



Network Unit Testing System

Studienarbeit FS-2020

5. Mai 2020

Autoren:

Mike SCHMID
mike.schmid@hsr.ch

Janik SCHLATTER
janik.schlatter@hsr.ch

Supervisors:

Prof. Stettler BEAT
beat.stettler@hsr.ch

Baumann URS
urs.baumann@hsr.ch

Dieses Werk einschließlich seiner Teile ist **urheberrechtlich geschützt**. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Aufgabenstellung

Abstract

Das testen von Netzwerkkonfigurationen findet auch heute noch hauptsächlich mit handgeschriebenen CLI-Befehlen oder kleinen Skripten statt. Wenn der Netzwerktechniker einen Fehler bei der Konfiguration macht, oder etwas vergisst, kann es vorkommen, dass im Netzwerk Fehler auftreten, deren Ursprung schwierig zu ermitteln ist und eine komplette Repetition der (handgeschriebenen) Tests erfordert. Ein Programm, welches, wie in der Softwareentwicklung, vordefinierte und automatisch durchgeführte Tests, sogenannte Unit-Tests, ermöglicht, könnte diese Probleme stark verringern. Dabei können zwei grobe Arbeitsvorgänge beschrieben werden. Im ersten schreibt ein Netzwerktechniker Tests, die ein bestehendes Netzwerk möglichst genau abbilden/beschreiben sollen. Die Tests lassen sich jederzeit durchführen und testen den Zustand und die Konfiguration des Netzwerks. Falls nun ein Fehler auftritt, können die Tests automatisiert durchgeführt werden und dann, vorausgesetzt sie sind vollständig, sollte der Report aufzeigen, was genau schiefgegangen ist und wo der Fehler liegt. Der Zweite Arbeitsvorgang entspricht dem in der Softwareentwicklung gängigen Test-Driven-Development (TDD). Beim TDD werden Tests geschrieben, bevor das System verändert wird, oder bevor man neuen Code schreibt. Auf ein Netzwerk abstrahiert könnte beispielsweise ein Administrator, der eine Änderung am Netzwerk vornehmen will, zuerst die Tests schreiben, welche die Änderung testen sollen. Danach werden die Konfigurationen verändert und die Tests durchgeführt. Falls die Tests nun fehlschlagen, kann man die Konfiguration anpassen oder sogar auf einen früheren Zustand zurücksetzen. Beide Arbeitsvorgänge erleichtern die Fehlersuche und erhöhen die Stabilität des Netzwerks.

Aus dieser Arbeit ist das Programm "Nuts2.0" hervorgegangen, die vordefinierte Netzwerktests mit dem Automatisierungsframework Nornir durchführt und die Ergebnisse ausgewertet darstellt. Nornir ermöglicht es, dass unterschiedliche Geräte von verschiedenen Herstellern über mehrere Kommunikationskanäle angesprochen werden können und die Testresultate in einer einheitlichen Formatierung zurückgegeben werden.

Management Summary

Ausgangslage

Fehler in Teilbereichen von Netzwerksystemen können dazu führen, dass das ganze System nicht mehr funktioniert. Aus diesem Grund ist es essentiell, dass selbst kleine Änderungen an Netzwerken getestet werden können. Diese Tests werden meistens von Hand oder durch Skripte durchgeführt. Ein Tool, welches das automatisierte Testen von Netzwerksystemen ermöglicht, kann dabei helfen, Fehler zu erkennen, bevor sie zu einem Problem werden.

Vorgehen, Technologien

Zu Beginn wurde eine Domänenanalyse durchgeführt, um die Akteure und Bestandteile einer Netzwerkkumgebung zu bestimmen und die zu entwickelnden Netzwerktests zu evaluieren. Darauf aufbauend wurden die funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen an die Software spezifiziert. Auf dieser Basis wurde die Softwarearchitektur ausgearbeitet und mit der Entwicklung begonnen.

Das Programm wurde in der Programmiersprache Python geschrieben und beinhaltet das Modul "Nornir", ein Framework, welches automatisierte Tasks auf Netzwerksysteme, wie z.B. Konfiguration oder Tests, ermöglicht.

Ergebnisse

Aus dieser Studienarbeit ist ein Python-Programm entstanden, welches Netzwerktests, die in einer Definitionssprache spezifiziert werden, gegen ein Netzwerk durchführt und die Ergebnisse selbstständig auswertet und dem Benutzer anzeigt. Nornir erlaubt dabei, eine Vielzahl von Netzwerkgräten anzusprechen, welche über herkömmliche Methoden wie SSH umfänglicher zu testen wären.

Die Software lässt sich ohne Installation auf jedem Gerät ausführen, welches Python-Code ausführen kann, unabhängig vom Betriebssystem. Geräte, auf denen Python nicht installiert ist, müssen dies zuerst installieren, können das Programm danach aber ohne weiteres ausführen.

Dadurch, dass das Programm reiner Python Code ist, lässt es sich einfach in ein bestehendes Tool für die kontinuierliche Integration einbinden. Die Testdefinitionen lassen sich über ein Versionsverwaltungstool zentralisieren, so dass mehrere Netzwerkleute gleichzeitig Tests für eine Umgebung entwickeln können.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	I
Abstract	II
Management Summary	III
I. Technischer Bericht	1
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Aufgabenstellung	2
1.3 Herausforderungen	2
2 Anforderungen	3
2.1 Akteure in einem Netzwerksystem	3
2.2 Akteure in der zu entwickelnden Software	5
2.3 Use Cases	6
2.3.1 Use Case Diagramm	6
2.3.2 Aktoren	6
2.4 Beschreibung Usecases (Brief)	7
3 Design	8
4 Realisierung	9
5 Ergebnisse	10
6 Ausblick	11
7 Glossar	12
II. Anhang	1
1 Projektplanung	1
2 Zeitauswertung	2
3 Be(nuts)eranleitung	3
4 Persönliche Berichte	4
5 Eigenständigkeitserklärung	5
6 Vereinbarung Urheber-/ Nutzungsrechte	6

I. Technischer Bericht

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Netzwerke bestehen aus dutzenden bis tausenden Komponenten. Jede dieser Komponente hat eine eigene Konfiguration und Aufgabe. In den letzten Jahren ist es durch die softwaregesteuerte Konfiguration von Netzwerkgeräten einfacher geworden, die Komponenten für ihre Aufgabe einzustellen. Trotzdem werden die Überprüfungen der Konfiguration auch heute noch manuell vorgenommen. Dies kann dazu führen, dass wegen menschlicher Fehler ein Fehlverhalten eines der Netzwerkkomponente dazu führt, dass das gesamte Netzwerk gestört wird. Weiterhin wird die Überprüfung noch komplizierter, da neben der statischen Konfiguration sich das Netzwerk zur Laufzeit dynamisch anpasst, um die Performanz des Systems zu optimieren und Fehler sowie Ausfälle zu korrigieren. Dieses Verhalten wird über verschiedene Netzwerkprotokolle gesteuert

In der Softwareentwicklung werden schon seit Ende der 80er-Jahre Komponententests, sogenannte Unit-Tests, durchgeführt, um einzelne Komponenten (Units) automatisiert zu Testen. Dabei wird ein Computerprogramm ausgeführt, welches mit verschiedenen Eingabeparametern überprüft, ob die Ausgabe des zu testenden Programms den erwarteten Ergebnissen entspricht.

Dabei ist es möglich die Tests vor und nach einer geplanten Änderung durchzuführen, um zu überprüfen, ob die Software innerhalb der definierten Funktionsparameter operiert. Tests sollen dafür so geschrieben werden, dass möglichst jede Situation mit den Eingabeparametern abgebildet wird und Unittests sollen regelmässig durchgeführt werden, damit Fehler früh gefunden werden und sich nicht auf das gesamte System auswirken können.

1.2 Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit ist, ein Programm zu entwickeln, mit dem sich Netzwerktests mit der gleichen Arbeitsweise durchführen lassen, wie Unittests in der Softwareentwicklung durchgeführt werden. Dabei müssen folgende Punkte erfüllt sein:

- Tests müssen planbar sein. Es soll ein Testplan existieren.
- Tests müssen systematisch spezifiziert werden. Es existieren Test-Spezifikationen.
- Testresultate werden Dokumentiert.
- Tests sollen, wo möglich, automatisiert durchgeführt werden.
- Testergebnisse müssen reproduzierbar und nachvollziehbar sein.

Es soll evaluiert werden, welche bereits verfügbaren Tools sich für ein solches Testprogramm eignen. Die Umsetzung soll diese Tools einbinden. Eine Wichtige Anforderung an das zu entwickelnde System ist, dass sich weitere Netzwerktests möglichst einfach hinzufügen lassen, ohne dass dafür der gesamte Code geändert werden muss.

1.3 Herausforderungen

Eine der grössten Herausforderungen an ein automatisiertes Testsystem sind die verschiedenen Protokolle und die Unterschiede der Standards von diversen Herstellern.

Ohne Kenntnisse, welche Protokolle auf einem Netzwerkgerät konfiguriert sind, können diese Netzwerkgeräte nicht effizient getestet werden, da die Netzwerkprotokolle das Verhalten des Geräts zur Laufzeit beeinflusst. Deshalb müssen für die Testdurchführung im vornherein die Konfigurationen und verwendeten Protokolle der Netzwerkgeräte bekannt sein und ein Testsystem muss mit diesen interagieren können.

Unterschiedliche Hersteller haben verschiedene Kommandozeilenbefehle (CLI-Commands) für ihre Geräte, welche für die Konfiguration und Abfrage der Konfiguration verwendet werden. Ausserdem kann es vorkommen, dass ein Hersteller mit der Einführung einer neuen Version des Gerätebetriebssystems neue CLI-Commands einführt oder alte Befehle ändert. Dies setzt eine enorme Flexibilität für ein Testprogramm voraus, welches ein beliebiges Netzwerk mit unterschiedlichen Geräten von verschiedenen Herstellern testen soll.

2 Anforderungen

Im folgenden Abschnitt werden die Anforderungen an ein Netzwerk-Test-System formuliert. Es werden die Kern-Akteure identifiziert und deren Funktion und Abhängigkeiten und Anforderungen formuliert, um auf dieser Basis die Software zu entwerfen.

2.1 Akteure in einem Netzwerksystem

In der Praxis gibt es für die verschiedenen Akteure in einem Netzwerksystem unterschiedliche Bezeichnungen. Beispielsweise ist oft nicht klar, was der Unterschied zwischen einem Netzwerk-Architekten und einem Netzwerk-Engineer ist und welche Verantwortungen diese nun genau haben. Wir haben eine eigene Unterscheidung der Akteure formuliert und diese in den kommenden Sektionen dokumentiert, um eine einheitliche Basis für die Leser zu schaffen.

Netzwerk-Architekt

Ein Netzwerk-Architekt plant und erstellt Kommunikationsnetzwerke. Im Zuge dieser Arbeit wurde zwischen dem Architekten als verantwortlichen Senior-Network-Engineer und einem Network Engineer (Junior oder Senior) als operativen Mitarbeiter unterschieden. Der Architekt nimmt dabei eher die Rolle des Managers oder Teamleiters ein. Er führt dabei normalerweise keine Konfigurationen am Netzwerk durch.

Netzwerk-Engineer

Ein Netzwerk-Engineer ist für die Installation und Instandhaltung eines Netzwerks zuständig. Er ist dem Netzwerk-Architekten unterstellt und setzt mit Ihm zusammen die geplanten Arbeiten um.

Netzwerk-Administrator

Der Netzwerk Administrator hat üblicherweise eine abgeschlossene Berufslehre in der Informatik und arbeitet zusammen mit dem Netzwerk-Engineer am Netzwerk. Es wird davon ausgegangen, dass ein Netzwerk Administrator keine bis wenige Programmierkenntnisse hat. Ein Netzwerk Administrator hat, je nach Grösse des Netzwerks, nur Kenntnisse über einen Teil der Netzwerkumgebung. Er führt dabei ihm vom Architekten oder Engineer vorgegebene Arbeiten aus und muss dazu nicht den vollen Überblick über das Netzwerk und die darin verwendeten Technologien haben.

Netzwerk-User

Benutzer der Netzwerkkumgebung. User können das Netzwerk verwenden, aber nicht dessen Konfigurationen anpassen.

Netzwerk-Gerät

Ein Netzwerkgerät kann aus Hardware wie Switch, Router oder Server bestehen oder Virtuell als Software implementiert sein. Im Zuge der Arbeit werden Netzwerkgeräte auch als Netzwerk-Devices oder einfach Device bezeichnet. Typischerweise haben Devices eine Statische Konfiguration und einen dynamischen Zustand zur Laufzeit. In den kommenden Kapiteln wird genauer auf Netzwerkgeräte eingegangen.

Netzwerk-Verbindung

Die Netzwerkverbindung ist der Kommunikationskanal zwischen den einzelnen Netzwerkgeräten. Sie kann in physischer Form als Kabel, oder mit kabellosen Mitteln z.B. Funk umgesetzt sein. Die Wahl des Übertragungsmediums hat grossen Einfluss über die verfügbare Bandbreite und mögliche Störfaktoren.

Repository/Inventar

Im Inventar werden die Unterschiedlichen Devices mit den für den Betrieb wichtigsten Parametern gespeichert. Das Inventar kann in digitaler Form als Repository, als File auf einem Ordner/Computer, oder analog in einem Dokumentenorder abgelegt sein. Das Inventar wird benötigt, um die aktuellen Konfigurationen, die physische Position des Geräts oder sonstige für den Betrieb relevanten Informationen zu dokumentieren.

2.2 Akteure in der zu entwickelnden Software

Testprogramm

Das Testprogramm ist der Kern des zu entwickelnden Systems dieser Arbeit. Es interagiert mit den anderen Akteuren und hat, vom Akteur und Kontext abhängig, unterschiedliche Anforderungen. Es soll so aufgebaut sein, dass ein Benutzer der Software diese mit möglichst geringem Aufwand bedienen kann.

Testdefinitionssprache

Wird im Rahmen dieser Arbeit auch als Testbeschreibungssprache oder Definitionssprache bezeichnet. Eine Testdefinition beschreibt die einzelnen Testfälle, die von einem System durchgeführt werden sollen. Die Definitionssprache soll dabei in einem Format gehalten werden, das von allen Benutzern der Software verstanden wird und von diesen erweitert werden kann.

Testreport

Ein Testreport soll, möglichst einfach und genau, die Ergebnisse eines Netzwerktests aufzeigen. Fehlgeschlagene Tests sollen dabei möglichst einfach und schnell zu erkennen sein und alle Informationen beinhalten, die ein Betrachter benötigt, um den Fehler im System zu lokalisieren und beheben. Ausserdem muss mindestens noch ein Zeitstempel vorhanden sein, um die Historie vergangener Netzwerktests nachvollziehen zu können. Testreporte können auf dem System, welches die Tests ausführt, oder in einem zentralen Repository abgelegt werden, damit mehrere Mitglieder eines Netzwerkteams gleichzeitig darauf zugreifen können.

Kommunikationskanal

Der Kommunikationskanal, nicht zu verwechseln mit der Netzwerkverbindung zwischen zwei Netzwerkgeräten, verbindet ein zu testendes Netzwerk mit dem Testprogramm. Möglichkeiten für einen Kanal sind beispielsweise das SSH (secure shell) Protokoll oder der Restconf Standard. Dies kann über eine Kabelverbindung oder Kabellos geschehen. Die Wahl des Kommunikationskanals beeinflusst dabei, in welcher Form Netzwerktests durchgeführt werden können und in welchem Format die Ergebnisse zurückgegeben werden.

Netzwerktest

Werden heute meist manuell oder mit Hilfe eines Skripts durchgeführt. Ein automatisierter Netzwerktest sollte hypothetisch ad-hoc nach jeder Konfigurationsänderung vom Testprogramm durchgeführt werden um die Funktionsweise des Netzwerks zu validieren. Ein Benutzer des zu entwickelnden Systems soll in der Lage sein, mit nur geringer Einarbeitungszeit, Netzwerktests zu spezifizieren und durchzuführen.

2.3 Use Cases

2.3.1 Use Case Diagramm

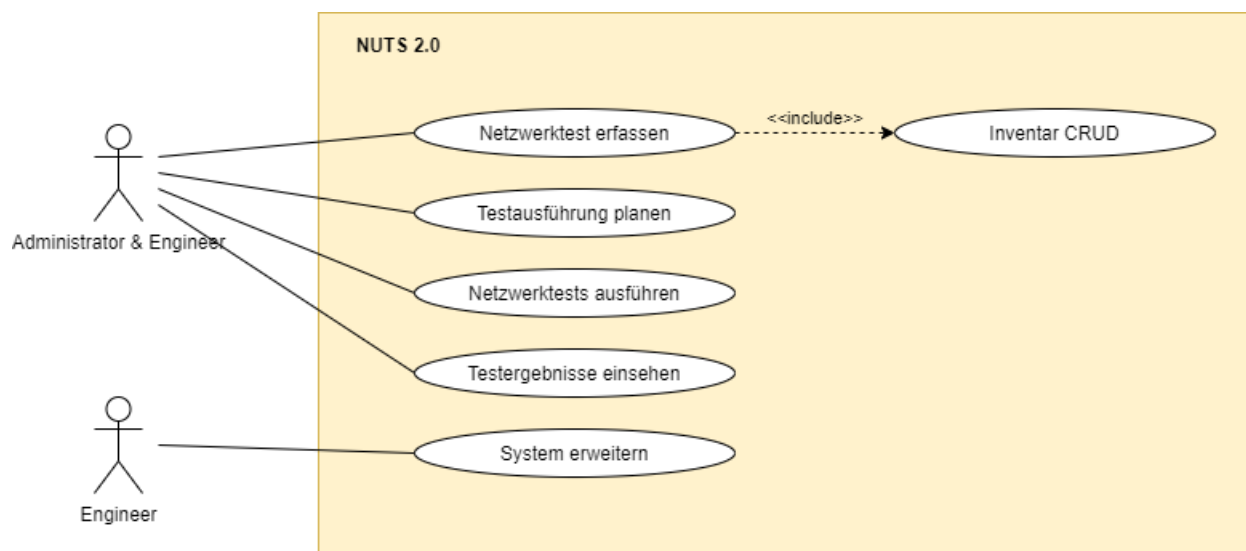


Abbildung 1: Use Case Diagramm

2.3.2 Akteure

Die Primären Akteure sind der Netzwerk Architekt, -Administrator und -Engineer. Der Architekt will primär die Ergebnisse einsehen können, um zu sehen, dass das Netzwerk korrekt funktioniert. Ausserdem möchte er, beispielsweise um eine Erweiterung des Netzwerks zu Planen, eine Ausführung von Netzwerktests konfigurieren und durchführen. Der Administrator will Netzwerktests erfassen, deren Durchführung planen, die Tests durchführen und die Ergebnisse einsehen. Der Engineer möchte neben den Tätigkeiten, die der Administrator ausführt, zudem das Testsystem um weitere Netzwerktests erweitern können.

2.4 Beschreibung Usecases (Brief)

Netzwerktest erfassen

Inventar CRUD

Testdurchführung planen

Netzwerktests durchführen

Testergebnisse einsehen

3 Design

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

4 Realisierung

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

5 Ergebnisse

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

6 Ausblick

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

7 Glossar

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

II. Anhang

1 Projektplanung

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

2 Zeitauswertung

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

3 **Be(nuts)eranleitung**

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

4 Persönliche Berichte

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

5 Eigenständigkeitserklärung

Die Autoren erklären hiermit,

- dass die vorliegende Arbeit selber und ohne fremde Hilfe durchgeführt wurde, ausser derjenigen, welche explizit in der Aufgabenstellung erwähnt ist oder mit den Betreuerin vereinbart wurde.
- dass sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss den gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt angegeben wurden.
- dass keine durch Urheberrecht geschützten Materialien (z.B. Bilder) in dieser Arbeit in unerlaubter Weise verwendet wurden.

Ort, Datum:

Ort, Datum:

Name, Unterschrift:

Name, Unterschrift:

6 Vereinbarung Urheber-/ Nutzungsrechte

1. Gegenstand der Vereinbarung

Mit dieser Vereinbarung werden die Rechte über die Verwendung und die Weiterentwicklung der Ergebnisse der Studienarbeit NUTS2.0 von Janik Schlatter und Mike Schmid unter der Betreuung von Beat Stettler und Urs Baumann geregelt

2. Urheberrecht

Die Urheberrechte stehen den Autoren zu.

3. Verwendung

Die Ergebnisse der Arbeit dürfen sowohl von den Autoren, von der OST (ehemals HSR), sowie vom INS Institut for Networked Solutions nach Abschluss der Arbeit verwendet und weiter entwickelt werden.

4. Softwarelizenz

Die in der Arbeit entstandene Software untersteht der Apache Licence 2.0. Somit darf die Software frei verwendet, verändert und verteilt werden, insofern dies nicht die in der Lizenz genannten Regelungen verletzt.

Rapperswil, den.....
.....
Die Studentin/ der Student

Rapperswil, den.....
.....
Die Studentin/ der Student

Rapperswil, den.....
.....
Der Betreuer/ die Betreuerin der Studienarbeit

Rapperswil, den.....
.....
Der Betreuer/ die Betreuerin der Studienarbeit