekt es sich handelt und dann entsprechende Berechnungen

durchführt. Die Methoden, die für die speziellen Einsatzräume gelten, sind zum Beispiel Flugbahnberechnungen, Berechnungen, die die Position überprüfen oder Methoden zur Routenberechnung.

Der zweite Ansatz hat den Vorteil, dass er von jedem Simulationsstandard losgelöst ist. Er enthält zwar als Attribut eine ESPDU, jedoch kann diese nur bei Bedarf erstellt werden. Die Attribute, die in den Klassen enthalten sind, sind vom DIS Standard losgelöst. Bei der Erstellung einer ESPDU werden diese Attribute übersetzt und in der entsprechenden Form in der ESPDU gespeichert. Diese PDU wird ausschließlich zur Kommunikation mit anderen Teilnehmern verwendet. Ein Nachteil dieses Ansatzes ist, dass nicht unterschieden wird, um was es sich bei diesem Objekt handelt. Es wird zwar unterschieden, ob es sich um ein ziviles oder militärisches Objekt handelt, jedoch werden beispielsweise militärische Schiffe, Flugzeuge und Landfahrzeuge gleich behandelt. Sie können, wie im Ansatz 1, auf die gleichen Methoden zugreifen, welche auch hier anhand von Attributen entscheiden müssen, um was für ein Objekt es sich handelt.

Im dritten Ansatz wird konsequent zwischen zivilen und militärischen, Luft-, Land- und Seeinheiten unterschieden. Hier können zwar die militärischen und zivilen Einheiten auf die gleiche Elternklasse zugreifen, die Methoden für den jeweiligen Einsatzraum enthält. Jedoch können sie nicht auf Methoden zugreifen, die zu einem Einsatzraum gehören. Da Objekte nur noch auf die für sie gedachten Methoden zugreifen können, müssen diese Methoden nicht mehr prüfen, ob sie auf dieses Objekt angewendet werden dürfen. Die Implementierung dieser Methoden ist somit weniger komplex. Nachteile dieses Ansatzes sind, dass es für jedes Objekt des Einsatzraums jeweils eine Klasse für zivile und militärische Objekte gibt, was die Anzahl der Attribute und Methoden vergrößert. Des Weiteren muss bei diesem Ansatz mehr darauf geachtet werden, dass Attribute und Methoden nicht doppelt implementiert sind, da dies den Quellcode unnötig unübersichtlich und komplex mache.

Vergleicht man die Ansätze miteinander, fällt auf, dass die Anzahl der Klassen mit jedem Ansatz gestiegen ist. Des Weiteren muss man bei der Erstellung eines Objektes genau wissen, um was es sich handeln soll. Beim ersten Ansatz kann man eine ESPDU mit den entsprechenden Werten erstellen, ohne zu entscheiden, um was es sich bei dem Objekt handeln soll. Bei zweiten Ansatz muss man zwischen festen und beweglichen Objekten und wenn es sich um ein bewegliches Objekt handeln soll, ob es ein militärisches oder ziviles Objekt handelt, entscheiden. Beim dritten Ansatz kann man sich nur für ein Objekt entscheiden, welches auch als Klasse abgebildet ist. Benötigt man ein Objekt einer nicht vorhandenen Klasse, muss man den Ansatz um die benötigte Klasse erweitern.

Diese Einschränkung bei der Auswahl ermöglicht es, immer die korrekten Methoden auf die Objekte anzuwenden. Der erhöhte Implementierungsaufwand ermöglicht jedoch eine sichere und korrekte Benutzung. Abschließend stellt sich der dritte Ansatz als der beste heraus, da bei der Implementierung der Methoden nicht auf einen unzulässigen Gebrauch geprüft werden muss, da die Methode immer nur von dem Objekt benutzt werden kann, für das sie bestimmt ist. Für die Implementierung wurde daher dieser Ansatz genutzt, da die Implementierung der Methoden die einfachere ist und weil sich dieser Ansatz auf Grund seiner Struktur potentiell am besten erweitern lässt.

## 3.4 Implementierung

Die Klassenhierarchie wurde mithilfe eines UML Diagramms entworfen, welches mit der Papyrus Erweiterung der Eclipse IDE erstellt wurde. Anhand dieses Diagramms wurde ein C++ Projekt generiert, das anschließend vervollständigt wurde. Dabei wurden weitere Methoden und Attribute hinzugefügt. Bei der Implementierung traten einige Probleme auf. Die komplexesten werden im folgenden Abschnitt aufgezeigt und es wird die implementierte Lösung erklärt.

Die erste Aufgabe war es, alle „get“ und „set“ Methoden zu implementieren. Im Listing 3.1 ist eine einfache Implementierung dieser Methoden zu sehen. Hier wird das Attribut „Type“, welches „private“ ist, gesetzt und abgerufen. Die unten gezeigte Implementierung ist beispielhaft für die anderen Methoden.

```
1 void driven::setType(std::string /*in*/type) {  
2   Type = type;  
3 }  
4 std::string driven::getType() {  
5   return Type;  
6 }
```

Listing 3.1: „get“ und „set“ Methode

Das nächste Problem war es, die Konstruktoren zu erstellen. Hierbei galt es zunächst diese so einfach wie möglich zu halten. Jedoch wurde schnell sichtbar, dass die Eingaben überprüft werden müssen. Der Grund dafür entstand aus der Forderung, dass ein Objekt in den DIS Standard übersetzt werden soll. Da DIS über eine Enumeration verfügt, in der die verschiedenen Arten einer Entity kodiert sind, muss das Programm erkennen, wie es das vorhandene Objekt übersetzen kann, sodass es zu einem der Objekte passt,



die in der Enumeration kodiert sind. Um dies zu erfüllen, wurde entschieden, dass es am besten sei, diese Prüfung direkt im Konstruktor vorzunehmen und diese als String zu speichern, um die Lesbarkeit beizubehalten.

```

1  warShip::warShip(std::string /*in*/Name ,
2  std::string /*in*/Type, std::string/*in*/ Country) {
3  object::setName(Name);
4  object::setCountry(Country);
5  object::setKind("Platform");
6  object::SetDomain("Surface");
7  object::setPosition(0,0,0);
8  object::incrementCounter();
9  driven::setType(Type);
10 equipment = NULL;
11 if (Type== "F124") {
12     driven::setCategory("Guided_Missile_Frigate_(FFG)");
13     driven::setSubCategory("Sachsen_Class_(Type_124)");
14 } else if (Type == "F123") {
15     driven::setSubCategory("Brandenburg_class_(Type_123)");
16     driven::setCategory("Guided_Missile_Frigate_(FFG)");
17 }else if (Type == "F122"){
18     driven::setSubCategory("Bremen_class_(Type_122)");
19     driven::setCategory("Guided_Missile_Frigate_(FFG)");
20 } else{
21     std::string SubCategory , Category;
22     std::cout <<"Category_as_written_in_DIS_Enum:";
23     getline(std::cin, Category);
24     std::cout <<"SubCategory_as_written_in_DIS_Enum:"
25     << std::endl;
26     getline(std::cin, SubCategory);
27     driven::setSubCategory(SubCategory);
28     driven::setCategory(Category);
29 }}

```

Listing 3.2: Konstruktor „warShip“ Klasse

Im Listing 3.2 ist der Konstruktor der Klasse „warShip“ dargestellt. Hier ist zu sehen,

dass für das Erstellen der Klasse nur die Attribute „Name“, „Type“ und „Country“ dem Konstruktor übergeben werden. Neben den genannten Attributen werden noch weitere benötigt, die das Objekt noch genauer spezifizieren. Die weiteren Attribute sind „Category“, „SubCategory“, „Kind“ und „Domain“. Diese weiteren Attribute sind jedoch nur für die korrekte Erstellung der ESPDU notwendig. Die Attribute „Category“ und „SubCategory“ sind DIS spezifisch und sollten möglichst dem Inhalt der Enumeration entsprechen, da sonst die Übersetzung nicht möglich ist. Die hier gezeigte Implementierung ist jedoch nur zu Testzwecken. Eine andere Lösung wäre die Erstellung einer Datenbank beziehungsweise eines Containers, in dem die möglichen Werte für die Attribute gespeichert sind und das Anhand des „Type“ Wertes entschieden wird, welche Werte die Attribute „Category“ und „SubCategory“ erhalten. Die Konstruktoren der Klassen „warPlane“, „civilPlane“, „military“, „civil“ und „civilShip“ können auf die gleiche Weise implementiert werden, wobei das für die Klassen „military“ und „warPlane“ schon der Fall ist.

Das wohl komplexeste Problem war die Übersetzung eines Objektes in eine ESPDU. Dafür wurde eine eigene Klasse erstellt, die nur dafür zuständig ist, den „Entity Type“ zu erstellen. Diese Klasse enthält eine Datenbank, die aus der DIS Enumeration entnommen wurde.

```

1  class DIS_enum {
2  public:
3  DIS_enum();
4  // ~DIS_enum();
5
6  DIS_EntityType_Variables getDISEntityType(std::string kind,
7      std::string domain, std::string country,
8      std::string category, std::string subcategory,
9      std::string specific, std::string extra);
10
11 private:
12 std::map<int, std::string> Kind;
13 std::map<int, std::string> DomainPlatform;
14 std::map<int, std::string> DomainMunition;
15 std::map<int, std::string> Country;
16 std::map<int, std::string> CategoryLand;
17 std::map<int, std::string> CategoryAir;

```

```

18 std::map<int, std::string> CategorySurface;
19
20 ...
21 };

```

Listing 3.3: Ausschnitt DIS\_enum.h

Das Listing 3.3 ist ein Ausschnitt der Header Datei der „DIS\_enum“ Klasse. In Zeile 6 ist die Funktion zu sehen, die mithilfe der eingegebenen Strings einen Struct befüllt, mit dessen Hilfe das „Entity Type“ Feld befüllt wird. Bevor jedoch diese Funktion genutzt werden kann, muss zunächst der Konstruktor aufgerufen werden. Dieser dient zur Erstellung eines Objektes und zur Befüllung der Container, in diesem Fall der vorhandenen Maps. In Listing 3.4 ist ein Teil des Konstruktors abgebildet. Dieser Teil zeigt wie die Maps befüllt werden.

```

1 DIS_enum::DIS_enum(){
2 Kind[0]="Other";
3 Kind[1]="Platform";
4 Kind[2]="Munition";
5 Kind[3]="Life_ form";
6
7
8 DomainPlatform[0]="Other";
9 DomainPlatform[1]="Land";
10 DomainPlatform[2]="Air";
11 DomainPlatform[3]="Surface";
12 DomainPlatform[4]="Subsurface";
13 ...
14 }

```

Listing 3.4: Ausschnitt DIS\_enum.cpp

Die Maps, die derzeit erstellt wurden, können in der Header Datei gefunden werden. Diese Maps sind nur teilweise vollständig befüllt. Falls ein benötigter Eintrag nicht vorhanden ist, können die benötigten Werte in der DIS Enumeration [11] gefunden werden.

Die in Listing 3.3 zu sehende Funktion „DIS\_EntityType\_Variables getDISEntityType()“ hat als Rückgabewert einen Struct, der folgenden Integer Werte beinhaltet:

- Kind
- Domain
- Country
- Category
- SubCategory
- Specific
- Extra

Der Inhalt entspricht dem des „Entity Type“ Feldes. Als Input Parameter werden der Funktion die in Listing 3.3 zu sehenden Strings übergeben. Da die Werte des „Entity Type“ von einander abhängen, ist die Struktur der Funktion die eines Baumes. In Listing 3.5 ist die erste Entscheidung zu sehen. Es wird zunächst geprüft, um was es sich bei dem Objekt grundlegend handelt. Es wird zwischen „Platform“, „Munition“, „Life form“, „Environmental“ und anderen entschieden. Genauere Informationen sind in der Enumeration enthalten [11]. Diese Information ist im Attribut „Kind“ gespeichert. In der derzeitigen Version der Funktion ist nur der „case 1“ implementiert.

```
1 for (std::map<int, std::string>::iterator it=Kind.begin();
2     it!=Kind.end(); ++it)
3 if (it->second == kind) {
4     help.Kind = it->first;
5 }
6 switch (help.Kind) {
7 case 1: // platform
8     for (std::map<int, std::string>::iterator
9         it=DomainPlatform.begin(); it!=DomainPlatform.end();
10        ++it)
11     if (it->second == domain) {
12         help.Domain = it->first;
13     }
14     switch (help.Domain) { ... }
15 break;
```

```

16 case 2: // munition
17 break;
18 ...
19 default : std::cout << "invalid_Kind" << '\n';
20 std::cout << "Possible_is:_Other'_Platform'_Munition'
21 'Life_form'_Environmental'_Cultural_Feature'_Supply'
22 'Radio'_Expendable'_or'_Sensor/Emitter'" << '\n';
23 }

```

Listing 3.5: Funktion „getDISEntityType()“ Teil 1

Trifft der Fall nun zu, so wird die Domäne geprüft, also ob es sich um ein Land-, Luft-, See- oder Unterseeobjekt handelt. Diese Information ist im String „Domain“ gespeichert. In der vorliegenden Version sind nur die Fälle implementiert, in denen die Domäne Land oder Surface ist. Die anderen Fälle müssen noch implementiert werden. Trifft einer der Fälle zu, wird geprüft, welchem Land das Objekt angehört.

```

1 switch (help.Domain) {
2 case 0: // domain other
3 break;
4 case 1: // land
5     for (std::map<int, std::string>::iterator
6         it=Country.begin(); it!=Country.end(); ++it){
7         if (it->second == country) {
8             help.Country = it->first;
9         } }
10    switch (help.Country) {...}
11 break;
12 case 2: // air
13 break;
14 case 3: // surface
15 ...
16 break;
17 ...
18 default: ...

```

Listing 3.6: Funktion „getDISEntityType()“ Teil 2

Hier kann zwischen den USA, Russland und Deutschland entschieden werden. Sollen weitere Nationen verfügbar sein, muss die entsprechende Map angepasst werden.

```

1  switch (help.Country) {
2  case 78: // germany
3  for (std::map<int, std::string>::iterator
4      it=CategoryLand.begin(); it!=CategoryLand.end(); ++it){
5  if (it->second == category) {
6  help.Category = it->first;
7  } }
8  switch (help.Category) {
9      case 1 : // tank
10         for (std::map<int, std::string>::iterator
11             it=GermanLandTankSubcategory.begin();
12             it!=GermanLandTankSubcategory.end(); ++it){
13             if (it->second == subcategory) {
14             help.SubCategory = it->first;
15             } }
16         break;
17         case 2 : // armored fighting vehicle
18         break;
19         case 3 : // armored Utility Vehicle
20         break;
21         default: std::cout << "invalid Category" << '\n';
22         break;
23     }
24 break;
25 case 225:
26 ...
27 break;
28 ...

```

Listing 3.7: Funktion „getDISEntityType()“ Teil 3

In Listing 3.7 ist dargestellt, wie in der Domäne „land“, der Nation „germany“ und in der Kategorie „tank“ die Unterkategorie übersetzt wird. Die Implementierung für die anderen verfügbaren Nationen sind analog zu der gezeigten Implementierung. An diesem

Punkt wurden die Werte für „Kind“, „Domain“, „Country“, „Category“ und „SubCategory“ übersetzt. Die Werte für „Specific“ und „Extra“ werden nicht gesetzt, da diese die genauen Versionen der Modelle widerspiegeln und das in dem Rahmen der Masterarbeit nicht nötig war. Eine Erweiterung um diese beiden Werte wäre ohne großen Aufwand möglich.

Die beschriebene Funktion ist jedoch nur ein Teil bei der Erstellung einer ESPDU. Eine weitere Funktion ist die „makeDISArticulationsParameter()“. Diese Funktion übersetzt die Ausrüstung in das DIS Format.

Die Waffen und Sensoren werden in der „Equipment“ Klasse und zwei unterschiedlichen Listen gespeichert. Das Überführen in das DIS Format erfolgt deshalb getrennt voneinander.

```

1  std::list<Model::weapon*> weapon = equipment->getWeapon();
2  std::list<Model::sensor*> sensor = equipment->getSensor();
3  int amountTurrents = 0;
4  int amountLauncher = 0;
5  int amountRadars = 0;
6  int amountSonar = 0;
7
8  for(std::list<Model::weapon*>::iterator it=weapon.begin();
9      it != weapon.end(); it++)
10 {
11  if((*it)->getType()=="PRIMARY_TURRET"){
12      DIS::ArticulationParameter DISequipment[3];
13      ...
14      amountTurrents++;
15  } else if ((*it)->getType()=="VLS") {
16      DIS::ArticulationParameter DISequipment;
17      ...
18      amountLauncher++;
19  } else{
20      // more weapons
21  }
22 }
23 for(std::list<Model::sensor*>::iterator it=sensor.begin();
24     it != sensor.end(); it++)

```

```

25 {
26   if ((*it)->getType()=="RADAR"){
27     DIS::ArticulationParameter DISequipment[1];
28     ...
29     amountRadars++;
30 } else if ((*it)->getType()=="SONAR") {
31   DIS::ArticulationParameter DISequipment;
32   ...
33   amountSonar++;
34 }else {
35   // more sensors
36 }}

```

Listing 3.8: ArticulationParameter

In Listing 3.8 ist das Gerüst der Funktion gezeigt. Als ersten werden sämtliche Waffen und Sensoren eines Objektes abgefragt und zwischengespeichert. Anschließend werden die Listen nach den entsprechenden Arten der Waffen durchsucht, wobei für jede Art gesondert verfahren wird. Dies wird mit einer „if(){} else if(){}“ Kaskade realisiert. Ein „switch case“ ist nicht möglich, da hier Strings verglichen werden. Die Zählvariablen werden benötigt, da jede Waffe und jeder Sensor eine spezielle Kennung in Abhängigkeit der Anzahl besitzt. In der hier gezeigten Version sind nur zwei verschiedene Waffen und zwei verschiedene Sensoren implementiert. Weitere können einfach durch Erweiterung der „if(){} else if(){}“ Kaskade eingefügt werden. Außerdem müssen die Enumerationen, die in Listing 3.9 gezeigt sind, erweitert werden.

```

1 namespace Articulation
2 {
3   enum Motion
4   {
5     AZIMUTH = 11,
6     AZIMUTH_RATE = 12,
7     ELEVATION = 13,
8     POSITION = 1
9   };
10  enum Part
11  {

```



```

12     PRIMARY_TURRET = 4096 ,
13     PRIMARY_GUN = 4416 ,
14     SECONDARY_GUN = 6016 ,
15     PRIMARY_LAUNCHER = 4736 ,
16     PRIMARY_RADAR = 5376 ,
17     SECONDARY_RADAR = 6976
18 };
19 enum Designator
20 {
21     ARTICULATED = 0 ,
22     ATTACHED = 1
23 };}

```

Listing 3.9: Parameter Enumeration

Die Anzahl der Parameter, die für eine bestimmte Waffe oder Sensor genutzt werden, hängt zum Einen von der Waffe oder dem Sensor ab, die übersetzt werden und zum Anderen von der geforderten Detailgenauigkeit. Hier gilt der Grundsatz, je detaillierter desto mehr Parameter werden benötigt. In den gezeigten Funktionen werden für eine Kanone drei Parameter und für das VLS ein Parameter erstellt. Die Sensoren werden je durch einen Parameter dargestellt.

Neben den beschriebenen Funktionen zur Erstellung des „Entity Type“ und zur Übersetzung des Equipments wurden noch zwei weitere Funktionen erstellt. Eine der Funktionen, die „makeStdDISPDU(DIS::Vector3Float velo,DIS::Orientation orie)“, ist für das Hinzufügen der globalen Variablen, wie der Protokoll Version, der ExerciseID, der EntityID und der ForceID. Des Weiteren fügt sie alle Informationen zur ESPDU hinzu, die von anderen Funktionen erstellt wurden. Dazu gehören der „Entity Type“, die Position, die Geschwindigkeit und die Orientierung, wobei sie die Geschwindigkeit und die Orientierung als Input erhält und nur zur ESPDU hinzufügt. Die beiden Informationen sind Bestandteil der Klasse „driven“ und müssen daher übergeben werden. Die EntityID und die ForceID stellen eine Besonderheit dar. Da mithilfe dieser Klassenhierarchie mehrere Objekte erstellt werden sollen, die an einer Simulation teilnehmen, muss die Vergabe der EntityID und der ForceID dynamisch erfolgen. Dazu wurden vier statische Zählvariablen und eine boolsche Variable erstellt. Die Zählvariablen zählen die erstellten Objekte und die Anzahl der Objekte, die Freund, Feind oder Neutral sind. Die boolsche Variable wird nach der erstmaligen Erstellung der ForceID und EntityID auf „TRUE“

gesetzt, was das erneute Erstellen verhindert, denn eine ForceID und EntityID muss für ein Objekt im Laufe einer Simulation immer gleich bleiben. In DIS erhalten freundliche, feindliche und neutrale Objekte eine Unterschiedliche EntityID und ForceID. Diese ID's sind neben der Angehörigkeit auch von der laufenden Nummer des Simulationsobjektes abhängig. Für freundliche Entity's beginnt diese Zahl bei 1 und wird für jede weitere freundliche Entity um 3 erhöht. Bei feindlichen Entity's beginnt sie bei 2 und wird dann um 3 erhöht und bei neutralen beginnt sie bei 3 und wird anschließend für jede Weitere um 3 erhöht. Entity's, die weder freundlich noch feindlich noch neutral sind, erhalten als EntityID und ForceID eine 0.

```

1 DIS::EntityID DISunit_entity_id;
2 DISunit_entity_id.setSite( 0 );
3 DISunit_entity_id.setApplication( 1 );
4 int ForceID;
5 if (Membership == "Other") {
6     DISunit_entity_id.setEntity( 0 );
7     ForceID = 0;
8 } else if(Membership == "Friendly") {
9     DISunit_entity_id.setEntity( (1 + CounterFriendly * 3)-3 );
10    ForceID = ((1 + CounterFriendly * 3)-3);
11 }else if(Membership == "Enemy"){
12     DISunit_entity_id.setEntity( (2 + CounterEnemy * 3)-3 );
13     ForceID = ((2 + CounterEnemy * 3)-3);
14 } else {
15     DISunit_entity_id.setEntity( (3 + CounterNeutral * 3)-3);
16     ForceID = ((3 + CounterNeutral * 3)-3);
17 }
18 ...
19 if (EntityIDisSet == false) {
20     DISUnit.setEntityID(DISunit_entity_id);
21     DISUnit.setEntityType(DISType);
22     DISUnit.setForceId(ForceID);
23     EntityIDisSet = true;
24 }

```

Listing 3.10: EntityID und ForceID

In Listing 3.10 ist die Implementierung der oben beschriebene Vergabe gezeigt. Die vierte und letzte Funktion ist die Funktion, mit der man das Erstellen und den Aufruf der anderen beschriebenen Funktionen anstößt. Außerdem erstellt sie die DIS Vektoren, welche die Geschwindigkeit und die Orientierung beinhalten und übergibt diese an die Funktion „makeStdDISPDU(DIS::Vector3Float velo,DIS::Orientation orie)“. Die Funktionen, die zur Erstellung der ESPDU benötigt werden, sind, mit Ausnahme der „makeStdDISPDU(DIS::Vector3Float velo,DIS::Orientation orie)“ und der „DIS\_EntityType \_Variables getDISEntityType()“ Funktion, in der Klasse „drvien“ implementiert. Die ESPDU kann mithilfe der Methode „sendToNetwork(char DST[15])“ an andere Teilnehmer gesendet werden. Als Input erhält die Methode die IP Adresse, an die gesendet werden soll. Die Daten werden mithilfe des User Datagram Protocol (UDP) versendet. Die letzte Methode, die erklärt wird, kann unter anderem das Fortbewegen der ESPDU ermöglichen. Die Methode „updateObject(double dt)“ erhält als Input eine Zeit in Sekunden, mit deren Hilfe die zurückgelegte Entfernung berechnet wird.

```

1 position_dec position = object::getPosition();
2 Vector3D orientation = driven::getOrientation();
3 Vector3D velocity = driven::getVelo();
4 position_dec newPosition;
5
6 geod.Direct(position.lat,position.lon,
7             orientation.x,velocity.x*dt,
8             newPosition.lat,newPosition.lon);
9
10 object::setPosition(newPosition.lat,newPosition.lon,
11                     position.height_above_geoid);

```

Listing 3.11: Update Funktion

In Listing 3.11 ist die bisher implementierte Methode zu sehen. Die verwendete Funktion, die in Zeile 6 zu sehen ist, stammt aus der GeographicLib. Diese Library wurde in der Studienarbeit „Beurteilung der open-dis c++ Library zur simulation von militärischen szenarien“ [4] erklärt. Die aktuelle Version der „updateObject(double dt)“ Funktion ermöglicht derzeit nur die geradlinige Fortbewegung. Die Methode soll später das gesamte Objekt updaten, sodass alle Parameter verändert werden können und dass diese immer den korrekten Wert anzeigen.

## 3.5 Fähigkeiten der Klassenhierarchie

Im folgenden Abschnitt wird beschrieben, was die fertige Klassenhierarchie für Möglichkeiten bietet. Die konkrete Implementierung wird für ausgewählte Methoden im Abschnitt 3.4 erklärt. Grundsätzlich kann jedoch gesagt werden, dass die Klassenhierarchie eine Grundlage liefert, die je nach Bedarf beliebig erweitert werden kann. Diese setzt sich aus dem Ansatz 3 und der Klassenhierarchie für die Ausrüstung zusammen. Mit der Klassenhierarchie ist es möglich, ein Objekt zu erstellen, das ein ziviles oder militärisches Schiff, Flugzeug oder Landfahrzeug sein kann. Diesem Objekt können folgende Informationen gegeben werden:

- Name
- Typ
- Kategorie
- Nation
- Fraktionsangehörigkeit
- Position
- Geschwindigkeit
- Lage
- Equipment

Neben den oben genannten Attributen besitzt ein Objekt noch weitere, die nicht vom User gesetzt werden müssen, da sie bei entsprechender Eingabe im Konstruktor automatisch gesetzt werden. Klassen, bei denen diese Attribute automatisch im Konstruktor gesetzt werden, sind die „warShip“ und die „military“ Klasse. Diese Möglichkeit wurde bei diesen Klassen experimentell implementiert. Des Weiteren wurde eine Methode implementiert, mithilfe derer sich die Bewegung eines Objektes berechnen lässt.

Nach der Erstellung eines Objektes der Grundklasse, können auch Ausrüstungsobjekte erstellt werden, die dann anschließend einem Objekt der Grundklasse als Attribut hinzugefügt werden. Als Grundlage für die Ausrüstung wurde das Model genutzt, welches im Abschnitt 3.2 beschrieben ist. Hierbei wurde sich auf zwei Waffen und auf drei Sensoren beschränkt. Weitere Klassen können, wie bei den Beispielsklassen gezeigt, hinzugefügt werden.

```

1  #include <iostream>
2
3  #include "warShip.h"
4  #include "cannon.h"
5  #include "rocket.h"
6  #include "vls.h"
7  #include "weapon.h"
8
9  #define DST "127.0.0.255"
10
11 int main(int argc, char const *argv[]) {
12     Model::warShip ship1("Hamburg", "F124", "Germany");
13     ship1.setMembership("Friendly");
14
15     Model::Equipment eq1("Alpha");
16     Model::cannon can1("Otto_Melara_MK21", 120);
17     Model::vls vls1("VLS_System", 32);
18     Model::rocket rocket("Tomahawk", "Cruise_missile", 3000);
19
20     vls1.addRocket(&rocket);
21     eq1.addWeapon(&can1);
22     eq1.addWeapon(&vls1);
23     ship1.addEquipment(&eq1);
24
25     ship1.createDISPDU();
26     ship1.sendToNetwork(DST);
27     return 0;
28 }

```

Listing 3.12: main.cpp

In Listing 3.12 ist die main.cpp zu sehen. Dieses Programm testet, soweit möglich, die Klassenhierarchie. Hier wird beispielsweise ein Kriegsschiff erstellt, mit Ausrüstung bestückt und anschließend als ESPDU an die angegebenen IP Adresse versendet. In Zeile 12 ist die Erstellung eines Kriegsschiffes der F124 Klasse zu sehen. Als weitere Parameter werden der Name, sowie die Nation übergeben. In Zeile 13 wird die Gesinnung festgelegt.

In den Zeilen 15 bis 18 werden die Objekte für die Ausrüstung erstellt. In den Zeilen 20 bis 23 wird die erstellte Ausrüstung dem Schiff, beziehungsweise dem Objekt der Klasse „Equipment“, hinzugefügt. In Zeile 25 wird die Methode aufgerufen, die das erstellte Objekt in eine ESPDU übersetzt. In der darauf folgenden Zeile wird die ESPDU dann an die Adresse „DST“ gesendet.

Das in Listing 3.12 erstellte Objekt der Klasse „warShip“ kann in der aktuellen Version der Klassenhierarchie durch ein Objekt der Klasse „military“, also durch ein militärisches Landfahrzeug, ersetzt werden. Allgemein lässt sich sagen, dass nach der Implementierung der Konstruktoren und der Ergänzung der Datenbank der Klasse „DIS\_enum“, sich jedes beliebige Objekt erstellen, übersetzen und senden lassen kann.

## 3.6 Offene Probleme

Wie in den vorhergehenden Abschnitten bereits angeschnitten, ist eines der offenen Probleme die Erweiterung der Datenbanken und Konstruktoren, die die Erstellung weiterer Objekte der verschiedenen Klassen ermöglichen. In der aktuellen Version wurden nur wenige Einheiten in der Datenbank aufgenommen, da lediglich das Grundgerüst geschaffen werden sollte und es keinen konkreten Bedarf gab.

Ein weiteres offenes Problem ist die Implementierung der Methoden, die die Position eines Objektes überprüfen und gegebenenfalls für ungültig erklären oder diese korrigieren. Dies ist nötig, da verhindert werden muss, dass Schiffe eine Position haben, deren Koordinaten eine Höhe besitzt, welche nicht zu einem Schiff passt. Ein weiteres Beispiel ist, dass ein Landfahrzeug keine Position haben darf, die auf eine Position auf dem Wasser oder unter dem Wasser hinweist. Dabei muss jedoch auf die Vorgabe der Simulation geachtet werden, da Landfahrzeuge prinzipiell unter Wasser sein können, jedoch diese Position ungewöhnlich für ein Landfahrzeug ist.

Ein anderes Problem ist das Implementieren einer Methode, die das Abfeuern einer Waffe simuliert. Das Abfeuern muss anschließend als PDU an die Simulationsteilnehmer gesendet werden. Die Methode, die zum Beispiel das Feuern übersetzt, kann neu implementiert werden oder es kann die Methode der Klasse „DIS\_enum“ erweitert werden. Neben dem Abfeuern einer Waffe wird dann auch die Simulation des Umsetzens beziehungsweise der Einschlag der Munition benötigt. Hierfür wird ebenfalls die entsprechende PDU benötigt.

Wie beschrieben, sollen mithilfe der Klassenhierarchie Objekte simuliert werden, die sich nicht eigenständig bewegen können. Hierfür müssen gegebenenfalls weitere Klassen

hinzugefügt werden oder bestehende angepasst werden. Diese Möglichkeit wurde noch nicht implementiert, da Wert auf die Implementierung der Klassen gelegt wurde, die Kindklassen der Klasse „driven“ sind.

Ein weitere sinnvolle Erweiterung wäre beispielsweise die Implementierung von Methoden, die ein Objekt festgelegte Kurse abfahren oder fliegen lässt. Dabei muss überprüft werden, dass die eingegebenen Kurse zu den Objekten und deren Einsatzgebieten passen.

## 4 Fazit

In dieser Masterarbeit wurden die Grundsätze der objektorientierte Programmierung und einige ausgewählte Besonderheiten der Programmiersprache C++ erklärt. Des Weiteren wurde der Inhalt einer ESPDU erklärt. Außer den genannten Grundlagen, wurden die gefundenen Lösungsansätze erklärt und verglichen, die als Grundlage der Klassenhierarchie dienten. Im Anschluss dazu wurde die Implementierung wichtiger Methoden anhand des Quellcodes erklärt. Abschließend wurden die offenen Probleme genannt.

Die erstellte Klassenhierarchie bietet eine gute Grundlage für die Erstellung von Objekten. Um ein Objekt schlussendlich zu simulieren, fehlen jedoch noch einige wichtige Methoden. Für die Übersetzung eines Objektes in den DIS Standard wurden Methoden erstellt, mit denen man derzeit ausgewählte Objekte bestimmter Typen übersetzen kann. Eine Erweiterung dieser möglichen Typen ist relativ einfach zu realisieren.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Klassenhierarchie die nötigen Grundlagen für Erweiterungen bietet. Sie ist von dem DIS Standard losgelöst, bietet jedoch Methoden, die es ermöglichen, mit anderen Simulationen mithilfe des DIS Standards zu kommunizieren. Andere Standards können ebenfalls bereitgestellt werden.



# 5 Anhang

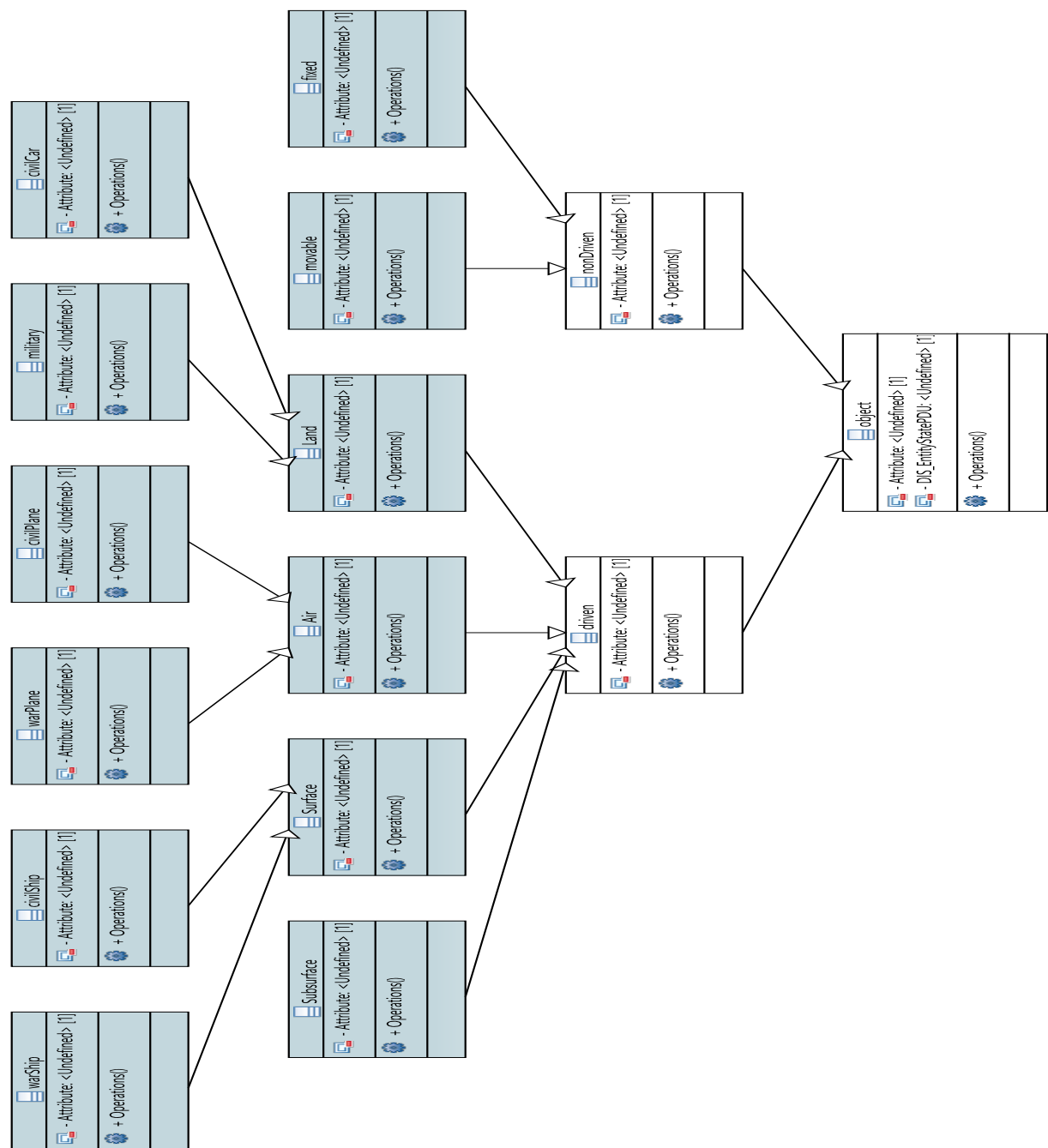


Bild 5.1: Ansatz 3

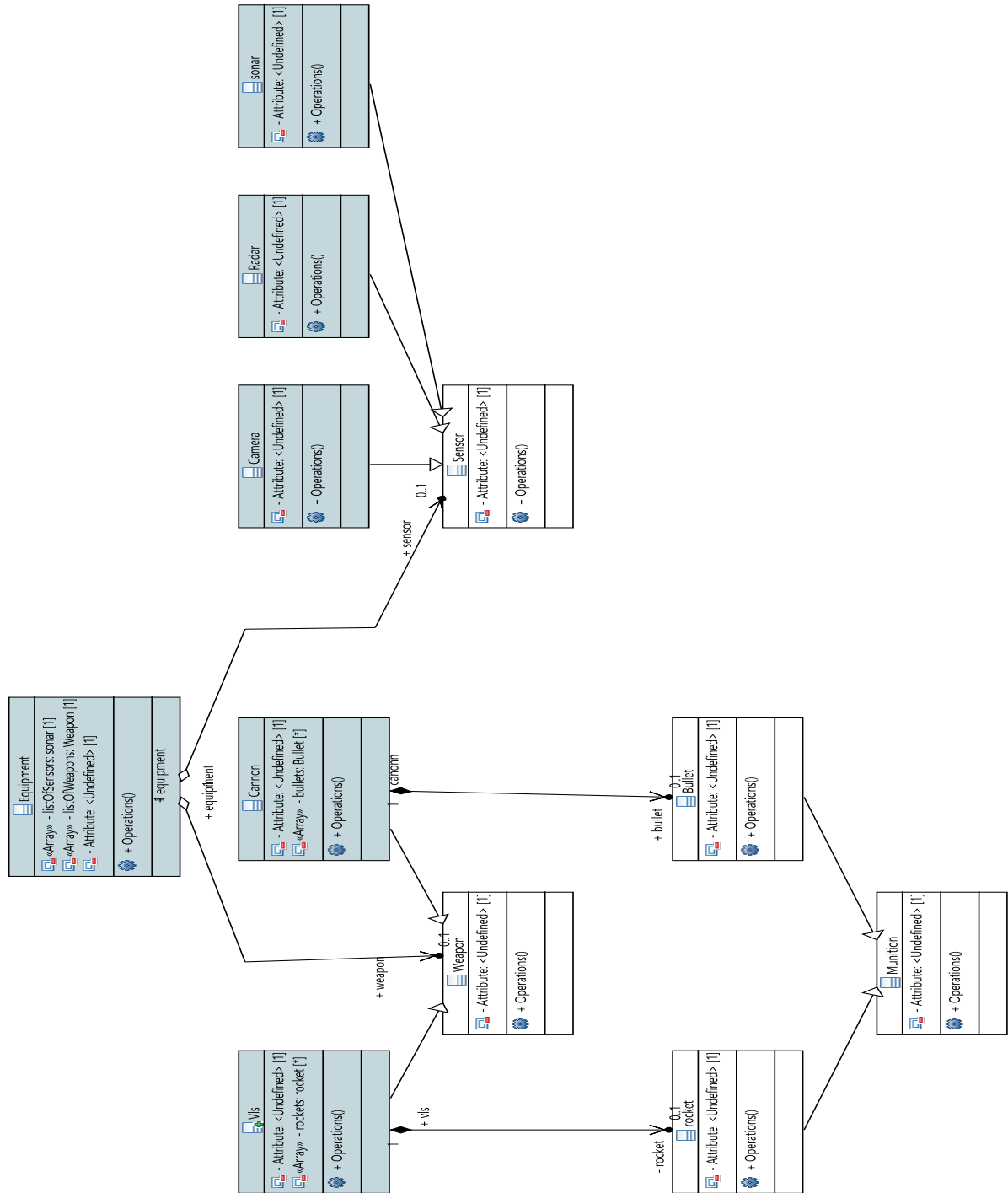


Bild 5.2: Ausrüstung

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Distributed interactive simulation. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=175148570>.
- [2] Benjamin Buch. C++ programmierung. <https://upload.wikimedia.org/wikibooks/de/archive/5/59/20120702072116%21Cplusplus.pdf>. [Online, Stand 08. August 2018].
- [3] Helmut Erlenkötter. *C++ Objektorientiertes Programmieren von Anfang an*. 17. edition.
- [4] Henry Winkel. Beurteilung der open-dis c++ library zur simulation von militärischen szenarien.
- [5] Peter Krauß. Objektorientiertes programmieren in c++. <https://www.ldv.ei.tum.de/fileadmin/w00bfa/www/Vorlesungen/cpp/CPP-Skript.pdf>. [Online, Stand 09. August 2018].
- [6] Lucien Zalcman. What distributed interactive simulation (dis) protocol data units (pdu) should my australian defence force simulator have? [https://www.researchgate.net/profile/Lucien\\_Zalcman/publication/27254323\\_What\\_Distributed\\_Interactive\\_Simulation\\_DIS\\_Protocol\\_Data\\_Units\\_PDU\\_should\\_My\\_Australian\\_Defence\\_Force\\_Simulator\\_have/links/58d9845ca6fdccca1c4bff5d/What-Distributed-Interactive-Simulation-DIS-Protocol-Data-Units-PDU-should-My-Au.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lucien_Zalcman/publication/27254323_What_Distributed_Interactive_Simulation_DIS_Protocol_Data_Units_PDU_should_My_Australian_Defence_Force_Simulator_have/links/58d9845ca6fdccca1c4bff5d/What-Distributed-Interactive-Simulation-DIS-Protocol-Data-Units-PDU-should-My-Au.pdf). [Online, Stand 06. August 2018].
- [7] Mark McCall. Distributed interactive simulation (dis) 101. [https://www.sisostds.org/DigitalLibrary.aspx?Command=Core\\_Download&EntryId=36474](https://www.sisostds.org/DigitalLibrary.aspx?Command=Core_Download&EntryId=36474). [Online, Stand 06. August 2018].

- [8] Prof. Dr. Alfred Irber. Objektorientierte programmierung (oop). [http://lsw.ee.hm.edu/~irber/oop/skriptum/skriptum\\_oop\\_cpp\\_ws12.pdf](http://lsw.ee.hm.edu/~irber/oop/skriptum/skriptum_oop_cpp_ws12.pdf). [Online, Stand 09. August 2018].
- [9] Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schröder-Preikschat. Programmierung in c++. [https://www4.cs.fau.de/Lehre/SS05/V\\_VS/Uebung/folien/2-A6.pdf](https://www4.cs.fau.de/Lehre/SS05/V_VS/Uebung/folien/2-A6.pdf). [Online, Stand 08. August 2018].
- [10] Sebastian Meyer. C vs. c++ proseminar c - „grundlagen und konzepte“, 2013. [https://wr.informatik.uni-hamburg.de/\\_media/teaching/sommersemester\\_2013/cgk-13-meyer-c-vs-c\\_-ausarbeitung.pdf](https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/sommersemester_2013/cgk-13-meyer-c-vs-c_-ausarbeitung.pdf). [Online, Stand 08. August 2018].
- [11] Graham Shanks. Enumeration and bit encoded values for dis.
- [12] SISO Standards Activity Committee of the IEEE Computer Society. Ieee std 1278.1-2012, ieee standard for distributed interactive simulation—application protocols.
- [13] SISO Standards Activity Committee of the IEEE Computer Society. Ieee standard for distributed interactive simulation (dis)– communication services and profiles, 6 November 2015.