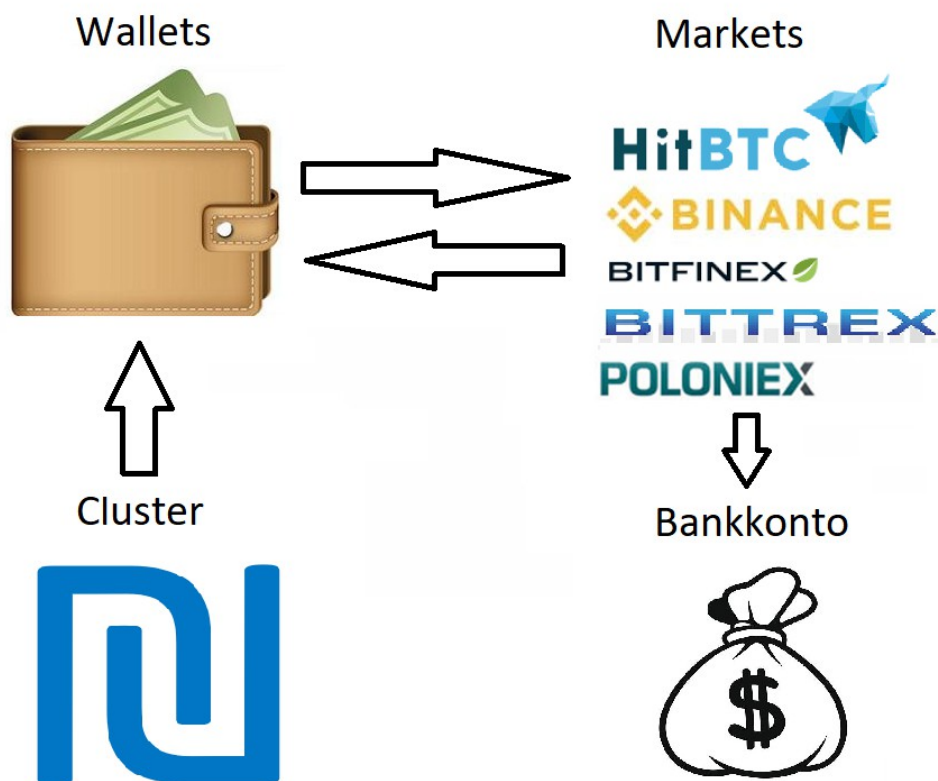


# Nebula: Mining Cluster

Christoph Amrein



## Management Summary

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Initialisierung</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangslage . . . . .	1
1.1.1	Weshalb soll das Projekt realisiert werden? . . . . .	1
1.1.2	Für wen ist das Projekt gedacht? . . . . .	1
1.2	Situationsanalyse . . . . .	1
1.2.1	Stärken . . . . .	2
1.2.2	Schwächen . . . . .	2
1.3	Ziele . . . . .	2
1.3.1	Vorgehensziele . . . . .	2
1.3.2	Projektziele . . . . .	3
1.3.3	Lieferobjekte . . . . .	4
1.3.4	Rahmenbedingungen . . . . .	4
1.3.5	Abgrenzungen . . . . .	4
1.4	Lösungsbeschreibung . . . . .	5
1.5	Kosten . . . . .	5
1.5.1	Einmalige Kosten . . . . .	5
1.5.2	Betriebskosten (repetitiv) . . . . .	6
1.5.3	Gesamtkosten . . . . .	6
1.6	Wirtschaftlichkeit . . . . .	7
1.6.1	Spekulation . . . . .	7
1.6.2	Infrastruktur . . . . .	7
1.7	Planung . . . . .	8
1.7.1	Grober Projektplan . . . . .	8
1.7.2	Termine . . . . .	9
1.8	Ressourcen . . . . .	9
1.8.1	Budget . . . . .	9
1.8.2	Sachmittel . . . . .	9
1.9	Organisation . . . . .	10
1.9.1	Projektorganisation . . . . .	10
1.9.2	Projektablage . . . . .	10
1.10	Cluster-Software Evaluation . . . . .	11
1.10.1	Cluster Software Kriterien . . . . .	11
1.10.2	Informationsbeschaffung . . . . .	11
1.11	Lösungsvarianten . . . . .	12
1.11.1	Variantenübersicht . . . . .	12
1.11.2	Variante V1 «OpenHPC» . . . . .	12

1.11.3	Variante V2 «TinyTitan» . . . . .	12
1.11.4	Variante V3 «Minimale Lösung» . . . . .	13
1.11.5	Anforderungsabdeckung der Varianten . . . . .	13
1.12	Bewertung der Varianten . . . . .	14
1.13	Variantenentscheid . . . . .	14
1.14	Risiken . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Konzept</b>	<b>16</b>
2.1	Physikalischer Überblick . . . . .	16
2.2	Physikalische Verbindungen . . . . .	17
2.2.1	Stromversorgung Management Node . . . . .	17
2.2.2	Compute Nodes . . . . .	17
2.2.3	Übrige Geräte . . . . .	17
2.2.4	Netzwerkverbindungen . . . . .	17
2.3	Technischer Überblick . . . . .	18
2.3.1	Verwendete Protokolle . . . . .	19
2.4	Technische Verbindungen & Kommunikation . . . . .	19
2.5	Komponentenbeschreibung . . . . .	20
2.5.1	Router . . . . .	20
2.5.2	PC . . . . .	20
2.5.3	Management Node . . . . .	20
2.5.4	Netzteil Management Node . . . . .	20
2.5.5	NAS . . . . .	20
2.5.6	Switch . . . . .	20
2.5.7	Compute Nodes . . . . .	21
2.5.8	Schaltnetzteil Compute Nodes . . . . .	21
2.6	Tests . . . . .	21
2.6.1	Testobjekte . . . . .	21
2.6.2	Testarten . . . . .	22
2.6.3	Testvoraussetzungen . . . . .	22
2.6.4	Fehlerklassen . . . . .	23
2.6.5	Testhilfsmittel . . . . .	23
2.6.6	Testfälle . . . . .	23
2.7	Monitoring . . . . .	28
2.7.1	Service Monitoring - Nagios . . . . .	28
2.7.2	Performance Monitoring - Ganglia . . . . .	28
2.8	Mining . . . . .	28
2.8.1	Kryptowährungen . . . . .	29
2.9	Hostnamen . . . . .	29
2.9.1	Management Node Name . . . . .	29
2.9.2	Reserve Node Name . . . . .	29

2.9.3	Compute Node Namen . . . . .	30
<b>3</b>	<b>Realisierung</b>	<b>31</b>
3.1	Physischer Aufbau . . . . .	31
3.1.1	Komponenten Platzierung . . . . .	31
3.1.2	Kühlung . . . . .	32
3.1.3	Stromversorgung . . . . .	32
3.1.4	Kommunikation . . . . .	32
3.2	Technischer Aufbau . . . . .	32
3.2.1	Betriebssystem . . . . .	32
3.2.2	Vorbereitungen . . . . .	33
3.2.3	Installation . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Schlussbetrachtung</b>	<b>33</b>
4.1	Arbeiten nach dem Projekt . . . . .	34
4.2	Persönliche Betrachtung . . . . .	34
4.3	Danksagung . . . . .	34
<b>5</b>	<b>Authentizität</b>	<b>34</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>35</b>
<b>B</b>	<b>Vorbereitungen RPI's</b>	<b>35</b>
B.1	Betriebssystem installieren . . . . .	35
B.2	RPI für den Netzwerkboot vorbereiten . . . . .	38
B.3	Hostname und IP der MAC Adresse zuweisen . . . . .	38
<b>C</b>	<b>Installation Management Node</b>	<b>40</b>
C.1	Variablen Definition . . . . .	40
C.2	Basiskonfiguration . . . . .	45
C.3	OpenHPC Komponenten installieren . . . . .	45
C.4	Netzwerkboot einrichten . . . . .	46
C.5	Registration Compute Nodes . . . . .	50
C.6	Monitoring installieren . . . . .	52
C.7	Miner installieren . . . . .	53
C.8	Quellenverzeichnis . . . . .	57
<b>D</b>	<b>Diplomeingabe</b>	<b>58</b>
<b>E</b>	<b>Testprotokoll</b>	<b>61</b>
E.1	Testobjekte . . . . .	63
<b>F</b>	<b>Protokoll</b>	<b>64</b>



*Inhaltsverzeichnis*

---

<b>G</b>	<b>Arbeitsjournal</b>	<b>66</b>
G.1	Quellenverzeichnis . . . . .	79
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>80</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>81</b>

## 1 Initialisierung

### 1.1 Ausgangslage

Die aktuelle Umgebung ist nicht auf das Schürfen von Kryptowährungen ausgelegt. Das System hat eine Uptime von maximal 40%. Auch der Standort, der Lärm und die Hitze des Systems und Raumes werden als störend empfunden. Deswegen wurden hauptsächlich Tokens auf Börsen gekauft, welche nicht geschürft werden können. Die Sicherung der Daten ist ebenfalls nicht gewährleistet. Zudem existieren keine Monitoring Tools, welche den Status des Schürfens und der Hardware zu erkennen geben. Dabei wird das Analysieren von Problemen als schwierig erachtet, da keine Logdaten existieren oder diese mit viel Aufwand zusammengesucht werden müssen.

#### 1.1.1 Weshalb soll das Projekt realisiert werden?

Es soll eine stabile Lösung zum Schürfen von Kryptowährungen auf CPU Basis erschaffen werden, welche permanent in Betrieb sein kann und Profit generiert.

#### 1.1.2 Für wen ist das Projekt gedacht?

Das Projekt wird in eigenem Interesse aufgebaut. Es existieren demnach keine Kunden und Abhängigkeiten zu anderen Personen oder Unternehmen.

### 1.2 Situationsanalyse

Für das Schürfen von Kryptowährungen werden folgende Komponenten eingesetzt:

Nr.	Typ	Komponente	Modell Version
1	HW	Prozessor (CPU)	Intel Core i7-4700, 3.40 GHz Quad Core
2	HW	Grafikkarte (GPU)	NVIDIA GeForce GTX 1070 Ti
3	HW	Festplatte (HDD)	TOSHIBA DT01ACA200
4	SW	Schürf-Software	Minergate, Version 7.2
5	SW	Betriebssystem (OS)	Windows 10 EDU, Version 1709

Tabelle 1: Situationsanalyse Komponenten

**Legende:** HW = Hardware, SW = Software

## 1 Initialisierung

---

### 1.2.1 Stärken

Nr.	Kategorie	Beschreibung
1	Bedienbarkeit	Das Schürfen der Währungen kann über ein GUI gestartet werden.
2	Wartung	Es existieren keine Umsysteme

Tabelle 2: Situationsanalyse Stärken

### 1.2.2 Schwächen

Nr.	Kategorie	Beschreibung
1	Flexibilität	Während des Schürfens ist der Computer für andere Tätigkeiten blockiert.
2	Kosten	Die Betriebskosten sind höher als der Ertrag.
3	Betriebszeit	Es können nicht durchgehend Kryptowährungen geschürft werden.

Tabelle 3: Situationsanalyse Schwächen

## 1.3 Ziele

### 1.3.1 Vorgehensziele

#### Zeitplan

Während der Initialisierungsphase wurde eine Projektplanung mit den Aufgaben und den vorgesehenen Aufwänden während des Projektes erstellt. Die definierten Soll-Aufwände sollen mit den stetig nachgeführten IST-Aufwänden verglichen werden. Die Abweichungen werden im Projektplan direkt errechnet.

#### Meilensteine

Die Meilensteine wurden in der Zeitplanung des Projektes berücksichtigt und definiert. Die Aufwände werden jeweils im Projektplan nachgeführt, dies ermöglicht einen Ist- und Soll-Aufwand-Vergleich.

#### Arbeitsjournal

Das Arbeitsjournal wird alle 2 Wochen an die Experten versendet. Diese haben die Möglichkeit, die Aufwände und investierte Zeit zu überprüfen.

#### Beweiserbringung

Alle geleisteten Arbeiten sollen in dokumentarischer Form, Präsentation oder einem Gespräch bewiesen werden können.

### 1.3.2 Projektziele

Nr.	Ziel	Messgrösse	Kat.	Prio.
01	Die CPU des Clusters soll zu 90% zum Schürfen von Kryptowährung beansprucht werden.	Log und Monitoring Auswertungen nach dem Testlauf.	LZ	M
02	Die Daten werden auf einem NAS mit RAID I gesichert.	Die Festplatten werden einzeln überprüft, der Datenbestand muss identisch sein.	BZ TZ	M
03	Der Cluster soll eine Verfügbarkeit von 98% aufweisen.	Dies kann erst nach dem Testlauf durch ein Monitoring der Laufzeit gemessen werden.	LZ BZ TZ	M
04	Es können während des Betriebs neue Compute Nodes hinzugefügt werden & ausfallende Compute Nodes verursachen keinen Unterbruch des Betriebs.	Während der Testphase werden neue Compute Nodes hinzugefügt und Compute Nodes vom Cluster getrennt.	LZ BZ TZ	M
05	Der Cluster kann für verschiedene Anwendungsgebiete eingesetzt werden.	Während der Testphase werden andere Applikationen, welche die Cluster Ressourcen verwenden sollen, installiert.	BZ	M
06	Das Betriebssystem soll über das Netzwerk an die Compute Nodes verteilt werden, um SD-Karten zu sparen und ein Betriebssystem zentral verwalten zu können.	Wird während der Installation über Systemlogdateien ausgelesen und mit SSH-Zugriffen getestet.	WZ BZ TZ	M
07	Das Schürfprogramm soll automatisch die gewinnbringendste Währung abbauen.	Nach der Testphase werden die Logdateien und Wallets ausgewertet und mit Daten der Währungskurse abgeglichen.	LZ WZ	K
08	Mit der geschürften Währung soll auf Börsen gehandelt werden können.	Kann nach der Realisierung durch Transaktionslogdaten gemessen werden.	LZ WZ	K
09	Die Wartungsarbeiten sollen pro Monat nicht mehr als 3 Stunden betragen.	Wird durch ein Eingriffsprotokoll nach der Realisierungsphase festgehalten.	BZ	K
10	Der Cluster soll einfach transportierbar und wiederaufbaubar sein.	Der Cluster wird nach der Testphase physisch verschoben und neu aufgebaut, dabei wird die Zeit des Wiederaufbaus gemessen.	TZ	K

Tabelle 4: Projektziele

**Legende:** LZ = Leistungsziel, WZ = Wirtschaftsziel, BZ = Betriebsziel, TZ = Technisches Ziel, M = Muss-Kriterium, K = Kann-Kriterium



### 1.3.3 Lieferobjekte

Folgende Dokumente werden während des Projektes erstellt und geliefert:

Nr.	Dokument	Phase	Termin
1	Projektplan	Initialisierung	15.02.2018
2	Projektlogo	Initialisierung	20.02.2018
3	Projektauftrag	Initialisierung	20.02.2018
4	Studie	Initialisierung	25.02.2018
5	Detaillkonzept	Konzept	17.03.2018
6	Testkonzept	Konzept	22.03.2018
7	Testprotokoll	Realisierung	03.05.2018
8	Installationshandbuch	Realisierung	10.05.2018
9	Betriebshandbuch	Realisierung	13.05.2018
10	Diplombericht	Einführung	22.05.2018

Tabelle 5: Lieferobjekte

### 1.3.4 Rahmenbedingungen

Folgende Bedingungen gelten für die Durchführung des Projektes:

- Dem Projekt stehen 294 Stunden Arbeitszeit zur Verfügung.
- Es wird nach der Projektmethode HERMES gearbeitet.
- Der Stundenansatz der involvierten Personen ist auf 120.00 CHF angesetzt.
- Neue Anforderungen werden erst nach dem Projektabschluss berücksichtigt.

### 1.3.5 Abgrenzungen

- Das Projekt wird für den privaten Nutzen durchgeführt.
- Die Experten sind in den Kostenrechnungen nicht berücksichtigt.
- Der Cluster wird aus Kosten- und Leistungsgründen nicht redundant aufgebaut.
- Neue Anforderungen können während des Projektes nicht berücksichtigt werden.
- Das Projektbudget kann aus finanziellen Gründen nicht erhöht werden.
- Defekte Computenodes werden während des Projektes nicht ersetzt.

## 1.4 Lösungsbeschreibung

Es wird physisch ein Cluster aus mindestens 40 aktiven RPI's aufgebaut. Der Cluster soll aus finanziellen Gründen mit möglichst wenig Komponenten, wie Netzteile, USB Kabel & Speicherkarten in Betrieb genommen werden. Dabei wird das Betriebssystem zentral verwaltet und über das Netzwerk an die einzelnen Raspberry PI's verteilt. Zugleich wird zur Datensicherheit ein Netzwerkshare (NAS) mit RAID I installiert. Zusätzlich soll die rentabelste Währung automatisch für eine Woche geschürft werden, bevor eine erneute Prüfung auf die rentabelste Währung geschieht. Die geschürften Kryptowährungen werden jeweils in die entsprechenden verschlüsselten Wallets transferiert. Durch die geschürften Währungen soll an Börsen gehandelt werden können, welche es ermöglichen sollen, Profit zu erzielen. Durch eine Monitoring-, Alarming- und Logdaten-Lösung soll auf Missstände des Clusters aufmerksam gemacht werden. Die Tools bieten sich sogleich für eine Analyse der Probleme an und sind über einen Webbrowser aufrufbar.

## 1.5 Kosten

### 1.5.1 Einmalige Kosten

#### Beschaffungskosten

Anzahl	Komponente	Stückpreis(CHF)	Gesamtwert(CHF)
40	Raspberry PI Model B+	33.00	1'320.00
1	Schaltnetzteil	229.00	229.00
1	TTL Serial Kabel	30.00	30.00
40	Patchkabel Cat. 5e	1.00	40.00
1	TP-Link Switch	220.00	220.00
1	Synology NAS DS216	600.00	600.00
1	Diverse Kabel, Schrauben	50.00	50.00
-	<b>Total</b>	-	<b>2'489.00</b>

Tabelle 6: Beschaffungskosten

#### Aufwandskosten

Stunden	Phase	Stundenansatz(CHF)	Gesamtkosten(CHF)
30	Initialisierung	120.00	3'600.00
41	Konzept	120.00	6'000.00
171	Realisierung	120.00	17'040.00
25.5	Einführung	120.00	2'640.00
25	Periodische Arbeiten	120.00	3'000.00
1.5	Reserve / Administration	120.00	3'000.00
<b>294</b>	<b>Total</b>	<b>120.00</b>	<b>35'280.00</b>

Tabelle 7: Aufwandskosten

### 1.5.2 Betriebskosten (repetitiv)

Folgende Voraussetzungen sind für die folgenden Berechnungen definiert:

- 1000 Watt die Stunde kostet 0.2894 CHF
- Ein Monat hat 30 Tage
- Ein Jahr hat 360 Tage

#### Wartungskosten

Pro Monat sind 3 Stunden Wartungsaufwand einzuberechnen, dadurch ergeben sich mit dem definierten Stundenansatz jährliche Wartungskosten von **4'320.00 CHF**.

**Stromkosten** Der Strom wird durch die BKW über den Vertrag Energy Blue bezogen.

Anzahl	Leistung	Kosten in CHF			
RPI	kW	Stunde	Tag	Monat	Jahr
40	0.4	0.11576	2.78	83.35	1'000.20

Tabelle 8: Stromkostenrechnung

### 1.5.3 Gesamtkosten

#### Jährliche Kosten

Das Projekt wird Anfang Juni abgeschlossen sein. Deshalb belaufen sich die Wartungs- und Stromkosten im 1. Jahr auf die Hälfte gegenüber den Folgejahren. Der Cluster soll innerhalb von 3 Jahren gewinnbringend wirken. Die jährlichen sowie täglichen Kosten (in CHF) sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Kostengrund	Kosten 1. Jahr	Kosten 2. Jahr	Kosten 3. Jahr
Beschaffung	2'489.00	-	-
Aufwand	35'280.00	-	-
Wartungskosten	2'160.00	4'320.00	4'320.00
Stromkosten	500.00	1'000.00	1'000.00
<b>Total</b>	<b>40'429.00</b>	<b>45'749.00</b>	<b>51'069.00</b>

Tabelle 9: Gesamtkosten

#### Tägliche Kosten

Auf 3 Jahre ausgerechnet, muss täglich ein Ertrag von 47.29 CHF erwirtschaftet werden, um die investierten Aufwände und Kosten zu decken.

## 1.6 Wirtschaftlichkeit

Das Projekt wird für den privaten Nutzen und aus eigenem Interesse aufgebaut. Aus diesem Grunde ist die Wirtschaftlichkeit kein Kernpunkt des Clusters.

### 1.6.1 Spekulation

Das Ziel des Clusters ist es, täglich **30 CHF** zu erwirtschaften. Dieser Wert ist nicht deckungsgleich mit den täglichen Kosten, soll aber über Marktspekulationen gedeckt werden. Durch die volatilen Märkte sind Kursschwankungen in beide Richtungen möglich. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Währungen in Zukunft noch an Wert zulegen werden, sobald diese einmal als geltende Zahlungsmittel aufgenommen werden. Durch reine Betriebskosten ohne Spekulation **47.29 CHF** ergibt sich ein tägliches Defizit von **17.29 CHF**, welches einem Verlust von **36.56%** entspricht.

### 1.6.2 Infrastruktur

Beim Projekt wird der Fokus der Wirtschaftlichkeit hauptsächlich auf den Aufbau gelegt. Hier gilt es, möglichst wenige überflüssige Komponenten zu benutzen. Es wurde darauf geachtet, dass die Komponenten durch eine zentrale Stelle versorgt werden. Dabei werden die Raspberry PI's mit nur einem Netzteil versorgt und das Betriebssystem wird über das Netzwerk verteilt, was Speicherkarten einspart.

Anzahl	Komponente	Stückpreis in CHF	Gesamtwert in CHF
<b>Standardlösung</b>			<b>700.00</b>
4	USB-HUB 10 Ports	35.00	140.00
40	Mini-USB Kabel	6.00	240.00
40	MicroSD Karten	8.00	320.00
<b>Projektlösung</b>			<b>268.00</b>
1	Netzteil	230.00	230.00
1	MicroSD Karte	8.00	8.00
-	Diverse Stromkabel	30.00	30.00
<b>Differenz der Lösungen</b>			<b>432.00</b>

Tabelle 10: Wirtschaftlichkeit Hardware

Durch die vorgesehene Hardwarelösung können 432.00 CHF eingespart werden. Dies entspricht einer Einsparung von **261%**.

## 1.7 Planung

### 1.7.1 Grober Projektplan

Die folgende Tabelle zeigt die Arbeiten an, welche während des Projektes erledigt werden sollen. Ein grafischer und detaillierter Projektplan ist über das eingerichtete Confluence<sup>1</sup> zugänglich.

Aufgabe	Start	Ende	Dauer in Stunden		
			Soll	Ist	Abw.
<b>0.0 Initialisierung</b>			30	38.5	+8.5
0.1 Projektplan erstellen	06.02.2018	15.02.2018	4	6	+2
0.2 Projektlogo erstellen	06.02.2018	20.02.2018	2	0.5	-1.5
0.3 Studie durchführen	06.02.2018	20.02.2018	18	24	+6
0.4 Projektauftrag erstellen	20.02.2018	25.02.2018	2	4	+2
0.5 Diplombericht erstellen	25.02.2018	28.02.2018	4	4	0
<b>1.0 Konzept</b>			41	38.5	-2.5
1.1 Zwischen-Meeting	01.03.2018	01.03.2018	6	5.5	-0.5
1.2 Detailkonzept erstellen	05.03.2018	17.03.2018	12	18	+6
1.3 Testkonzept erstellen	18.03.2018	22.03.2018	11	12	+1
1.4 Dokumenten Review	24.03.2018	26.03.2018	12	3	-9
<b>2.0 Realisierung</b>			171	176	+5
2.1 Physischer Aufbau	03.04.2018	07.04.2018	20	32	+12
2.2 Stromversorgung einrichten	08.04.2018	09.04.2018	8	7	-1
2.3 Raspberry PI's vorbereiten	17.04.2018	17.04.2018	4	6	+2
2.4 Netzwerkboot einrichten	21.04.2018	23.04.2018	25	25	0
2.5 Cluster Software installieren	24.04.2018	25.04.2018	25	20	-5
2.6 Schürf Software installieren	26.04.2018	26.04.2018	12	10	-2
2.7 Entwickeln von Tools und Automatismen	02.04.2018	28.04.2018	30	17	-13
2.8 Monitoring einrichten	01.05.2018	10.05.2018	14	7	-7
2.9 Periodische Systemtests	10.04.2018	13.05.2018	7	30	+23
3.0 Installationshandbuch erstellen	02.04.2018	10.05.2018	8	10	+2
3.1 Testprotokoll erstellen	02.05.2018	03.05.2018	9	9	0
3.2 Betriebshandbuch	01.05.2018	13.05.2018	9	3	-6
3.3 Freigabe zur Einführung	07.05.2018	15.05.2018	0	0	0
<b>4.0 Einführung</b>			25.5	27	+1.5
4.1 Abschlussbericht	17.05.2018	22.05.2018	9.5	15	+5.5
4.2 Management Summary	20.05.2018	24.05.2018	8	2	-6
4.3 Vorbereitung Abschluss Meeting	22.05.2018	27.05.2018	3	5	+2
4.4 Drucken und Binden	24.05.2018	01.06.2018	2	2	0
4.5 Abschluss-Meeting	02.06.2018	02.06.2018	2	2	0
4.6 Projektabschluss	03.06.2018	03.06.2018	1	1	0

Tabelle 11: Grober Projektplan

<sup>1</sup><http://wiki.influ.ch/download/attachments/327735/NEBULA-Projektplan-v1.xlsx?api=v2>

## 1 Initialisierung

### 1.7.2 Termine

Ereignis	Datum	Teilnehmer	Standort
<b>Einmalige Ereignisse</b>			
Kick-Off Meeting	05.02.2018	Projektleiter & Experten	Post IT, Zollikofen
Zwischenmeeting	01.03.2018	Projektleiter & Experten	GIBB (TSBE), Bern
Abgabe des Diplomberichts	01.06.2018	Projektleiter	-
Abschlussmeeting	07.06.2018	Projektleiter & Experten	GIBB (TSBE), Bern
<b>Periodische Ereignisse</b>			
Statusbericht	Monatlich	Projektleiter	-
Arbeitsjournal	2x Wöchentlich	Projektleiter	-

Tabelle 12: Termine

## 1.8 Ressourcen

### 1.8.1 Budget

Dem privaten Projekt steht ein Budget von 3'250 CHF zu. Die Aufwände werden hierbei nicht berücksichtigt, da keine Löhne bezahlt werden müssen.

Nr.	Verwendungszweck	Budget in CHF
1	Beschaffungen	3'000.00
2	Apéro	150.00
3	Drucken & Binden	100.00
<b>Total</b>		<b>3'250.00</b>

Tabelle 13: Projektbudget

### 1.8.2 Sachmittel

Die aufgelisteten Komponenten werden für die Lösung benötigt.

Nr.	Anzahl	Komponenten	Modell / Spezifikationen
1	40	Mini Computer	Raspberry PI 3 Model B+
2	1	Schaltnetzteil	RSP-750-5, Mean Well
3	1	USB zu TTL Serial-Kabel	Adafruit USB zu TTL Serial Kabel, 75cm
4	40	Ethernetkabel	FTP Cat.5e Patchkabel
5	1	Switch	TL-SL3452 48-Port 10/100, TP-Link
6	1	Datenspeicher	Synology NAS DS218
7	*	Diverse Kabel & Befestigungsmaterialien	*

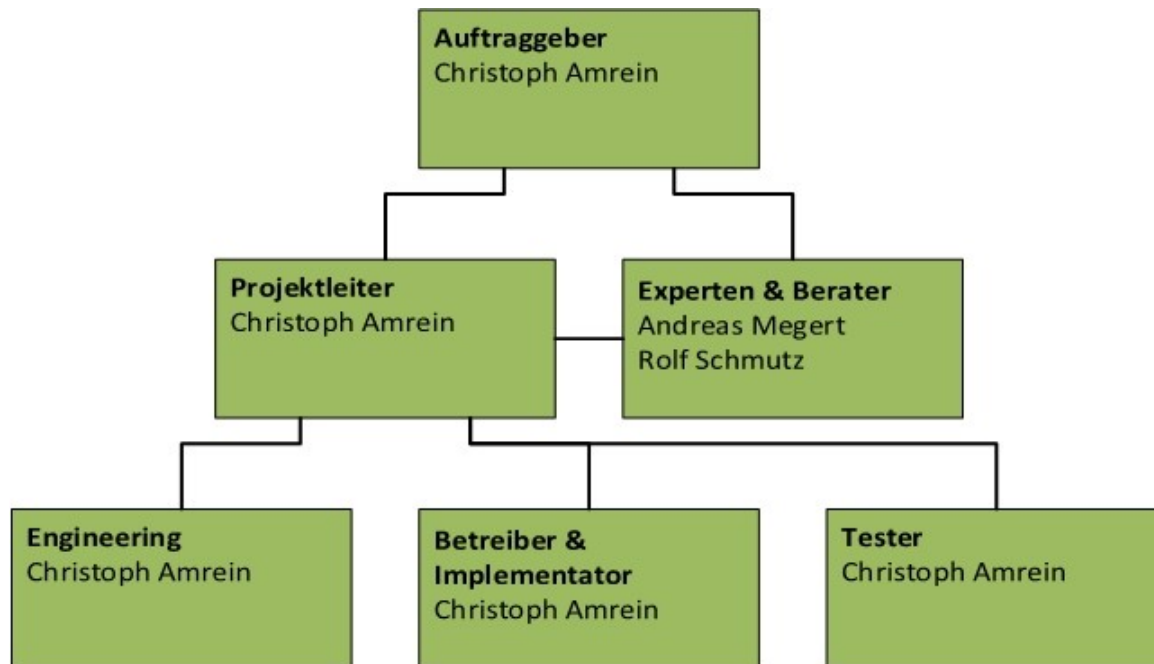
Tabelle 14: Sachmittel

\* Anzahl und Hersteller unbekannt. Die Artikel wurden in lokalen Baumärkten eingekauft.

## 1.9 Organisation

### 1.9.1 Projektorganisation

Die Projektorganisation ist wie folgt aufgebaut:



Rolle	Verantwortlichkeit
Auftraggeber	Erstellt den Auftrag und übergibt diesen an den Projektleiter
Projektleiter	Organisiert die Planung, Durchführung und präsentiert das Projekt
Experte	Stehen in Kontakt mit dem Projektleiter und beraten ihn bei Schwierigkeiten
Engineering	Stellt dem Betreiber zu implementierende Applikationen zur Verfügung
Betreiber	Setzt die Lösung technisch um
Tester	Testet die Lösung auf Fehler

Tabelle 15: Organisation

### 1.9.2 Projektablage

Nr.	Was	Wo
1	Allgemeine Ablage	wiki.influ.ch
2	Dokumentation	<a href="https://github.com/amreinch/Nebula_AMC">https://github.com/amreinch/Nebula_AMC</a>
3	Snapshots	Lokal, D:\Diplomarbeit\CentOS_works
4	Skripte, Entwürfe	<a href="https://github.com/amreinch/OpenHPC_Install_Nebula">https://github.com/amreinch/OpenHPC_Install_Nebula</a>

Tabelle 16: Projektablage

## 1.10 Cluster-Software Evaluation

### 1.10.1 Cluster Software Kriterien

Es wurden drei Cluster Software Produkte evaluiert, dabei mussten die Muss Kriterien erfüllt werden um in die Auswahl zu kommen. Diese Kriterien werden für den Entscheid der Software nicht berücksichtigt, grenzt aber die Auswahlmöglichkeit der Produkte ein.

Nr.	Anforderung	Prio.
01	Ist die Software HPC tauglich?	M
02	Kann das Produkt innerhalb des vorgesehenen Zeitraumes installiert werden?	M
03	Ist die Lösung skalierbar?	M
04	Existieren Dokumentationen?	S
05	Kann Support beansprucht und bezogen werden?	S
06	Ist die Lösung benutzerfreundlich?	S
07	existieren Verwaltungstools?	S
08	Fallen zusätzliche Kosten an?	S

Tabelle 17: Software Kriterien

### 1.10.2 Informationsbeschaffung

Es wurde nach einer Lösung gemäss der oben definierten Kriterien gesucht. Dabei bin ich auf einen Wikipedia Eintrag<sup>2</sup> gestossen, welcher die verschiedenen Cluster Software Angebote auflistet. Dabei wurde nur nach einer HPC Lösung gefiltert. Durch diese Analyse hat sich die OpenHPC Lösung der Linux Foundation herauskristalisiert. Weiterhin wurden Suchbegriffe wie "HPC Raspberry PI" über Suchmaschinen eingegeben da die Computenodes des Cluster Raspberry PI's sein sollen. Den Artikel über TinyTitan<sup>3</sup> habe ich als interessant erachtet und wurde genauer untersucht. Mit einer weiteren Suche(hpc cluster software raspberry) bin ich auf einen Guide<sup>4</sup> gestossen, der relativ simpel aussieht und einfach umzusetzen ist. Es gab durchaus noch weitere Guides und Softwarelösungen, welche ich aber nach einer genaueren Analyse der Installationsanleitung verworfen habe, da diese mir zum Teil zu wenig Informationen lieferten. Während der Informationsbeschaffung wurden alle Installationsskripte und Anleitungen sorgfältig durchgelesen um diese als mögliche Variante zu empfehlen. Während der Informationsbeschaffung bin ich auf zwei Fachbegriffe (MPI & SLURM) welche meistens in Zusammenhang mit HPC stehen gestossen. Diese musste ich ebenfalls noch in Erfahrung bringen.

<sup>2</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_cluster\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_cluster_software)

<sup>3</sup><http://www.hpctoday.com/best-practices/tinytitan-a-raspberry-pi-computing-based-cluster/>

<sup>4</sup><http://thundaxsoftware.blogspot.ch/2016/07/creating-raspberry-pi-3-cluster.html>



## 1.11 Lösungsvarianten

### 1.11.1 Variantenübersicht

Die Informationen wurden über die folgenden Produkte gesammelt und zusammengestellt:

Nr.	Variante	Bezeichnung
01	OpenHPC	HPC Lösung entwickelt von der Linux Foundation
02	TinyTitan	Open Source Lösung entwickelt von Oak Ridge Leadership Computing Facility
03	Minimale Lösung	Simple 32-Bit Architektururlösung

Tabelle 18: Variantenübersicht

#### 1.11.2 Variante V1 «OpenHPC»

##### Beschreibung

OpenHPC gilt als vorangeschrittenes OpenSource Projekt der Linux Foundation. Das Produkt steht in direkter Verbindung mit diversen grossen IT Unternehmen weltweit. Das Ziel der Linux Foundation ist es, durch OpenHPC eine kostengünstige sowie schnell zu installierende HPC-Umgebung aufzubauen. Durch viele zusätzliche OpenSource Tools rundet sich das Produkt ab und gilt als ernstzunehmender Konkurrent gegenüber kostenpflichtiger Software.

##### Installation und Betrieb

Es existieren diverse Guides, Foren und Chats sowie eine E-Mail-Liste zu OpenHPC. Dadurch scheint die Unterstützung bei allfälligen Problemen vorhanden zu sein. Die Installationsanleitung, welche von der Linux Foundation geschrieben wurde, liest sich sehr gut und ist absolut ausreichend für die Installation. Der Betriebsaufwand wird als gering eingeschätzt, da es ein sehr ausgereiftes Produkt, welches stetig weiterentwickelt wird, ist.

##### Voraussetzungen, Abhängigkeiten

Für die Cluster Software werden mindestens ein Masternode und 4 Computenodes vorausgesetzt. Das Betriebssystem bezieht sich hierbei auf ein CentOS7x. Jeder Computenode benötigt 2 Netzwerkschnittstellen. Das eine Interface wird für den Standard Ethernet Zugriff verwendet und das zweite Interface wird für die Kommunikation zu jedem BMC Host verwendet. Es werden zusätzliche Intel Bibliotheken benötigt. Dazu müssen Lizenzen für Parallel Studio XE von Intel besorgt werden. Die Lizenzen können mit einer offiziellen E-Mail-Adresse der Schule gratis bezogen werden. Die Linux Foundation erwähnt in ihrem Guide, dass sie die «Bring your own Licence» Strategie verfolgt.

#### 1.11.3 Variante V2 «TinyTitan»

##### Beschreibung

Das Produkt wurde von der Firma «Oak Ridge Facility» entwickelt. Die Software ist unter anderem

## 1 Initialisierung

für RPI's entwickelt worden. TinyTitan wurde für das Durchführen wissenschaftlicher Berechnungen entworfen. Jedoch wurde seit geraumer Zeit an dem Produkt nicht mehr weitergearbeitet, wie dem offiziellen GitHub Repository zu entnehmen ist. Die Community selbst erweist sich ebenfalls als sehr klein.

### Installation und Betrieb

Für die Installation des Produktes wird ein XServer vorausgesetzt, da empfohlen wird Tiny-Titan über ein GUI zu installieren. Der Installationsanleitung ist ebenfalls zu entnehmen, dass sich die Entwickler viele Gedanken über das Look a Like des Clusters gemacht haben, zum Beispiel wird ein Thema dem Einbinden von LED's gewidmet. Die Installation findet ausschliesslich durch vordefinierte Scripts statt. Durch die kleine Community und nicht mehr gepflegte Software kann nichts über den Betriebsaufwand in Erfahrung gebracht werden.

### Voraussetzungen, Abhängigkeiten

Laut Guides werden lediglich 2 RPI's benötigt.

#### 1.11.4 Variante V3 «Minimale Lösung»

##### Beschreibung

Die Minimale Installation ist eine zum Teil Eigenbau Lösung, welche sich nahe an diverse Guides aus dem Internet bezieht. Jedoch wird diese auf eigene Bedürfnisse angepasst.

##### Installation und Betrieb

Da es bei dieser Lösung selber zu entscheiden gibt, was und wie die Lösung installiert und umgesetzt werden soll, kann während der Installation darauf geachtet werden, was den grössten Vorteil für den Betrieb danach mit sich bringt. Während dem Projekt soll die Installation aber klein gehalten werden und nur das nötigste wird umgesetzt.

##### Voraussetzungen, Abhängigkeiten

Es werden 2 RPI's benötigt.

#### 1.11.5 Anforderungsabdeckung der Varianten

Nr.	Kriterium	Gewichtung	Begründung
1	Installation	40%	Die Installation soll keine Hürden aufweisen, da der Zeitplan ansonsten nicht eingehalten werden kann.
2	Partner	10%	Je mehr Partner vorhanden sind, desto grösser und innovativer ist die Software. Die Software hat dadurch einen fixen Standpunkt auf dem Markt und wird weiterentwickelt.
3	Aktualität	20%	Fördert den LifeCycle und die Sicherheit der Cluster-Software.
4	Tools	30%	Mitgelieferte Tools

Tabelle 19: Anforderungsabdeckung

## 1 Initialisierung

Nr.	Kriterium	Note	Begründung
1	Installation	0/3/5	5 = Kann gemäss Anleitung direkt installiert werden 3 = Veraltete Anleitung, es wird mit Kompatibilitätsproblemen gerechnet 0 = Keine Anleitung vorhanden
2	Partner	0/2	2 = Viele Partner vorhanden 0 = keine Partner vorhanden
3	Aktualität	0/3/5	5 = Releases in den letzten 2 Monaten 3 = Releases in den letzten 6 Monaten 0 = Keine Releases seit einem Jahr
4	Tools	0/5	5 = Es werden Tools angeboten 0 = Es werden keine angeboten

Tabelle 20: Bewertung der Varianten

### 1.12 Bewertung der Varianten

Kriterium	Gewicht	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Installation	40%	5x40 = 200	4x40 = 160	5x40 = 200
Partner	10%	2x10 = 20	0x10 = 0	0x10 = 0
Aktualität	20%	5x20 = 100	0x20 = 0	5x20 = 100
Tools	30%	5x30 = 150	0x30 = 0	0x30 = 0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>470</b>	<b>160</b>	<b>260</b>

Tabelle 21: Bewertung der Varianten

### 1.13 Variantenentscheid

Anhand der Bewertung wird empfohlen, die OpenHPC Lösung der Linux Foundation zu verwenden. Die Installation kann gemäss Anleitung in kürzester Zeit umgesetzt werden. Die Releases können mit kleinerem Aufwand installiert werden. Zudem runden die Möglichkeiten der Schnittstellen und Komponenten den Entscheid ab. Es ist möglich, Administrations- sowie Performance Monitoring Tools einzusetzen, welche mit der Lösung harmonieren. Als Hürde sehe ich die möglichen anfallenden Lizenzen und das zweite Netzwerk Interface, welches man für die Kommunikation unter den RPI's benötigt.

### 1.14 Risiken

In der untenstehenden Abbildung kann entnommen werden, welche Risiken während des Projekts existieren. Dabei sind Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungen tabularisch aufgelistet.

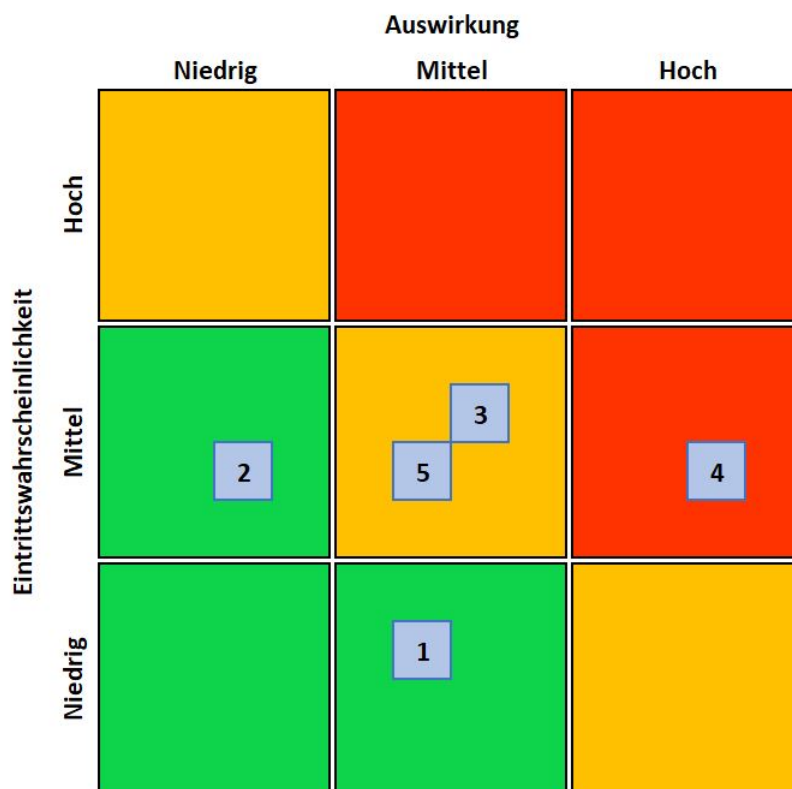


Abbildung 1: Risiken

Nr.	Beschreibung	Massnahmen zur Problemlösung
1	Der Terminplan kann nicht eingehalten werden	- Zeitplan anpassen - Experten informieren und nach einer Lösung suchen
2	Ausfall durch Unfall	Experten informieren und nach einer Lösung suchen
3	Technische Umsetzungsprobleme	- Informieren der Experten - Hilfe der Experten einholen - Alternative Lösung umsetzen
4	Defekte Hardware (Switch, Netzteil)	Hardware muss umgehend neu beschafft werden
5	Softwarefehler	Patches einspielen, Kontakt mit Lieferanten aufnehmen

Tabelle 22: Risiken

## 2 Konzept

Das Konzept beschreibt den vorgesehenen Aufbau des Clusters und beinhaltet die Testfälle welche bei der Abnahme nach der Realisierung berücksichtigt werden müssen.

### 2.1 Physikalischer Überblick

Durch die aufgeführte Abbildung ist eine Übersicht der vorhandenen und angeschlossenen Komponenten des Projektes ersichtlich.

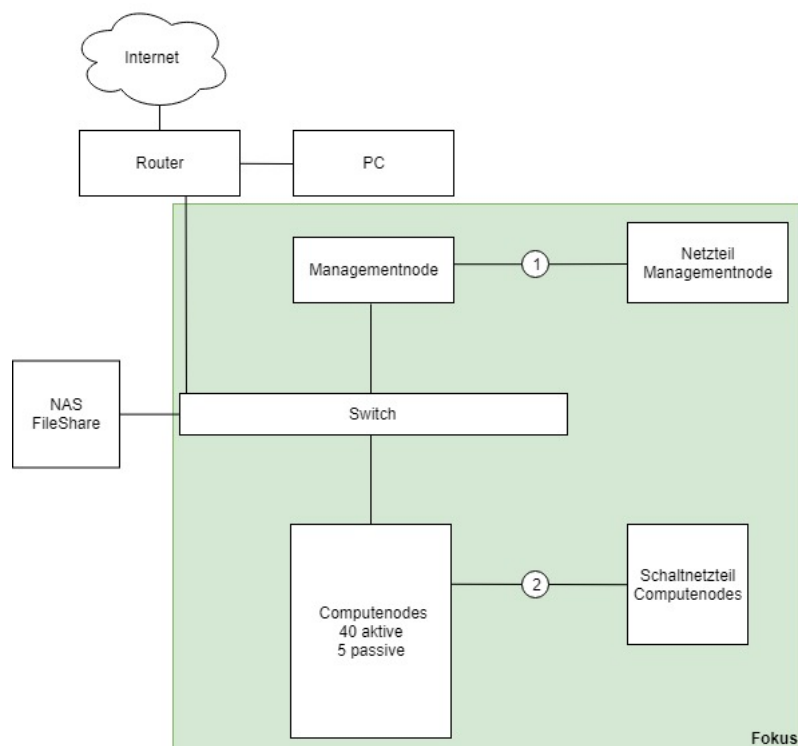


Abbildung 2: Physikalischer Überblick

#### Beschreibung

Der grün markierte Teil beinhaltet das Vorhaben. Diese Komponenten werden neu in das Netzwerk eingebunden und aufgebaut. Die Komponenten ausserhalb des grünen Bereiches existieren bereits und es müssen für die Umsetzung konfigurationen vorgenommen werden.

#### Verbindung 1

Der Managementnode wird über ein herkömmliches Netzteil per Micro USB mit Stom versorgt.

#### Verbindung 2

Die Computenodes werden über ein Schaltnetzteil über die GPIO Pins mit Stom betrieben.

## 2.2 Physikalische Verbindungen

### 2.2.1 Stromversorgung Management Node

Der Managementnode wird über den Micro USB Anschluss mit Strom versorgt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass ein mindest Strom von 2 Ampere fließt. Zudem wird eine konstante Spannung von 5 Volt benötigt. Deshalb wird ein Netzteil mit einer Leistung von 10 Watt verwendet. Das Netzteil wird über eine Stromschiene an das Stromnetz angeschlossen.

### 2.2.2 Compute Nodes

Die Managementnodes werden über die GPIO Pins via Jumperkabel über ein gemeinsames Netzteil mit Strom versorgt. Da es sich hierbei um eine Anzahl von mindestens 45 Raspberry's handelt ist ein Netzteil mit einer Leistung von 500W vorgesehen. Das Netzteil wird über die Stromschiene an das Stromnetz angeschlossen.

### 2.2.3 Übrige Geräte

Die übrigen Geräte werden über den herkömmlichen Weg mit Strom über eine Stromschiene versorgt.

### 2.2.4 Netzwerkverbindungen

Die folgenden Komponenten sind über den Switch in das lokale Netzwerk eingebunden, die nicht aufgelisteten Geräte werden direkt über Powerline oder WLAN mit dem Router verbunden.

- Managementnode
- Computenodes
- NAS

## 2.3 Technischer Überblick

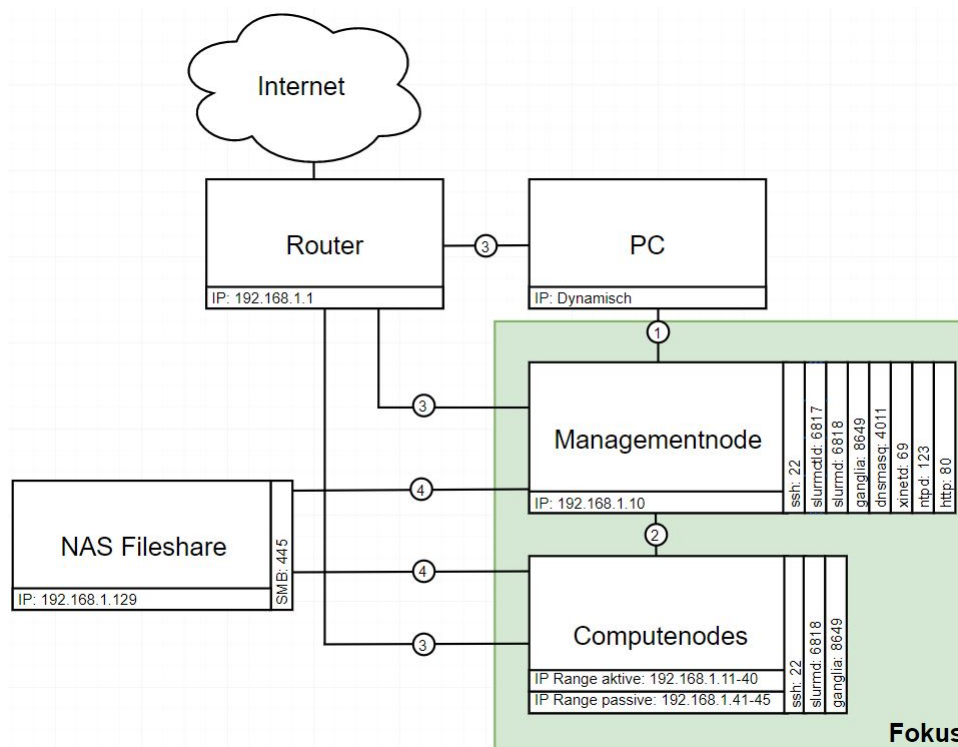


Abbildung 3: Technischer Überblick

### Beschreibung

Der grün markierte Teil beinhaltet das Vorhaben. Diese Komponenten werden neu in das Netzwerk eingebunden und aufgebaut. Die Komponenten ausserhalb des grünen Bereiches existieren bereits und es müssen für die Umsetzung konfigurationen vorgenommen werden.

### Verbindung 1

Der PC kann mit dem **SSH Protokoll** auf den Managementnode zugreifen. Dadurch kann die Installation vorgenommen werden. Zugleich wird über **HTTP** via Webbrowser der Zugriff auf diverse Applikationen wie z.B. Nagios & Ganglia ermöglicht.

### Verbindung 2

Der Managementnode verteilt via **dnsmasq** und **TFTP** das Betriebssystem an die Computenodes über das Netzwerk. Sogleich ist auch der **Slurm Controller** für die Jobsteuerung auf dem Managementnode installiert, welcher mit den **Slurm Daemons** auf den Computenodes kommuniziert. Weiterhin sind die Monitoring Komponenten **Ganglia** und **Nagios** auf dem Managementnode installiert, welche Monitoringdaten der Computenodes sammeln und zur Auswertung verarbeiten.

### Verbindung 3

Der Router verteilt via **DHCP** statische IP Adressen und Hostnamen welche über die MAC Adressen definiert sind.

## Verbindung 4

Der NAS Share wird über **SMB** auf den Computenodes und dem Masternode angehängt.

### 2.3.1 Verwendete Protokolle

Verbindung	Protokoll	Protokollfamilie	Ports
1	SSH	TCP	22
2	SMTP	TCP	25
3	DHCP	UDP	67 / 78
4	TFTP	UDP	69
5	HTTP	TCP	80
6	SMB	TCP	445

Tabelle 23: Protokolle

## 2.4 Technische Verbindungen & Kommunikation

Nr.	Quelle	Ziel	Betrifft	Beschreibung
1	NAS	Mgmt	Datenablage	Der NAS Share wird über das SMB Protokoll angehängt.
2	NAS	Compute	Datenablage	Der NAS Share wird über das SMB Protokoll angehängt.
3	Router	Mgmt	IP Adresse	Anhand der MAC Adresse wird eine statische IP Adresse zugewiesen.
4	Router	Compute	IP Adressen	Anhand der MAC Adressen werden statische IP Adressen zugewiesen.
5	Router	Mgmt	Hostname	Es wird über den Router ein definierter Hostname verteilt.
6	Router	Compute	Hostnamen	Es werden über den Router definierte Hostnamen verteilt.
7	Mgmt	Compute	Netzwerkboot	Der Managementnode beliefert die Computenodes über das TFTP Protokoll mit dem Betriebssystem
8	Internet	Mgmt	Zeitserver	Die aktuelle Zeit wird mit NTP über das Internet synchronisiert.
8	Mgmt	Compute	Zeitserver	Die Computenodes beziehen die aktuelle Zeit über NTP.
9	Internet	Compute	Internetzugriff	Die Computenodes können über ein routing über den Mgmt auf das Internet zugreifen.
10	PC	Mgmt	Zugriff	Verbindungen über den PC können mit dem SSH Protokoll aufgebaut werden.
11	PC	Compute	Zugriff	Verbindungen über den PC können mit dem SSH Protokoll aufgebaut werden.

Tabelle 24: Verbindungen & Kommunikation

**Legende:** Mgmt = Managementnode, Compute = Computenode, PC = Home Computer



## 2.5 Komponentenbeschreibung

### 2.5.1 Router

Bei dem Router handelt es sich um eine Internet-Box Plus von Swisscom. Das Admin Interface ist über <http://internetbox> aufrufbar.

### 2.5.2 PC

Der PC ist selbst zusammengestellt und wird für den SSH Zugriff auf den Managementnode und für Zugriffe auf die Webanwendungen des Clusters benötigt.

### 2.5.3 Management Node

Der Managementnode dient der Jobsteuerung sowie Clusterverwaltung. Alle zentralen Programme sind auf diesem Node installiert.

Hostname	nebula
Modell	Raspberry PI 3 B
Betriebssystem	Centos 7.4
CPU	Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU
RAM	1GB

Tabelle 25: Komponente Managementnode

### 2.5.4 Netzteil Management Node

Das Netzteil liefert eine konstante Spannung von 5V und Strom von mindestens 2 Ampere. Dabei handelt es sich um ein Noname Netzteil welches eine Mindestleistug von 10 Watt aufbringen muss.

### 2.5.5 NAS

Das NAS ist von der Firma Synology, das Modell lautet DS216 und wird als redundanter Datenspeicher benutzt.

### 2.5.6 Switch

Der Managed Switch TL-SL3428 von TP-Link wird für die Kommunikation zwischen NAS, Router, Managementnode und den Computenodes benötigt. Auf die Managed Funktion wird allerdings während des Aufbaus und Betriebs verzichtet.

### 2.5.7 Compute Nodes

Die Computenodes erhalten über das Netzwerk das Betriebssystem durch den Managementnode zugestellt. Dabei sind alle Hostnamen der Computenodes mit dem Prefix "c" versehen und werden aufnummeriert. Dabei sind die Computenodes in aktiv und passiv (Fallback, Reserve) aufgeteilt, die passiven Computenodes sollen ausgefallene aktive Computenodes ersetzen und deren Arbeiten übernehmen und die Leistung des Clusters konstant halten.

#### Aktiv

Hostname	c[1-40]
Modell	Raspberry PI 3 B
Betriebssystem	Centos 7.4
CPU	Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU
RAM	1GB

Tabelle 26: Komponente aktive Copmputenodes

#### Passiv

Hostname	c[41-45]
Modell	Raspberry PI 3 B
Betriebssystem	Centos 7.4
CPU	Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU
RAM	1GB

Tabelle 27: Komponente passive Copmputenodes

### 2.5.8 Schaltnetzteil Compute Nodes

Das Schaltnetzteil RSP-750-5 von Mean Well liefert konstante 5 Volt aus Ausgangsspannung und kann eine Leistung bis zu 500 Watt aufbringen, daraus können 100 Ampere auf die Nodes verteilt werden.

## 2.6 Tests

### 2.6.1 Testobjekte

Die folgende Hardware ist für die Tests der Funktionsfähigkeit des Clusters im Scope vorgesehen.

## 2 Konzept

Nr.	Objekt	Beschreibung
1	Managementnodes	Raspberry PI 3
2	Computenodes	Raspberry PI 3
3	NAS	Synology NAS DS216+
4	Switch	TP-Link TL-SL3428

Tabelle 28: Testobjekte

### 2.6.2 Testarten

Die Tests werden in folgende Kategorien eingestuft:

Nr.	Testart	Beschreibung
1	Komponententest	Die Lauffähigkeit und Erreichbarkeit der einzelnen Hardware Komponenten wird überprüft.
2	Integrationstest	Es wird die Zusammenarbeit der aktiven und neu Integrierten abhängigen Komponenten überprüft.
3	Systemtest	Das System wird als Komplettlösung getestet. Hierbei soll geprüft werden ob die Lösung den Anforderungen der Anwendbarkeit und Nutzbarkeit dem Auftrag entspricht.

Tabelle 29: Testarten

### 2.6.3 Testvoraussetzungen

#### Startbedingungen

Für den Start der Tests muss der Cluster aufgebaut sein und die einzelnen Komponenten müssen mit Strom versorgt sein.

#### Abbruchbedingungen

Die Tests werden abgebrochen sobald Fehler auftauchen welche Folgetests verhindern.

#### 2.6.4 Fehlerklassen

Nr.	Fehlerklassen	Beschreibung
1	Fehlerfrei	Die Erwartungen sind erfüllt.
2	Harmloser Mangel	Es sind keine Betriebsverhinderungen zu erkennen. Die Erwartungen sind erfüllt.
3	Kleiner Mangel	Der Betrieb kann aufgenommen werden, das Problem sollte aber über einen Zeitraum von 6 Monaten behoben werden.
4	Schwerer Mangel	Der Cluster kann nur teilweise in Betrieb genommen werden, der Mangel muss innerhalb zwei Wochen behoben werden.
5	Kritischer Mangel	Der Cluster kann nicht in Betrieb genommen werden. Die Mängel müssen umgehend behoben werden.

Tabelle 30: Fehlerklassen

#### 2.6.5 Testhilfsmittel

Die Dokumentation der Tests wird im Testprotokoll nachgeführt. Damit die Tests durchgeführt werden können wird ein PC oder Notebook welches auf mit Linux betrieben wird benötigt. Dieser Client muss sich im selben Netzwerk wie der Cluster befinden.

#### 2.6.6 Testfälle

Bezeichnung	<b>K-001</b>	Start Managementnode	Systemstart
Beschreibung	Der Managementnode wird auf die Erreichbarkeit nach einem Systemstart der Komponenten überprüft		
Testvoraussetzung	Der Managementnode und der Test PC befinden sich im selben Netzwerk		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Managementnode starten (Strom anschliessen)</li><li>• 30 Sekunden warten</li><li>• auf Test PC mit dem Befehl “nmap -sn 192.168.1.10   grep Nmap scan report“ auf erreichbare Geräte mit der IP 192.168.1.10 prüfen.</li></ul>		
Erwartetes Ergebnis	Nmap scan report for nebula (192.168.1.10)		

Tabelle 31: Testfall K-001

## 2 Konzept

Bezeichnung	<b>K-002</b>	Start Computenodes	Systemstart
Beschreibung	Die Computenodes werden auf die Erreichbarkeit nach einem Systemstart überprüft		
Testvoraussetzung	Die Nodes und der Test PC befinden sich im selben Netzwerk, der Managementnode muss bereits in Betrieb sein		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computenodes an Strom anschliessen</li> <li>• 5 Minuten warten</li> <li>• auf Test PC mit dem Befehl <i>nmap -sn 192.168.1.11-55 / grep Nmap scan report</i> auf erreichbare Geräte mit der IP Range 192.168.1.11 - 192.168.1.55 prüfen</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Nmap scan report for c1 (192.168.1.11) ...		

Tabelle 32: Testfall K-002

Bezeichnung	<b>K-003</b>	Hostnamen & IP Nodes	DHCP
Beschreibung	Es wird geprüft ob alle Nodes die richtige IP Adresse und den richtigen Hostnamen zugewiesen erhalten haben		
Testvoraussetzung	Die Nodes und der Test PC befinden sich im selben Netzwerk, alle Nodes müssen gestartet sein. Dieser Test ist abhängig von K-001 und K-002		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf dem Test PC mit dem Befehl <i>nmap -sn 192.168.1.10-55 / 'grep Nmap scan report/MAC Address'</i> die IP, den Hostnamen und die MAC Adressen auslesen.</li> <li>• Die Ausgabe mit der Hostnamenliste im Anhang vergleichen, diese muss identisch sein</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Nmap scan report for c1.home (192.168.1.11) MAC Address: B8:27:EB:32:39:A7 (Raspberry Pi Foundation) ... Es müssen 46 Einträge vorhanden sein		

Tabelle 33: Testfall K-003

Bezeichnung	<b>K-004</b>	NAS-Share	SMB
Beschreibung	Es wird getestet ob das NAS erreichbar ist und der Samba Dienst läuft		
Testvoraussetzung	Das NAS und der Managementnode sind gestartet		
Testschritte	Auf dem Managementnode mit dem Befehl <i>nc -v nasbox 445</i> in der Shell die Verbindung prüfen.		
Erwartetes Ergebnis	Ncat: Version 6.40 ( <a href="http://nmap.org">http://nmap.org</a> nccat ) Ncat: Connected to 2a02:1205:5012:90f0:211:32ff:fe54:1e69:445.		

Tabelle 34: Testfall K-004

## 2 Konzept

Bezeichnung	I-001	Installation	Skript
Beschreibung	Das Installationsskript soll automatisiert durchlaufen. Der Cluster soll danach direkt einsetzbar sein ohne zusätzliche Konfigurationen vornehmen zu müssen		
Testvoraussetzung	Alle Komponententests müssen fehlerfrei durchgelaufen sein		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Installationsskript aus dem Git Repository herunterladen</li> <li>• Das Skript ausführen</li> <li>• Installationsdurchlauf abwarten, ca. 1 Stunde</li> <li>• Auf den Managementnode per SSH über den PC verbinden</li> <li>• Den Befehl <code>sinfo</code> eingeben</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Die Ausgabe muss die Computenodes im idle Status ausgeben. PARTITION AVAIL TIMELIMIT NODES STATE NODELIST normal* up infinite 1 idle c[1-45]		

Tabelle 35: Testfall I-001

Bezeichnung	I-002	Netzkerkboot	Betriebssystem
Beschreibung	Der Managementnode verteilt das Betriebssystem an alle Computenodes		
Testvoraussetzung	Dnsmasq und die Netzkerkboot Verzeichnisse sind angelegt. Der Master-node ist erreichbar		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Computenodes mit Strom versorgen</li> <li>• 5 Minuten warten</li> <li>• Auf dem Managementnode in der Konsole folgendes eingeben: <code>for ((i=1; i&lt;=45; i++)); do ssh c\$i hostname; done</code> eingeben</li> <li>• Abwarten bis alle Computenodes durchgegangen wurden</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Für jeden Computenode wird der Hostname ausgegeben. c1, c2, c3, ... c45.		

Tabelle 36: Testfall I-002

## 2 Konzept

Bezeichnung	<b>I-003</b>	NAS Share	Verbindung
Beschreibung	Der NAS-Share ist auf dem Masternode und den Computenodes angehängt		
Testvoraussetzung	Es ist ein NAS-Share eingerichtet		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf den Managementnode per SSH verbinden</li> <li>• Den Befehl mount eingeben</li> <li>• Den Mountpoint auf das NAS auslesen</li> <li>• mit cd Dir in das Verzeichnis wechseln</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Der Mountpoint wird bei der Eingabe von mount angezeigt Es kann in das Verzeichnis gewechselt werden Falls bereits Daten auf dem Share vorhanden sind werden diese mit dem Befehl ls -lrtha angezeigt.		

Tabelle 37: Testfall I-003

Bezeichnung	<b>I-004</b>	Computenodes Internet	Konnektivität
Beschreibung	Es wird überprüft ob die Computenodes eine Verbindung zum Internet aufbauen können.		
Testvoraussetzung	Managementnode und Computenodes sind gestartet		
Testschritte	Auf jedem Computenode muss in der Kommandozeile ping google.com eingegeben werden		
Erwartetes Ergebnis	PING google.com (216.58.205.46) 56(84) bytes of data. 64 bytes from mil04s24-in-f46.1e100.net (216.58.205.46) 64 bytes from mil04s24-in-f46.1e100.net (216.58.205.46)		

Tabelle 38: Testfall I-004

Bezeichnung	<b>S-001</b>	NAS Share	Existenz
Beschreibung	Es wird überprüft ob der NAS-Share nebula vorhanden ist		
Testvoraussetzung	Das NAS ist erreichbar und der Share ist eingerichtet		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Über den Browser auf dem PC auf http://nasbox:5000/ anmelden</li> <li>• Logindaten eingeben</li> <li>• Dem Pfad folgen Desktop/File Station/nebula</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Das Verzeichnis ist vorhanden und kann gelesen und beschrieben werden		

Tabelle 39: Testfall S-001

## 2 Konzept

Bezeichnung	<b>S-002</b>	Ausfall Computenode	Ausfallsicherheit
Beschreibung	Es soll getestet werden ob der Cluster weiterhin stabil läuft, nachdem ein Computenode vom Strom entfernt wird		
Testvoraussetzung	Der Cluster ist in Betrieb		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Job in Auftrag geben (srun)</li> <li>• Die Stromzufuhr eines aktiven Computenodes unterbrechen</li> <li>• Den Job mit sinfo oder squeue abrufen</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Der Job läuft weiter und ist auf einen passiven Node ausgelagert worden		

Tabelle 40: Testfall S-002

Bezeichnung	<b>S-003</b>	Slurm	Jobverwaltung
Beschreibung	Es soll getestet werden, ob Slurm richtig konfiguriert wurde und Jobs auf dem Cluster gestartet werden können		
Testvoraussetzung	Managementnode und Computenodes sind gestartet		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• srun -nodes=40-40 -ntasks=40 -cpus-per-task=4 testslurm.sh in der Kommandozeile eingeben</li> <li>• squeue in der Kommandozeile eingeben</li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Das testslurm.sh Script wird in der Queue angezeigt und der Status ist auf Running		

Tabelle 41: Testfall S-003

Bezeichnung	<b>S-004</b>	Nagios	Monitoring
Beschreibung	Die Installation und Konfiguration von Nagios soll überprüft werden		
Testvoraussetzung	Nagios ist installiert und Konfiguriert		
Testschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="http://nebula/nagios">http://nebula/nagios</a> aufrufen</li> <li>• Anmeldedaten eingeben</li> <li>• </li> </ul>		
Erwartetes Ergebnis	Das testslurm.sh Script wird in der Queue angezeigt und der Status ist auf Running		

Tabelle 42: Testfall S-004



## 2.7 Monitoring

Als Monitoring Lösungen werden die Applikationen Nagios und Ganglia eingesetzt. Die Einsatzgebiete sind wie folgt definiert:

- Nagios = Service Monitoring
- Ganglia = Performance Monitoring

### 2.7.1 Service Monitoring - Nagios

Sämtliche Service Tests werden vom Managementnode aus, automatisiert in definierten Intervallen ausgeführt. Fehlgeschlagene Tests, sowie Statusänderungen der Überwachungsstatus generieren eine Benachrichtigungs E-Mail welche an den Systemadministrator versendet wird. Nagios ist über den Browser via <http://nebula/nagios> zu erreichen.

Die folgenden Überwachungen sollen während der Realisierungsphase implementiert werden. Weitere Überwachungen können nach dem Projektabschluss implementiert werden.

Nr.	Überwachung	Schweregrad	Intervall	Beschreibung
1	Erreichbarkeit	Kritisch	5	Es wird mittels Ping eine Statusüberprüfung der Nodes durchgeführt
2	SSH Zugriff	Mittel	60	Die Zugriffe auf die Computenodes sollen über den Managementnode stattfinden
3	CPU Last	Hoch	5	Die CPU's ständig ausgelastet sein

Tabelle 43: Service Monitoring

### 2.7.2 Performance Monitoring - Ganglia

Die Ganglia Applikation ist auf dem Managementnode installiert und kommuniziert mit den Ganglia Daemons auf den Computenodes. Dabei werden die übermittelten Daten als Grafen dargestellt. Ganglia ist über <http://nebula/ganglia> aufrufbar.

## 2.8 Mining

Die Kryptowährungen werden über die Miningpools von [Minergate.com](http://Minergate.com) geschürft. Dafür wird die Cpuminer Version von [tkinjo1985](https://github.com/tkinjo1985) verwendet. Diese Version unterstützt die ARMv8 Prozessoren und bietet alle gängigen Algorithmen für das Schürfen der Währungen an. Zudem werden nur Währungen geschürft welche auf Börsen gehandelt werden können.

### 2.8.1 Kryptowährungen

Folgende Kryptowährungen werden über die Minergate Pools mit dem CryptoNight Algorithmus geschürft.

Nr.	Währung	Kürzel	Märkte
1	Bytecoin	BCN	HitBTC, Poloniex
2	Monero	XMR	HitBTC, Binance, Bitfinex, Poloniex
3	Monero Original	XMO	HitBTC
4	DigitalNote	XDN	HitBTC, Bittrex
5	Quazar Coin	QCN	HitBTC
6	DashCoin	DSH	HitBTC
7	FantomCoin	FCN	HitBTC

Tabelle 44: Kryptowährungen

## 2.9 Hostnamen

Die Computennamen wurden nach einem überschaulichen Konzept definiert. Jeder Computenode trägt den Prefix "c". Dies soll bei der Behebung von Problemen auf physischer Ebene, z.B. Austauschen eines Nodes dienen. Zudem werden alle Hostnamen immer in kleinen Buchstaben geschrieben.

### 2.9.1 Management Node Name

Name	IP	MAC
nebula	192.168.1.10	B8:27:EB:32:A9:1C

Tabelle 45: Managementnode Name

### 2.9.2 Reserve Node Name

Die Reservenodes sind als Fallback für ausgefallene Computenodes vorgesehen.

Nr.	Name	IP	MAC
1	c41	192.168.1.51	B8:27:EB:DE:C9:69
2	c42	192.168.1.52	B8:27:EB:7E:6F:48
3	c43	192.168.1.53	B8:27:EB:5D:DD:FE
4	c44	192.168.1.54	B8:27:EB:A6:6D:4D
5	c45	192.168.1.55	B8:27:EB:0C:63:10

Tabelle 46: Reservenode Name

### 2.9.3 Compute Node Namen

Nr.	Name	IP	MAC
1	c1	192.168.1.11	B8:27:EB:32:39:A7
2	c2	192.168.1.12	B8:27:EB:2E:A3:D1
3	c3	192.168.1.13	B8:27:EB:50:45:3F
4	c4	192.168.1.14	B8:27:EB:0D:E6:25
5	c5	192.168.1.15	B8:27:EB:3E:96:B5
6	c6	192.168.1.16	B8:27:EB:EE:77:DA
7	c7	192.168.1.17	B8:27:EB:21:63:E6
8	c8	192.168.1.18	B8:27:EB:2E:2E:CC
9	c9	192.168.1.19	B8:27:EB:17:32:96
10	c10	192.168.1.20	B8:27:EB:B2:1C:A9
11	c11	192.168.1.21	B8:27:EB:AF:63:1F
12	c12	192.168.1.22	B8:27:EB:43:00:2C
13	c13	192.168.1.23	B8:27:EB:13:7B:18
14	c14	192.168.1.24	B8:27:EB:43:CD:29
15	c15	192.168.1.25	B8:27:EB:FF:C7:56
16	c16	192.168.1.26	B8:27:EB:CE:98:66
17	c17	192.168.1.27	B8:27:EB:5D:63:34
18	c18	192.168.1.28	B8:27:EB:91:3E:0F
19	c19	192.168.1.29	B8:27:EB:F4:65:EC
20	c20	192.168.1.30	B8:27:EB:3E:AB:DC
21	c21	192.168.1.31	B8:27:EB:66:60:F6
22	c22	192.168.1.32	B8:27:EB:37:3F:74
23	c23	192.168.1.33	B8:27:EB:18:5E:F0
24	c24	192.168.1.34	B8:27:EB:B0:23:B8
25	c25	192.168.1.35	B8:27:EB:BE:C4:94
26	c26	192.168.1.36	B8:27:EB:FB:FF:57
27	c27	192.168.1.37	B8:27:EB:4E:EC:CE
28	c28	192.168.1.38	B8:27:EB:43:1C:35
29	c29	192.168.1.39	B8:27:EB:DC:74:5F
30	c30	192.168.1.40	B8:27:EB:D1:DE:2F
31	c31	192.168.1.41	B8:27:EB:5E:90:34
32	c32	192.168.1.42	B8:27:EB:DE:80:24
33	c33	192.168.1.43	B8:27:EB:A4:79:6F
34	c34	192.168.1.44	B8:27:EB:0A:4D:C7
35	c35	192.168.1.45	B8:27:EB:5C:53:5F
36	c36	192.168.1.46	B8:27:EB:F7:AF:C2
37	c37	192.168.1.47	B8:27:EB:CE:BA:ED
38	c38	192.168.1.48	B8:27:EB:59:38:3C
39	c39	192.168.1.49	B8:27:EB:99:BB:8E
40	c40	192.168.1.50	B8:27:EB:8F:7A:0D

Tabelle 47: Computenode Namen

## 3 Realisierung

Dieses Kapitel beschreibt in welcher Reihenfolge der Cluster aufgebaut wurde. Einen tieferen Einblick in den Aufbau des Clusters kann dem Anhang entnommen werden.

### 3.1 Physischer Aufbau

#### 3.1.1 Komponenten Platzierung

Der Cluster ist in einem Gestell welches 4 Ebenen hat implementiert, die Ebenen sind wie folgt aufgeteilt.

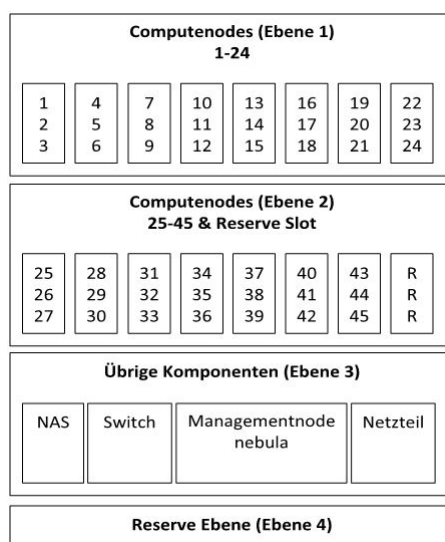


Abbildung 4: Physischer Aufbau

#### Ebene 1

24 RPI's sind auf dieser Ebene befestigt worden.

#### Ebene 2

Es befinden sich 21 RPI's auf dieser Ebene, es können noch 3 weitere platziert werden.

#### Ebene 3

Hier wurden alle übrigen Komponenten befestigt. Darunter ist das NAS, der Switch, der Managementnode und das Netzteil zu finden.

#### Ebene 4

Auf dieser Ebene wurde nichts installiert und kann als Reserve Ebene betrachtet werden.

### 3.1.2 Kühlung

Die CPU, RAM und GPU der RPI's wurden mit Aluminium-Kühlkörpern ausgestattet. Die passive Kühlung soll die übertakten CPU's der RPI's am laufen halten.

### 3.1.3 Stromversorgung

#### Compute Nodes

Die Compute Nodes wurden über die GPIO Pins 2 (5 Volt Anschluss) und 6 (GND Anschluss) über Jumperkabel und weiteren Leiterkabeln, welche zur Verlängerung dienen, mit dem Netzteil verbunden. Es wurde darauf geachtet, dass der Kabeldurchschnitt für eine Anzahl von mindestens 25 Ampere ausreicht, so dass diese nicht durchbrennen.

#### Netzteil

Am Netzteil wurden Kabelschuhe befestigt, welche es ermöglichen, eine Verbindung mit den Leitern in Richtung RPI's herzustellen. Das Netzteil ist an einer gewöhnlichen Stromschiene angeschlossen.

#### Generelle Verkabelung

Die Leiter wurden hauptsächlich mit Lüsterklemmen verlängert und auf das zusammenlöten der Komponenten wurde deswegen verzichtet. Dies bietet für neue Verkabelungen eine grössere Flexibilität.

### 3.1.4 Kommunikation

Alle Komponenten, welche eine Netzwerkverbindung benötigen, sind über den Switch mit Patchkabeln zusammengeschlossen worden. Es wurde dabei keine spezielle Slotzuweisung des Switches berücksichtigt.

## 3.2 Technischer Aufbau

### 3.2.1 Betriebssystem

Es existiert zur Zeit kein 64-Bit CentOS Kernel, welcher mit den RPI's kompatibel ist. Deswegen wurde mit einer alternativen Lösung das Gentoo Image vom Github Repository<sup>5</sup> von Sakaki heruntergeladen und auf die SD-Karte geschrieben. Dabei wurden zwei Partitionen erstellt: Die Boot-Partition, welche den Kernel und die Bootbefehle beinhaltet, und die Dateisystem-Partition. Diese beinhaltet die Ordnerstruktur und Dateien des Betriebssystems. Diese Partition muss mit der eines CentOS Dateisystems überschrieben werden. Dabei wurde das Dateisystem aus dem offiziellen Repository von CentOS<sup>6</sup> heruntergeladen und auf die Dateisystem Partition kopiert.

---

<sup>5</sup><https://github.com/sakaki-/gentoo-on-rpi3-64bit>

<sup>6</sup><http://mirror.centos.org/altarch/7/isos/aarch64/CentOS-7-aarch64-rootfs-7.4.1708.tar.xz>

### 3.2.2 Vorbereitungen

#### Netzwerk

Die IP- und Hostnamenzuweisung wurde über die Internetbox von Swisscom eingerichtet. Dabei wurden alle RPI's an das Netzwerk und den Strom angeschlossen. Nach ca. 2 Minuten wurden alle angeschlossenen Geräte im Interface aufgelistet und konnten anhand des Hostnamenkonzeptes eingerichtet werden.

#### Netzwerkboot

Der Management Node dient als Provider und verteilt das Betriebssystem an alle angeschlossenen Compute Nodes. Diese mussten vorgängig bearbeitet werden und benötigen bei einem Power On einen OTP Eintrag. Dadurch wird eine Anfrage von jedem Compute Node (Client) an den Management Node gestellt, ob es das Betriebssystem erhalten darf. Zeitgleich wurden noch alle MAC-Adressen ausgelesen, diese werden später für die statische Zuweisung von IP Adressen und Hostnamen benötigt.

### 3.2.3 Installation

Während der Realisierung wurde nach Erfolgserlebnissen jeweils ein aktueller Snapshot der SD-Karte mit dem Programm Win32DiskImager erstellt. Dadurch war es möglich, ein rasches Vorantreiben der Installation zu gewährleisten. Falls zuviele Änderungen am System vorgenommen wurden, welche nicht mehr rasch rückgängig gemacht werden konnten und Probleme verursachten, wurde als Wiederherstellung eines funktionierenden Systems der letzte Snapshot wieder eingespielt.

Zudem wurde für die Installation des Clusters und dessen Komponenten die Installationsanleitung (Install guide with Warewulf + Slurm) von OpenHPC verwendet. Dabei wurde der Warewulf Part zu einem grossen Teil übersprungen. Dieser hätte es ermöglicht, einen vereinfachten Netzwerkboot der Compute Nodes einzurichten. Es ist aber leider nicht möglich, die RPI's damit zu managen, da Warewulf iPXE benutzt und dies nicht kompatibel mit den RPI's ist.

## 4 Schlussbetrachtung

Der Cluster kann parallele Berechnungen durchführen. Leider ist es nicht möglich, Kryptowährungen mit nur einem Prozess über den Cluster hinweg zu schürfen. Jedoch ergibt es hierbei keinen Unterschied, ob jeweils neue Prozesse pro Node gestartet werden oder ob diese in einen Prozess zusammengeführt sind. Dies würde erst eine Wichtigkeit erlangen, wenn es darum ginge Währungen zu schürfen, welche in den Blockchains diverse Bountys bereithalten, welche Belohnungen für das Schürfen beinhalten.

## 4.1 Arbeiten nach dem Projekt

Es gibt noch kleinere Bugs, welche behoben werden müssen, diese verhindern aber die Inbetriebnahme des Clusters nicht. Zudem wird nach einer Virtualisierungssoftware gesucht welche es ermöglicht verschiedene Instanzen für andere Anwendungsgebiete in Betrieb zu nehmen.

## 4.2 Persönliche Betrachtung

Generell ist es mir gelungen, eine grössere Anzahl von verschiedenen Komponenten zu einem einheitlichen Produkt zu verbinden. Dadurch habe ich nun private CPU Ressourcen, welche abgekoppelt von meinem PC sind. Das Produkt kann ich für meine nächsten persönlichen Vorhaben weiterhin benutzen und muss mir keine Webserver mieten.

## 4.3 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich speziell bei den unten aufgeführten Personen für die Unterstützung meiner Diplomarbeit bedanken:

**Monika Amrein**

Vielen Dank für die Überprüfung der Satzstellungen und das Korrigieren der Schreibfehler.

**Stefan Rätz**

Vielen Dank für die Beratung der Stromversorgung der Compute Nodes.

## 5 Authentizität

Mit meiner Unterschrift bestätige ich, die vorliegende Diplomarbeit selbstständig, ohne Hilfe Dritter und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen ohne Copyright-Verletzung, erstellt zu haben.

Schüpfen, 27.05.2018

Christoph Amrein

## A Anhang

Die folgenden Kapitel gehören zum Anhang und ergänzen den Diplombericht.

## B Vorbereitungen RPI's

### B.1 Betriebssystem installieren

Für die Installation des CentOS 7.4 ist kein boot fähiger Kernel vorhanden. Das RPI kann aber dennoch mit einem Centos 7.4 betrieben werden. Dafür sind die folgenden Schritte vorzunehmen. Die Installation des Betriebssystems ist von einem Fedora Linux Client aus beschrieben.

1. Gentoo 64 Bit Image herunterladen aus dem Github Repository<sup>7</sup> von Sakaki
2. Das Archiv wird mit dem Fedora Media Writer auf die SD Karte geschrieben. Dies ist anhand der Screenshots beschrieben.



Abbildung 5: FMW: Fedora Media Writer starten

---

<sup>7</sup><https://github.com/sakaki-/gentoo-on-rpi3-64bit>



## B Vorbereitungen RPI's

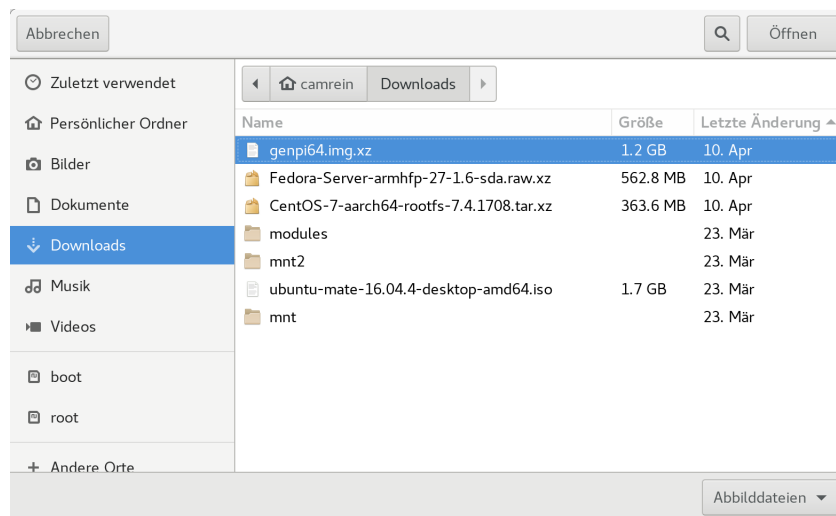


Abbildung 6: FMW: Archiv auswählen

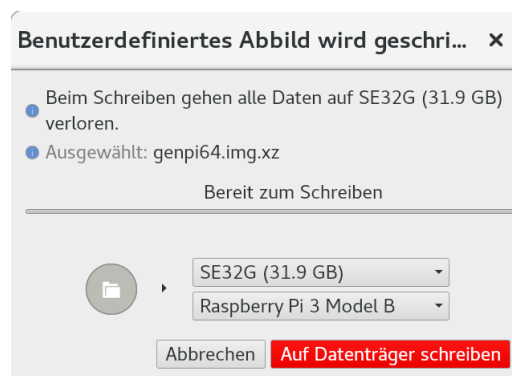


Abbildung 7: FMW: Abbild schreiben

3. Durch das Schreiben des Archivs wurden zwei Partitionen (boot & rootfs) auf der SD Karte erstellt. Diese werden wie folgt ausgelesen:

```
1 [camrein@wifibridge ~]\$ lsblk
2 NAME MAJ:MIN RM SIZE RO TYPE MOUNTPOINT
3 sda 8:0 0 238.5G 0 disk
4  └─sda1 8:1 0 200M 0 part /boot/efi
5  └─sda2 8:2 0 1G 0 part /boot
6  └─sda3 8:3 0 237.3G 0 part
7     └─fedora─root 253:0 0 50G 0 lvm /
8     └─fedora─swap 253:1 0 7.8G 0 lvm [SWAP]
9     └─fedora─home 253:2 0 179.5G 0 lvm /home
10 mmcblk0 179:0 0 29.7G 0 disk}
11  └─mmcblk0p1 179:1 0 43.1M 0 part /run/media/camrein/boot
12  └─mmcblk0p2 179:2 0 29.7G 0 part /run/media/camrein/rootfs
13 [camrein@wifibridge ~]\$
```

## B Vorbereitungen RPI's

4. Die Dateisystem Partition muss mit der von CentOS überschrieben werden. Dazu wird die Partition auf dem Linux Client angehängt. Bei Schritt 5-7 wird überprüft ob die Partition wirklich leer ist.

```
1 [root@wifibridge Downloads]# mkdir mnt
2 [root@wifibridge Downloads]# mount /dev/mmcbk0p2 mnt
3 [root@wifibridge Downloads]# cd mnt
4 [root@wifibridge mnt]# rm -rf *
5 [root@wifibridge mnt]# ls -lrtha
6 drwxr-xr-x. 5 camrein camrein 20K 15. Mai 17:39 ..
7 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 16. Mai 17:58 .
```

Die Dateisystem Partition ist nun leer und kann mit der von CentOS überschrieben werden.

5. Das Dateisystem aus dem offiziellen Centos Repository<sup>8</sup> beziehen.

6. Die geleerte Partition wird nun mit dem Dateisystem von Centos7.4 überschrieben, zugleich soll bei Schritt 2 überprüft werden, ob die Daten wirklich auf die Partition geschrieben wurden.

```
1 [root@wifibridge mnt]# tar --numeric-owner -xpf ../CentOS-7-aarch64-rootfs-7.4.1708.tar.xz
2 [root@wifibridge mnt]# ls -lrtha
3 insgesamt 84K
4 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 23. Nov 2016 srv
5 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 23. Nov 2016 opt
6 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 23. Nov 2016 mnt
7 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 23. Nov 2016 media
8 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 23. Nov 2016 home
9 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 12. Sep 2017 dev
10 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 12. Sep 2017 proc
11 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 12. Sep 2017 run
12 drwxr-xr-x. 2 root root 4.0K 12. Sep 2017 sys
13 lrwxrwxrwx. 1 root root 7 12. Sep 2017 bin -> usr/bin
14 lrwxrwxrwx. 1 root root 8 12. Sep 2017/sbin -> usr/sbin
15 lrwxrwxrwx. 1 root root 9 12. Sep 2017 lib64 -> usr/lib64
16 lrwxrwxrwx. 1 root root 7 12. Sep 2017 lib -> usr/lib
17 drwxr-xr-x. 13 root root 4.0K 12. Sep 2017 usr
18 drwxr-xr-x. 19 root root 4.0K 12. Sep 2017 var
19 dr-xr-xr-x. 17 root root 4.0K 12. Sep 2017 .
20 drwxr-xr-x. 82 root root 4.0K 12. Sep 2017 etc
21 dr-xr-xr-x. 3 root root 4.0K 12. Sep 2017 boot
22 drwxrwxrwt. 7 root root 4.0K 12. Sep 2017 tmp
23 dr-xr-x---. 2 root root 4.0K 12. Sep 2017 root
24 drwxr-xr-x. 5 camrein camrein 20K 15. Mai 17:39 ..
25 [root@wifibridge mnt]#
```

Die SD Karte kann nun mit den RPI's verwendet werden. Diese starten jeweils mit dem Hostnamen centos.

<sup>8</sup><http://mirror.centos.org/altarch/7.4.1708/isos/aarch64/CentOS-7-aarch64-rootfs-7.4.1708.tar.xz>

## B.2 RPI für den Netzwerkboot vorbereiten

Für das Vorbereiten der Clients für den Netzwerkboot wurde der Guide NETWORK BOOT YOUR RASPBERRY PI von raspberrypi.org<sup>9</sup> verwendet. Die RPI's werden wie folgt vorbereitet:

1. Die config.txt Datei im /boot Verzeichnis benötigt einen OTP Eintrag, dieser sagt aus, dass das RPI ohne SD Karte nach einem Betriebssystem anfragen soll.

```
1 echo program_usb_boot_mode=1 | sudo tee -a /boot/config.txt
```

2. RPI neustarten
3. Prüfen ob die Änderung aktiv ist

```
1 vcgencmd otp_dump | grep 17:
```

Erwartetes Ergebnis:

```
1 17:3020000a
```

4. Den Eintrag in der /boot/config.txt wieder entfernen

### MAC-Adressen auslesen

Um Zeit zu sparen können alle MAC-Adressen der RPI's während der Vorbereitung der Clients auf den Netzwerkboot ausgelesen werden.

5. nmap Scan auf die IP Range 192.168.1.0-255 von einem Linux Client aus durchführen.

```
1 nmap -sP 192.168.1.0/24
```

Erwartetes Ergebnis für ein RPI:

```
1 Nmap scan report for centos.home (192.168.1.11)
2 Host is up (0.00055s latency).
3 MAC Address: B8:27:EB:32:39:A7 (Raspberry Pi Foundation)
```

Die Vorbereitung der RPI(Computenodes) ist somit abgeschlossen und es kann mit der Installation des Managementnode fortgefahren werden.

## B.3 Hostname und IP der MAC Adresse zuweisen

über <http://internetbox/> wird die IP Adresse sowie der Hostname der MAC Adresse der RPI's zugewiesen. Alle jemals angeschlossenen Geräte werden unter der Geräteliste aufgelistet. Dort können ebenfalls die Hostnamen den Geräten zugewiesen werden.

---

<sup>9</sup>[https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bootmodes/net\\_tutorial.md](https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bootmodes/net_tutorial.md)

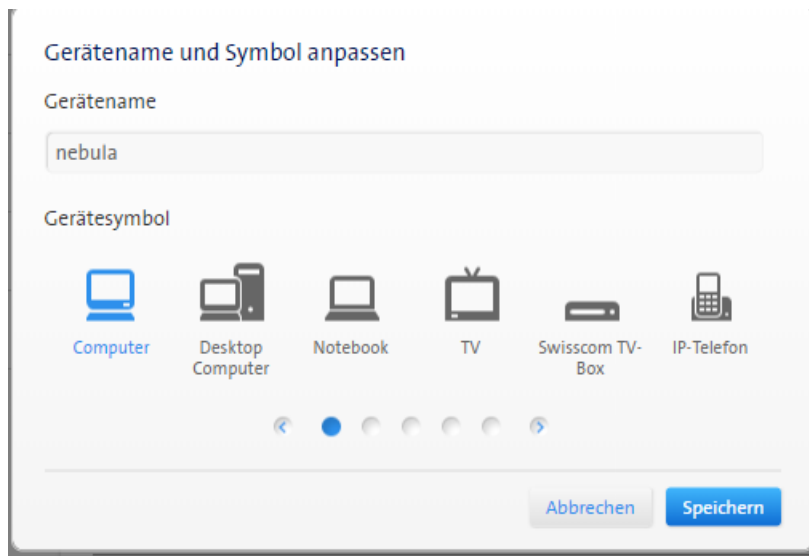


Abbildung 8: Hostnamen editieren



Abbildung 9: Übersicht der Hostnamen Zuweisung

Die fixe IP Adresse wird unter den Netzwerkeinstellungen des Routers direkt vorgenommen. Hierbei kann den bereits erkannten und definierten RPI's per Hostname eine IP zugewiesen werden.

Statische IP-Adresse automatisch zuweisen ⓘ

Gerätename	Statische IP-Adresse	MAC-Adresse	Aktionen
nebula	192.168.1.10	B8:27:EB:32:A9:1C	
↔  c1	192.168.1.11	B8:27:EB:32:39:A7	
↔  c2	192.168.1.12	B8:27:EB:2E:A3:D1	

Abbildung 10: Statische IP vergeben

## C Installation Management Node

Die Serverinstallation des Managementnodes wird nach dem offiziellen OpenHPC Guide mit einigen Abweichungen durchgeführt. Die Installation basiert auf der Anleitung CentOS 7.4 aarch64 Install guide with Warewulf + Slurm <sup>10</sup>. Die Installation wird hauptsächlich mit dem ROOT-Benutzer durchgeführt, falls nichts anderes erwähnt wird.

### C.1 Variablen Definition

Durch die Installation hinweg werden die folgenden Variablen verwendet.

Nr.	Variable	Beschreibung	Werte
1	sms_name	Hostname des Managementhosts	nebula
2	sms_ip	IP Adresse des Managementhosts	192.168.1.10
3	sms_eth_internal	Ethernet Interface	eth0
4	ntp_server[0] ntp_server[1] ntp_server[2] ntp_server[3]	Zeitserver (Array)	server 0.ch.pool.ntp.org server 1.ch.pool.ntp.org server 2.ch.pool.ntp.org server 3.ch.pool.ntp.org
5	num_computes	Anzahl Computenodes	45

---

<sup>10</sup><http://openhpc.community/downloads/>

6	c_ip[0]	IP Adressen der Computenodes (Array)	192.168.1.11
	c_ip[1]		192.168.1.12
	c_ip[2]		192.168.1.13
	c_ip[3]		192.168.1.14
	c_ip[4]		192.168.1.15
	c_ip[5]		192.168.1.16
	c_ip[6]		192.168.1.17
	c_ip[7]		192.168.1.18
	c_ip[8]		192.168.1.19
	c_ip[9]		192.168.1.20
	c_ip[10]		192.168.1.21
	c_ip[11]		192.168.1.22
	c_ip[12]		192.168.1.23
	c_ip[13]		192.168.1.24
	c_ip[14]		192.168.1.25
	c_ip[15]		192.168.1.26
	c_ip[16]		192.168.1.27
	c_ip[17]		192.168.1.28
	c_ip[18]		192.168.1.29
	c_ip[19]		192.168.1.30
	c_ip[20]		192.168.1.31
	c_ip[21]		192.168.1.32
	c_ip[22]		192.168.1.33
	c_ip[23]		192.168.1.34
	c_ip[24]		192.168.1.35
	c_ip[25]		192.168.1.36
	c_ip[26]		192.168.1.37
	c_ip[27]		192.168.1.38
	c_ip[28]		192.168.1.39
	c_ip[29]		192.168.1.40
	c_ip[30]		192.168.1.41
	c_ip[31]		192.168.1.42
	c_ip[32]		192.168.1.43
	c_ip[33]		192.168.1.44
	c_ip[34]		192.168.1.45
	c_ip[35]		192.168.1.46
	c_ip[36]		192.168.1.47
	c_ip[37]		192.168.1.48
	c_ip[38]		192.168.1.49
	c_ip[39]		192.168.1.50

Nr.	Variable	Beschreibung	Werte
6	c_ip[40] c_ip[41] c_ip[42] c_ip[43] c_ip[44]	IP Adressen der Computenodes (Array)	192.168.1.51 192.168.1.52 192.168.1.53 192.168.1.54 192.168.1.55
7	c_name[0] c_name[1] c_name[2] c_name[3] c_name[4] c_name[5] c_name[6] c_name[7] c_name[8] c_name[9] c_name[10] c_name[11] c_name[12] c_name[13] c_name[14] c_name[15] c_name[16] c_name[17] c_name[18] c_name[19] c_name[20] c_name[21] c_name[22] c_name[23] c_name[24] c_name[25] c_name[26] c_name[27] c_name[28] c_name[29] c_name[30] c_name[31] c_name[32] c_name[33]	Hostnamen der Computenodes (Array)	c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7 c8 c9 c10 c11 c12 c13 c14 c15 c16 c17 c18 c19 c20 c21 c22 c23 c24 c25 c26 c27 c28 c29 c30 c31 c32 c33 c34

Nr.	Variable	Beschreibung	Werte
7	c_name[34] c_name[35] c_name[36] c_name[37] c_name[38] c_name[39] c_name[40] c_name[41] c_name[42] c_name[43] c_name[44]	Hostnamen der Computenodes (Array)	c35 c36 c37 c38 c39 c40 c41 c42 c43 c44 c45
8	c_mac[0] c_mac[1] c_mac[2] c_mac[3] c_mac[4] c_mac[5] c_mac[6] c_mac[7]	MAC Adressen der Computenodes (Array)	B8:27:EB:32:39:A7 B8:27:EB:2E:A3:D1 B8:27:EB:50:45:3F B8:27:EB:0D:E6:25 B8:27:EB:3E:96:B5 B8:27:EB:EE:77:DA B8:27:EB:21:63:E6 B8:27:EB:2E:2E:CC
Nr.	Variable	Beschreibung	Werte



8	c_mac[8] c_mac[9] c_mac[10] c_mac[11] c_mac[12] c_mac[13] c_mac[14] c_mac[15] c_mac[16] c_mac[17] c_mac[18] c_mac[19] c_mac[20] c_mac[21] c_mac[22] c_mac[23] c_mac[24] c_mac[25] c_mac[26] c_mac[27] c_mac[28] c_mac[29] c_mac[30] c_mac[31] c_mac[32] c_mac[33] c_mac[34] c_mac[35] c_mac[36] c_mac[37] c_mac[38] c_mac[39] c_mac[40] c_mac[41] c_mac[42] c_mac[43] c_mac[44]	MAC Adressen der Computenodes (Array)	B8:27:EB:17:32:96 B8:27:EB:B2:1C:A9 B8:27:EB:AF:63:1F B8:27:EB:43:00:2C B8:27:EB:13:7B:18 B8:27:EB:43:CD:29 B8:27:EB:FF:C7:56 B8:27:EB:CE:98:66 B8:27:EB:5D:63:34 B8:27:EB:91:3E:0F B8:27:EB:F4:65:EC B8:27:EB:3E:AB:DC B8:27:EB:66:60:F6 B8:27:EB:37:3F:74 B8:27:EB:18:5E:F0 B8:27:EB:B0:23:B8 B8:27:EB:BE:C4:94 B8:27:EB:FB:FF:57 B8:27:EB:4E:EC:CE B8:27:EB:43:1C:35 B8:27:EB:DC:74:5F B8:27:EB:D1:DE:2F B8:27:EB:5E:90:34 B8:27:EB:DE:80:24 B8:27:EB:A4:79:6F B8:27:EB:0A:4D:C7 B8:27:EB:5C:53:5F B8:27:EB:F7:AF:C2 B8:27:EB:CE:BA:ED B8:27:EB:59:38:3C B8:27:EB:99:BB:8E B8:27:EB:8F:7A:0D B8:27:EB:DE:C9:69 B8:27:EB:7E:6F:48 B8:27:EB:5D:DD:FE B8:27:EB:A6:6D:4D B8:27:EB:0C:63:10
---	---	---------------------------------------	---

Tabelle 48: Variablen Definition

## C.2 Basiskonfiguration

Dem Managementnode muss ein eindeutiger Hostname zugewiesen werden. Hierbei werden die untenstehenden Kommandos abgesetzt.

```
1 echo ${sms_ip} ${sms_name} >> /etc/hosts
2 hostnamectl set-hostname ${sms_name}
```

Für die folgenden Arbeiten müssen die Firewall und SELinux deaktiviert werden. DHCP wird aufgrund der Verwendung von dnsmasq deaktiviert.

```
1 systemctl disable firewalld
2 systemctl stop firewalld
3 systemctl disable dhcpd
4 systemctl stop dhcpd
5 echo 0 > /selinux/enforce
```

## C.3 OpenHPC Komponenten installieren

Es wird das OpenHPC Repository für die Installation der OpenHPC Komponenten benötigt. Dieses muss installiert werden.

```
1 yum install http://build.openhpc.community/OpenHPC:/1.3/CentOS_7/aarch64/ohpc-release-1.3-1.el7.aarch64.rpm
```

Von nun an können die benötigten Pakete über den RPM-Paketmanager installiert werden.

Durch das neu angehängte Repository können nun die folgenden Pakete installiert werden.

```
1 yum -y install ohpc-base
2 yum -y install ohpc-warewulf
```

Weiterhin spielt die Zeit eine wichtige Rolle zwischen der Kommunikation des Managementhosts und der Computenodes. Dazu müssen die bereits vorhandenen Einträge der Zeitserver in der ntp.conf entfernt werden.

```
1 systemctl disable chronyd.service
2 systemctl stop chronyd.service
3 systemctl enable ntpd.service
4 sed -i '/^server/ d' /etc/ntp.conf
5 echo "server ${ntp_server[0]}" >> /etc/ntp.conf
6 echo "server ${ntp_server[1]}" >> /etc/ntp.conf
7 echo "server ${ntp_server[2]}" >> /etc/ntp.conf
8 echo "server ${ntp_server[3]}" >> /etc/ntp.conf
9 systemctl restart ntpd
```

### C Installation Management Node

Nun wird der Slurmcontroller installiert. Dieser dient dazu die Jobs auf die Computenodes zu verteilen. Dieser steuert die Jobverwaltung und muss installiert und eingerichtet werden. Hierbei wird die Konfiguration für 45 Computenodes vorgenommen.

```
1 yum -y install ohpc-slurm-server
2 perl -pi -e "s/ControlMachine=\S+/ControlMachine=${sms_name}/" /etc/slurm/slurm.conf
3 sed -i '/^NodeName/ d' /etc/slurm/slurm.conf
4 sed -i '/^Partition/ d' /etc/slurm/slurm.conf
5 echo "NodeName=c[1-45] CoresPerSocket=1 ThreadsPerCore=1 SocketsPerBoard=4 State=UNKNOWN" >> /etc/
  slurm/slurm.conf
6 echo "PartitionName=normal Nodes=c[1-45] Default=YES MaxTime=INFINITE State=UP" >> /etc/slurm/slurm.
  conf
```

## C.4 Netzwerkboot einrichten

Das Dateisystem und die Boot Partition werden in zwei verschiedenen Verzeichnissen erstellt und abgelegt.

Definieren des Dateisystem Verzeichnisses und das Centos7.4 Basis Dateisystem erstellen.

```
1 export CHROOT=/opt/ohpc/admin/images/centos7.4
2 wwmkchroot centos-7 $CHROOT
```

Anstelle von DHCPD muss der networking Service verwendet werden. Deshalb wird dieser aktiviert und gestartet.

```
1 systemctl enable networking
2 systemctl start networking
```

Nun wird das Paket dnsmasq installiert. Dadurch wird zur Absicherung die Verteilung des Betriebssystems an eine gewisse IP Range und an ein Subnetz gewährleistet. Geräte ausserhalb der Range und des Subnetzes sollen das Betriebssystem nicht erhalten dürfen.

```
1 yum -y install dnsmasq
```

Nach der Installation kann die Konfiguration von dnsmasq vorgenommen werden. Dazu werden die Datei /etc/dnsmasq.conf angepasst und die Datei /etc/dnsmasq.d/host.allow erstellt.

In der dnsmasq.conf Datei wird das Konfigurationsverzeichnis für die erlaubten Hosts erstellt, zudem wird eine IP Range angegeben, alle Geräte innerhalb dieser Range dürfen den Kernel des Betriebssystems aus dem Verzeichnis /tftboot erhalten.

```
1 [root@nebula etc]# cat /etc/dnsmasq.conf
2 conf-dir=/etc/dnsmasq.d
3 port=0
4 dhcp-range=192.168.1.10,192.168.1.50,12h
5 log-dhcp
```

### C Installation Management Node

```
6 enable-tftp
7 tftp-root=/tftpboot
8 pxe-service=0,"Raspberry Pi Boot"
```

Falls sich andere Geräte in dieser IP Range befinden wird dies durch die `/etc/dnsmasq.d/host.allow` Datei abgefangen, dort sind alle Computenodes mit MAC Adresse, Hostnamen und IP Adresse hinterlegt.

Dies kann in einer for Schleife und den definierten Variablen einfach abgefüllt werden.

```
1 for ((i=0; i<45; i++)); do echo "dhcp-host=${c_mac[$i]};${c_name[$i]};${c_ip[$i]}" >> /etc/dnsmasq.d/host.
    allow; done
```

Das Ergebnis muss wiefolgt aussehen.

```
1 [root@nebula etc]# cat /etc/dnsmasq.d/host.allow
2 dhcp-host=B8:27:EB:32:39:A7,c1,192.168.1.11
3 dhcp-host=B8:27:EB:2E:A3:D1,c2,192.168.1.12
4 dhcp-host=B8:27:EB:50:45:3F,c3,192.168.1.13
5 dhcp-host=B8:27:EB:0D:E6:25,c4,192.168.1.14
6 dhcp-host=B8:27:EB:3E:96:B5,c5,192.168.1.15
7 dhcp-host=B8:27:EB:EE:77:DA,c6,192.168.1.16
8 dhcp-host=B8:27:EB:21:63:E6,c7,192.168.1.17
9 dhcp-host=B8:27:EB:2E:2E:CC,c8,192.168.1.18
10 dhcp-host=B8:27:EB:17:32:96,c9,192.168.1.19
11 dhcp-host=B8:27:EB:B2:1C:A9,c10,192.168.1.20
12 dhcp-host=B8:27:EB:AF:63:1F,c11,192.168.1.21
13 dhcp-host=B8:27:EB:43:00:2C,c12,192.168.1.22
14 dhcp-host=B8:27:EB:13:7B:18,c13,192.168.1.23
15 dhcp-host=B8:27:EB:43:CD:29,c14,192.168.1.24
16 dhcp-host=B8:27:EB:FF:C7:56,c15,192.168.1.25
17 dhcp-host=B8:27:EB:CE:98:66,c16,192.168.1.26
18 dhcp-host=B8:27:EB:5D:63:34,c17,192.168.1.27
19 dhcp-host=B8:27:EB:91:3E:0F,c18,192.168.1.28
20 dhcp-host=B8:27:EB:F4:65:EC,c19,192.168.1.29
21 dhcp-host=B8:27:EB:3E:AB:DC,c20,192.168.1.30
22 dhcp-host=B8:27:EB:66:60:F6,c21,192.168.1.31
23 dhcp-host=B8:27:EB:37:3F:74,c22,192.168.1.32
24 dhcp-host=B8:27:EB:18:5E:F0,c23,192.168.1.33
25 dhcp-host=B8:27:EB:B0:23:B8,c24,192.168.1.34
26 dhcp-host=B8:27:EB:BE:C4:94,c25,192.168.1.35
27 dhcp-host=B8:27:EB:FB:FF:57,c26,192.168.1.36
28 dhcp-host=B8:27:EB:4E:EC:CE,c27,192.168.1.37
29 dhcp-host=B8:27:EB:43:1C:35,c28,192.168.1.38
30 dhcp-host=B8:27:EB:DC:74:5F,c29,192.168.1.39
31 dhcp-host=B8:27:EB:D1:DE:2F,c30,192.168.1.40
32 dhcp-host=B8:27:EB:5E:90:34,c31,192.168.1.41
33 dhcp-host=B8:27:EB:DE:80:24,c32,192.168.1.42
34 dhcp-host=B8:27:EB:A4:79:6F,c33,192.168.1.43
35 dhcp-host=B8:27:EB:0A:4D:C7,c34,192.168.1.44
```

### C Installation Management Node

```
36 dhcp-host=B8:27:EB:5C:53:5F,c35,192.168.1.45
37 dhcp-host=B8:27:EB:F7:AF:C2,c36,192.168.1.46
38 dhcp-host=B8:27:EB:CE:BA:ED,c37,192.168.1.47
39 dhcp-host=B8:27:EB:59:38:3C,c38,192.168.1.48
40 dhcp-host=B8:27:EB:99:BB:8E,c39,192.168.1.49
41 dhcp-host=B8:27:EB:8F:7A:0D,c40,192.168.1.50
42 dhcp-host=B8:27:EB:DE:C9:69,c41,192.168.1.51
43 dhcp-host=B8:27:EB:7E:6F:48,c42,192.168.1.52
44 dhcp-host=B8:27:EB:5D:DD:FE,c43,192.168.1.53
45 dhcp-host=B8:27:EB:A6:6D:4D,c44,192.168.1.54
46 dhcp-host=B8:27:EB:0C:63:10,c45,192.168.1.55
```

Boot Verzeichnis erstellen, aus diesem Verzeichnis wird der Kernel an die Computenodes angeboten und übermittelt. Dabei wird das /boot Verzeichnis des Managementnodes in dieses Verzeichnis kopiert, da es sich um das selbe Betriebssystem handelt.

```
1 [root@nebula /]# mkdir /tftpboot
2 [root@nebula /]# chmod 777 /tftpboot
3 [root@nebula /]# cp -r /boot /tftpboot
```

Dabei muss darauf geachtet werden, dass die cmdline.txt Datei im /tftpboot Verzeichnis folgenden Eintrag erhält. Dieser sagt aus, dass der Computenode sein /root Verzeichnis vom Managementnode unter dem Pfad /opt/ohpc/admin/images/centos7.4 beziehen soll.

```
1 [root@nebula etc]# cat /tftpboot/cmdline.txt
2 dwc_otg.lpm_enable=0 root=/dev/nfs nfsroot=192.168.1.10:/opt/ohpc/admin/images/centos7.4,vers=3 rw ip=dhcp
  rootwait elevator=deadline
```

Zudem wird die config.txt angepasst. Hierbei wird die CPU der RRPT's auf 1400 MHz hochgetaktet. Dadurch steigt die Mining Performance von einer Hashrate 1.6 H/s auf 1.9 H/s

```
1 [root@nebula /]# echo "arm_freq=1400" > /tftpboot/config.txt
```

Den dnsmasq Service aktivieren und starten

```
1 [root@nebula /]# systemctl enable dnsmasq.service
2 [root@nebula /]# systemctl restart dnsmasq.service
```

OpenHPC Pakete für die Computenodes installieren.

```
1 [root@nebula /]# yum -y --installroot=$CHROOT install ohpc-base-compute
```

Damit die Computenodes über den Hostnamen angesprochen werden können, wird eine DNS Konfiguration benötigt. Die Auflösung findet über folgende Einstellung statt. Dabei wird vom Managementnode die resolv.conf Datei übernommen und auf das Dateisystem der Computenodes kopiert.

```
1 [root@nebula /]# cp -p /etc/resolv.conf $CHROOT/etc/resolv.conf
```

Beim Booten der Computenodes muss das Dateisystem gemountet werden. Dafür werden fstab Einträge erstellt.

Zudem müssen gewisse Verzeichnisse vom Managementnode aus exportiert werden.

Damit die Zeitsynchronisierung über den Managementnode läuft wird folgendes umgesetzt.

Die Computenodes können nun mit Strom versorgt werden, dabei wird auf dem Managementnode auf die `/var/log/messages` Logdatei geachtet, dort sind alle Einträge des Netzwerkboots zusammengeschlossen. Dabei müssen folgende Einträge erscheinen.

Christoph Amrein

```
16 ..
17 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: sent /tftpboot/bootcode.bin to 192.168.1.46
18 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/autoboot.txt not found
19 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: sent /tftpboot/config.txt to 192.168.1.38
20 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/recovery.elf not found
21 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/beb21ca9/start.elf not found
22 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/75a66d4d/start.elf not found
23 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/d0185ef0/start.elf not found
24 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/10dec969/start.elf not found
25 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/d4373f74/start.elf not found
26 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/0643cd29/start.elf not found
27 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/bootsig.bin not found
28 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: sent /tftpboot/bootcode.bin to 192.168.1.40
29 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/bootsig.bin not found
30 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: sent /tftpboot/bootcode.bin to 192.168.1.16
31 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: file /tftpboot/bootsig.bin not found
32 May 17 20:31:35 nebula dnsmasq-tftp[382]: sent /tftpboot/bootcode.bin to 192.168.1.27
33 ..
34 ..
35 ..
36 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 next server: 192.168.1.10
37 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 1 option: 53 message-type 2
38 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 4 option: 54 server-identifier 192.168.1.10
39 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 4 option: 51 lease-time 12h
40 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 4 option: 58 T1 6h
41 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 4 option: 59 T2 10h30m
42 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 4 option: 1 netmask 255.255.255.0
43 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 4 option: 28 broadcast 192.168.1.255
44 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 4 option: 3 router 192.168.1.10
45 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 sent size: 3 option: 12 hostname c12
46 May 17 20:32:56 nebula dnsmasq-dhcp[382]: 925035958 available DHCP range: 192.168.1.10 -- 192.168.1.50
47 May 17 20:32:56 nebula rpc.mountd[495]: authenticated mount request from 192.168.1.22:999 for /opt/ohpc/admin/
    images/centos7.4 (/opt/ohpc/admin/images/centos7.4)
```

Durch die letzte Zeile (authenticated mount request from 192.168.1.22) ist ersichtlich, dass der Computenode c12 gestartet wurde und nach dem Betriebssystem anfragt und dieses mounten will.

## C.5 Registration Compute Nodes

Die Installation ist soweit abgeschlossen, die optionalen Pakete werden später installiert und beschrieben. Nun werden die Computenodes registriert, ab diesem Zeitpunkt kennt der Managementnode jeden Computenode. Die Computenodes werden wie folgt in den Datastore aufgenommen.

```
1 [root@nebula /]# echo "GATEWAYDEV=${eth_internal}" > /tmp/network.$$
2 [root@nebula /]# wwsh -y file import /tmp/network.$$ --name network
3 [root@nebula /]# wwsh -y file set network --path /etc/sysconfig/network --mode=0644 --uid=0
4 [root@nebula /]# for ((i=0; i<$num_computes; i++)) ; do
```

---

*C Installation Management Node*

```
5 [root@nebula /]# wwsh -y node new ${c_name[i]} --ipaddr=${c_ip[i]} --hwaddr=${c_mac[i]} -D ${  
    eth_internal}  
6 done
```



## C.6 Monitoring installieren

Das Nagios Monitoring wird wie folgt installiert. Dabei werden alle Grundüberwachungen installiert und können Out of the Box verwendet werden.

```
1 [root@nebula /]# yum -y install ohpc-nagios
2 [root@nebula /]# yum -y --installroot=$CHROOT install nagios-plugins-all-ohpc nrpe-ohpc
3 [root@nebula /]# chroot $CHROOT systemctl enable nrpe
4 [root@nebula /]# perl -pi -e "s/^allowed_hosts=/# allowed_hosts=/" $CHROOT/etc/nagios/nrpe.cfg
5 [root@nebula /]# echo "nrpe 5666/tcp # NRPE" >> $CHROOT/etc/services
6 [root@nebula /]# echo "nrpe : ${sms_ip} : ALLOW" >> $CHROOT/etc/hosts.allow
7 [root@nebula /]# echo "nrpe : ALL : DENY" >> $CHROOT/etc/hosts.allow
8 [root@nebula /]# chroot $CHROOT /usr/sbin/useradd -c "NRPE user for the NRPE service" -d /var/run/nrpe -r
   -g nrpe -s /sbin/nologin nrpe
9 [root@nebula /]# chroot $CHROOT /usr/sbin/groupadd -r nrpe
10 [root@nebula /]# mv /etc/nagios/conf.d/services.cfg.example /etc/nagios/conf.d/services.cfg
11 [root@nebula /]# mv /etc/nagios/conf.d/hosts.cfg.example /etc/nagios/conf.d/hosts.cfg
12 [root@nebula /]# for ((i=0; i<$num_computes; i++)) ; do
13 perl -pi -e "s/HOSTNAME$((i+1))/${c_name[i]}/ || s/HOST$((i+1))_IP/${c_ip[i]}/" \
14 [root@nebula /]# /etc/nagios/conf.d/hosts.cfg
15 done
16 [root@nebula /]# perl -pi -e "s/ \/\bin\/mail/ \/\usr\/bin\/mailx/g" /etc/nagios/objects/commands.cfg
17 [root@nebula /]# perl -pi -e "s/nagios\@localhost/root\@${sms_name}/" /etc/nagios/objects/contacts.cfg
18 [root@nebula /]# echo command[check_ssh]=/usr/lib64/nagios/plugins/check_ssh localhost >> $CHROOT/etc/
   nagios/nrpe.cfg
19 [root@nebula /]# htpasswd -bc /etc/nagios/passwd nagiosadmin ${Eigenes_Passwort}
20 [root@nebula /]# chkconfig nagios on
21 [root@nebula /]# systemctl start nagios
22 [root@nebula /]# chmod u+s 'which ping'
```

Nagios kann nun eingesetzt werden und ist über <http://nebula/nagios> erreichbar.

Das Performance Monitoring wird mit Ganglia realisiert welches sich wie folgt installieren lässt.

```
1 [root@nebula /]# yum -y install ohpc-ganglia
2 [root@nebula /]# yum -y --installroot=$CHROOT install ganglia-gmond-ohpc
3 [root@nebula /]# cp /opt/ohpc/pub/examples/ganglia/gmond.conf /etc/ganglia/gmond.conf
4 [root@nebula /]# perl -pi -e "s/<sms>/${sms_name}/" /etc/ganglia/gmond.conf
5 [root@nebula /]# cp /etc/ganglia/gmond.conf $CHROOT/etc/ganglia/gmond.conf
6 echo "gridname MySite" >> /etc/ganglia/gmetad.conf
7 [root@nebula /]# systemctl enable gmond
8 [root@nebula /]# systemctl enable gmetad
9 [root@nebula /]# systemctl start gmond
10 [root@nebula /]# systemctl start gmetad
11 [root@nebula /]# chroot $CHROOT systemctl enable gmond
12 [root@nebula /]# systemctl try-restart httpd
```

Ganglia kann nun eingesetzt werden und ist über <http://nebula/ganglia> erreichbar.

## C.7 Miner installieren

Es wird die cpuminer-multi Version von tkinjo verwendet. Diese ist mit dem ARMv8 Prozessor kompatibel und der Miner kann kompiliert werden.

Die folgenden Schritte sind für die Installation notwendig.

Verzeichnis erstellen in dem der Miner installiert werden soll.

```
1 [root@nebula /]# mkdir -p /opt/miners
```

Das tkinjo cpuminer-multi Repository klonen. Dabei wird das /opt/miners/tkinjo Verzeichnis erstellt.

```
1 [root@nebula /]# cd /opt/miners
2 [root@nebula miners]# git clone https://github.com/tkinjo1985/cpuminer-multi.git tkinjo
3 Klonen nach 'tkinjo '...
4 remote: Counting objects: 3805, done.
5 remote: Total 3805 (delta 0), reused 0 (delta 0), pack-reused 3805
6 Empfangte Objekte: 100% (3805/3805), 18.98 MiB | 3.77 MiB/s, done.
7 Loese Unterschiede auf: 100% (2589/2589), done.
```

Die geklonte Version wurde noch modifiziert, so dass die jeweiligen Hostnamen beim Schürfen angegeben werden. Dazu wird die /opt/miners/tkinjo/cpu-miner.c wie folgt angepasst. Dies kann mit git apply cpu-miner.c.diff installiert werden.

```
1 cat /opt/miners/tkinjo/cpu-miner.c.diff
2 diff --git a/cpu-miner.c b/cpu-miner.c
3 index 0620d15..0d8c5e2 100644
4 --- a/cpu-miner.c
5 +++ b/cpu-miner.c
6 @@ -281,6 +281,11 @@ char *opt_api_allow = NULL;
7  int opt_api_remote = 0;
8  int opt_api_listen = 4048; /* 0 to disable */
9
10 + #ifndef MAX_HOST_LEN
11 + #define MAX_HOST_LEN 0xff
12 + char local_hostname[MAX_HOST_LEN];
13 + #endif
14 +
15 + #ifdef HAVE_GETOPT_LONG
16 + #include <getopt.h>
17 + #else
18 @@ -1011,6 +1016,7 @@ out:
19  #define YAY "yay!!!"
20  #define BOO "booooo"
21
22 +
23  static int share_result(int result, struct work *work, const char *reason)
24  {
```

```
25     const char *flag;
26 @@ -1052,14 +1058,14 @@ static int share_result(int result, struct work *work, const char *reason)
27     case ALGO_PLUCK:
28     case ALGO_SCRIPTJANE:
29         sprintf(s, hashrate >= 1e6 ? "%.0f" : "%.2f", hashrate);
30 -         applog(LOG_NOTICE, "accepted: %lu/%lu (%s), %s H/s %s",
31 -             accepted_count, accepted_count + rejected_count,
32 +         applog(LOG_NOTICE, "[" CL_LBL "%s" CL_N "] accepted: %lu/%lu (%s), %s H/s %s",
33 +             local_hostname, accepted_count, accepted_count + rejected_count,
34             suppl, s, flag);
35         break;
36     default:
37         sprintf(s, hashrate >= 1e6 ? "%.0f" : "%.2f", hashrate / 1000.0);
38 -         applog(LOG_NOTICE, "accepted: %lu/%lu (%s), %s kH/s %s",
39 -             accepted_count, accepted_count + rejected_count,
40 +         applog(LOG_NOTICE, "[" CL_LBL "%s" CL_N "] accepted: %lu/%lu (%s), %s kH/s %s",
41 +             local_hostname, accepted_count, accepted_count + rejected_count,
42             suppl, s, flag);
43         break;
44     }
45 @@ -2388,12 +2394,12 @@ static void *miner_thread(void *userdata)
46         case ALGO_CRYPTONIGHT:
47         case ALGO_PLUCK:
48         case ALGO_SCRIPTJANE:
49 -             applog(LOG_INFO, "CPU #%%d: %.2f H/s", thr_id, thr_hashrates[thr_id]);
50 +             applog(LOG_INFO, "[" CL_LBL "%s" CL_N "] CPU #%%d: %.2f H/s",
51                 local_hostname, thr_id, thr_hashrates[thr_id]);
52             break;
53         default:
54             sprintf(s, thr_hashrates[thr_id] >= 1e6 ? "%.0f" : "%.2f",
55                 thr_hashrates[thr_id] / 1e3);
56 -             applog(LOG_INFO, "CPU #%%d: %s kH/s", thr_id, s);
57 +             applog(LOG_INFO, "[" CL_LBL "%s" CL_N "] CPU #%%d: %s kH/s",
58                 local_hostname, thr_id, s);
59             break;
60     }
61     tm_rate_log = time(NULL);
62 @@ -2409,11 +2415,11 @@ static void *miner_thread(void *userdata)
63         case ALGO_AXIOM:
64         case ALGO_SCRIPTJANE:
65             sprintf(s, "%.3f", hashrate);
66 -             applog(LOG_NOTICE, "Total: %s H/s", s);
67 +             applog(LOG_NOTICE, "[" CL_LBL "%s" CL_N "] Total: %s H/s",
68                 local_hostname, s);
69             break;
70         default:
71             sprintf(s, hashrate >= 1e6 ? "%.0f" : "%.2f", hashrate / 1000);
72 -             applog(LOG_NOTICE, "Total: %s kH/s", s);
73 +             applog(LOG_NOTICE, "[" CL_LBL "%s" CL_N "] Total: %s kH/s",
74                 local_hostname, s);
```

### *C Installation Management Node*

```
71         break;
72     }
73     global_hashrate = (uint64_t) hashrate;
74 @@ -3338,6 +3344,8 @@ int main(int argc, char *argv[]) {
75     long flags;
76     int i, err;
77
78 + gethostname(local_hostname, MAX_HOST_LEN*sizeof(char));
79 +
80     pthread_mutex_init(&applog_lock, NULL);
81
82     show_credits();
```

Ohne Anpassung sieht die Ausgabe wie folgt aus:

```
1 [2018-05-19 14:09:03] CPU #3: 1.86 H/s
2 [2018-05-19 14:09:03] CPU #2: 1.86 H/s
3 [2018-05-19 14:09:03] CPU #3: 1.86 H/s
4 [2018-05-19 14:09:03] CPU #1: 1.86 H/s
5 [2018-05-19 14:09:03] CPU #3: 1.86 H/s
6 [2018-05-19 14:09:03] CPU #0: 1.86 H/s
7 [2018-05-19 14:09:03] CPU #2: 1.86 H/s
8 [2018-05-19 14:09:03] CPU #2: 1.85 H/s
9 [2018-05-19 14:09:03] CPU #2: 1.86 H/s
10 [2018-05-19 14:09:03] CPU #3: 1.85 H/s
11 [2018-05-19 14:09:03] CPU #3: 1.86 H/s
12 [2018-05-19 14:09:03] CPU #0: 1.85 H/s
13 [2018-05-19 14:09:03] CPU #0: 1.85 H/s
14 [2018-05-19 14:09:03] CPU #0: 1.85 H/s
15 [2018-05-19 14:09:03] CPU #2: 1.85 H/s
16 [2018-05-19 14:09:03] CPU #1: 1.85 H/s
17 [2018-05-19 14:09:03] CPU #2: 1.85 H/s
```

Durch die Modifikation werden die Computernamen ausgegeben:

```
1 [2018-05-19 14:06:33] [c26] CPU #2: 1.86 H/s
2 [2018-05-19 14:06:33] [c14] CPU #1: 1.86 H/s
3 [2018-05-19 14:06:33] [c1] CPU #1: 1.86 H/s
4 [2018-05-19 14:06:33] [c30] CPU #1: 1.85 H/s
5 [2018-05-19 14:06:33] [c9] CPU #3: 1.86 H/s
6 [2018-05-19 14:06:33] [c21] CPU #1: 1.86 H/s
7 [2018-05-19 14:06:33] [c9] CPU #2: 1.85 H/s
8 [2018-05-19 14:06:33] [c21] CPU #2: 1.86 H/s
9 [2018-05-19 14:06:33] [c14] CPU #3: 1.85 H/s
10 [2018-05-19 14:06:33] [c1] CPU #2: 1.85 H/s
11 [2018-05-19 14:06:33] [c39] CPU #2: 1.85 H/s
12 [2018-05-19 14:06:33] [c39] CPU #0: 1.85 H/s
13 [2018-05-19 14:06:33] [c13] CPU #2: 1.84 H/s
14 [2018-05-19 14:06:33] [c13] CPU #0: 1.84 H/s
15 [2018-05-19 14:06:33] [c4] CPU #3: 1.85 H/s
```

### *C Installation Management Node*

Die geklonte Version kann nun kompiliert werden. Dabei kann die Warnung: Implizite Deklaration der Funktion, ignoriert werden. Zur Übersicht wurde die Ausgabe unten gekürzt.

```
1 [root@nebula miners]# cd tkinjo/
2 [root@nebula tkinjo]# ./build.sh
3 make: *** Keine Regel, um >>clean<< zu erstellen. Schluss.
4 clean
5 configure.ac:15: installing './compile'
6 configure.ac:4: installing './config.guess'
7 configure.ac:4: installing './config.sub'
8 configure.ac:9: installing './install-sh'
9 configure.ac:9: installing './missing'
10 Makefile.am: installing './depcomp'
11 checking build system type... aarch64-unknown-linux-gnu
12 checking host system type... aarch64-unknown-linux-gnu
13 checking target system type... aarch64-unknown-linux-gnu
14 checking for a BSD-compatible install... /usr/bin/install -c
15 checking whether build environment is sane ... yes
16 checking for a thread-safe mkdir -p... /usr/bin/mkdir -p
17 In file included from algo/../../scryptjane/scrypt-jane-romix.h:2:0,
18      from algo/scrypt-jane.c:24:
19 algo/../../scryptjane/scrypt-jane-chacha.h: In Funktion >>scrypt_test_mix<<:
20 algo/../../scryptjane/scrypt-jane-chacha.h:125:20: Warnung: Implizite Deklaration der Funktion >>detect_cpu<< [-
      Wimplicit-function-declaration]
21     size_t cpuflags = detect_cpu();
22                        ~~~~~
23 make[2]: Leaving directory '/opt/miners/tkinjo'
24 make[1]: Leaving directory '/opt/miners/tkinjo'
```

## **C.8 Quellenverzeichnis**

## D Diplomeingabe

### Projekt: Mining Cluster

Christoph Amrein TSBE 16B

Praktische Diplomarbeit 2018

#### Ausgangslage

Gemäss der Webseite [coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com), einer Webseite zur Verfolgung der Kurse von Kryptowährungen, gibt es zurzeit 1349<sup>1</sup> Kryptowährungen und täglich werden es mehr. Aus diesem Grund habe ich anfangs Jahr selbst mit dem Erzeugen von Coins diverser Kryptowährungen begonnen. Jedoch bin ich mit meiner aktuellen Ausrüstung, einem leistungsstarken Computer mit einer guten Grafikkarte, nicht zufrieden. Die Stromkosten sind zu hoch und die Erträge zu gering. Aus diesem Grund will ich ein Projekt durchführen, welches meine Erträge auf ein neues Niveau heben soll. Dazu soll auf einem Cluster, der aus Raspberry PI's besteht, ein Miner<sup>2</sup> installiert werden, welcher alle verfügbaren Ressourcen in diesem Cluster nutzt. Ich habe vor, dieses Projekt im Rahmen meiner Diplomarbeit durchzuführen. Das Projekt soll durch den Handel mit Kryptowährungen finanziert werden.

#### Begründung

Es soll ein skalierbarer Cluster aus ca. 40 Raspberry PI's installiert werden, auf dem eine Mining-Software betrieben wird. Das Einsatzgebiet des Clusters soll jederzeit ohne viel Aufwand angepasst werden können. Nach der Umsetzung sollen durch den Cluster möglichst effizient Coins erzeugt werden. Dabei soll der Ertrag aus den erzeugten Coins den Stromkosten gegenübergestellt werden. Ein weiteres Ziel der Projektarbeit ist es, mit diesen auf den üblichen Handelsplattformen tätig zu sein. Aus Kostengründen habe ich als optionales Ziel vorgesehen, Grafikkarten in den Cluster einzubinden und mit diesen ebenfalls möglichst effizient Coins zu erzeugen. Der Fokus der Arbeit liegt hierbei aber hauptsächlich auf dem Cluster und dessen CPU Nutzung. Die Kosten für das Projekt sollen innerhalb von 2 Jahren amortisiert werden. Danach will ich damit über längere Zeit Geld verdienen.

#### Themenbereiche

Es wird ein fundamentales Wissen in **Elektrotechnik** benötigt, da die Raspberry PI's durch eine gemeinsame Stromquelle versorgt werden sollen. Damit die Kommunikation zwischen Raspberry PI's eingerichtet werden kann, wird Wissen in **Linux** und **Netzwerktechnik** benötigt. Nach der Installation des Clusters sind Kenntnisse in **Entwicklung**, **Programmieren**, **Monitoring** und **Systempflege** von Nöten.

---

<sup>1</sup> Stand 13.12.2017

<sup>2</sup> Software zum Minen der Kryptowährung

## Projektziele

### Operationelles Ziel

Der Cluster soll durchgehend und selbstständig funktionieren. Die Arbeiten auf dem Cluster sollen sich auf das Patching und Updaten des Betriebssystems sowie der Miner- und Cluster-Software beziehen.  
Bei Problemen ausserhalb der oben genannten Aufgaben soll automatisch durch die Systemüberwachung Alarm ausgelöst und eine Nachricht versendet werden.

### Abwicklungsziele

- Zeitplan einhalten
  - o Es sollen keine grossen Abweichungen zum Zeitplan entstehen.
  - o Die Meilensteine müssen eingehalten werden.
- Arbeitsjournal führen
  - o Es wird ein lückenloses und verständliches Arbeitsjournal geführt.
  - o Das Arbeitsjournal soll zeitnahe geschrieben und ergänzt werden.

### Wirkungs- und Nutzenziele

- Es soll das Maximale an Ressourcen aus den Raspberry PI's herausgeholt werden.
- Der Cluster kann schnell für andere Anwendungsgebiete konfiguriert werden.
- Durch die Lösung sollen verschiedene Coins diverser Kryptowährungen erzeugt werden.
- Es soll mit den erzeugten Coins auf Handelsplattformen gehandelt werden.

## Lieferobjekte

### Initialisierung

- Detaillierter Projektplan
- Projektauftrag
- Dokumente zum Kick-Off-Meeting

### Voranalyse

- Diplombericht
- Initiale Voranalyse
- Präsentation

### Konzept

- Hostnamenkonzept der einzelnen Raspberry PI's
- Backupkonzept
- Miningkonzept
- Überwachungskonzept

### Realisierung

- Dokumentation der Arbeit
- Abnahmetests, Testprotokoll
- Cluster aus Raspberry PI's
- Transaktionsauszug der erzeugten Währung (Wallet zu Wallet)

### Projektabschluss

- Management Summary
- Abschlussbericht
- Präsentation der Arbeit
- Arbeitsjournal



## Projektplan

Monat	Januar				Februar				März					April				Mai				Juni				
Kalenderwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Phasen																										
Initialisierung																										
Voranalyse																										
Konzept																										
Realisierung									Ms				Ms						Ms							
Abschluss																										
Meetings			Me									Me												Me		
Dokumentation																										

## Organisation

### Infrastruktur

Das Projekt wird bei mir zu Hause durchgeführt.

### Beteiligte Personen

Funktion	Name
Auftraggeber	Christoph Amrein
Projektleiter	Christoph Amrein
Ausführender	Christoph Amrein
Begleitender Dozent	Andreas Megert, TSBE
Begleitender Experte	Rolf Schmutz, Post CH AG

## **E Testprotokoll**



## E.1 Testobjekte

Nr.	Objekt	Hostname	IP	MAC
1	Managementnode	nebula	192.168.1.11	B8:27:EB:32:39:A7
2	Computenode 1	c1	192.168.1.11	B8:27:EB:32:39:A7
3	Computenode 2	c2	192.168.1.12	B8:27:EB:2E:A3:D1
4	Computenode 3	c3	192.168.1.13	B8:27:EB:50:45:3F
5	Computenode 4	c4	192.168.1.14	B8:27:EB:0D:E6:25
6	Computenode 5	c5	192.168.1.15	B8:27:EB:3E:96:B5
7	Computenode 6	c6	192.168.1.16	B8:27:EB:EE:77:DA
8	Computenode 7	c7	192.168.1.17	B8:27:EB:21:63:E6
9	Computenode 8	c8	192.168.1.18	B8:27:EB:2E:2E:CC
10	Computenode 9	c9	192.168.1.19	B8:27:EB:17:32:96
11	Computenode 10	c10	192.168.1.20	B8:27:EB:B2:1C:A9
12	Computenode 11	c11	192.168.1.21	B8:27:EB:AF:63:1F
13	Computenode 12	c12	192.168.1.22	B8:27:EB:43:00:2C
14	Computenode 13	c13	192.168.1.23	B8:27:EB:13:7B:18
15	Computenode 14	c14	192.168.1.24	B8:27:EB:43:CD:29
16	Computenode 15	c15	192.168.1.25	B8:27:EB:FF:C7:56
17	Computenode 16	c16	192.168.1.26	B8:27:EB:CE:98:66
18	Computenode 17	c17	192.168.1.27	B8:27:EB:5D:63:34
19	Computenode 18	c18	192.168.1.28	B8:27:EB:91:3E:0F
20	Computenode 19	c19	192.168.1.29	B8:27:EB:F4:65:EC
21	Computenode 20	c20	192.168.1.30	B8:27:EB:3E:AB:DC
22	Computenode 21	c21	192.168.1.31	B8:27:EB:66:60:F6
23	Computenode 22	c22	192.168.1.32	B8:27:EB:37:3F:74
24	Computenode 23	c23	192.168.1.33	B8:27:EB:18:5E:F0
25	Computenode 24	c24	192.168.1.34	B8:27:EB:B0:23:B8
26	Computenode 25	c25	192.168.1.35	B8:27:EB:BE:C4:94
27	Computenode 26	c26	192.168.1.36	B8:27:EB:FB:FF:57
28	Computenode 27	c27	192.168.1.37	B8:27:EB:4E:EC:CE
29	Computenode 28	c28	192.168.1.38	B8:27:EB:43:1C:35
30	Computenode 29	c29	192.168.1.39	B8:27:EB:DC:74:5F
31	Computenode 30	c30	192.168.1.40	B8:27:EB:D1:DE:2F
32	Computenode 31	c31	192.168.1.41	B8:27:EB:5E:90:34
33	Computenode 32	c32	192.168.1.42	B8:27:EB:DE:80:24
34	Computenode 33	c33	192.168.1.43	B8:27:EB:A4:79:6F
35	Computenode 34	c34	192.168.1.44	B8:27:EB:0A:4D:C7
36	Computenode 35	c35	192.168.1.45	B8:27:EB:5C:53:5F
37	Computenode 36	c36	192.168.1.46	B8:27:EB:F7:AF:C2
38	Computenode 37	c37	192.168.1.47	B8:27:EB:CE:BA:ED
39	Computenode 38	c38	192.168.1.48	B8:27:EB:59:38:3C
40	Computenode 39	c39	192.168.1.49	B8:27:EB:99:BB:8E
41	Computenode 40	c40	192.168.1.50	B8:27:EB:8F:7A:0D
42	Reservenode 1	c41	192.168.1.51	B8:27:EB:DE:C9:69
43	Reservenode 2	c42	192.168.1.52	B8:27:EB:7E:6F:48
44	Reservenode 3	c43	192.168.1.53	B8:27:EB:5D:DD:FE
45	Reservenode 4	c44	192.168.1.54	B8:27:EB:A6:6D:4D
46	Reservenode 5	c45	192.168.1.55	B8:27:EB:0C:63:10

Tabelle 49: Computenode Namen

## F Protokoll

Diplomarbeit Mining Cluster

Dokumentenart	<b>Sitzungsprotokoll</b>
Titel	<b>Kick-Off Meeting Mining Cluster</b>
Nummer	1
Autor/-in	Christoph Amrein
Kontaktangaben	christoph.amrein86@gmail.com
Ausgabestelle	Christoph Amrein, Privat
Geltungsbereich	Im Rahmen der Diplomarbeit
Klassifizierung	Nicht klassifiziert
Ausgabedatum	5. Februar 2018
Teilnehmer/-innen	Christoph Amrein CA, Andreas Megert, AM, Rolf Schmutz RS
Sachgeschäfte / Referenten	
Verteiler	Christoph Amrein (christoph.amrein86@gmail.com), Andreas Megert (andreas.megert@gibb.ch), Rolf Schmutz (rolf.schmutz@post.ch)
Entschuldigt	
Sitzungsort	Webergutstrasse 12, 3052 Zollikofen
Sitzungsdatum	05.02.2018

Themen / Notizen	Termin / Betrifft
<b>Arbeitsjournal Rapportierung</b>	Alle 2 Wochen / CA
CA soll alle 2 Wochen an den Verteiler das aktuelle Arbeitsjournal senden	
<b>Arbeitsjournal &amp; Hilfe anfordern</b>	CA
Im Arbeitsjournal soll klar ersichtlich sein, ob Hilfe bei einem Task benötigt wird, oder ob man bei einem Task ansteht. Hilfe sollte dennoch direkt per E-Mail Anfrage angefordert werden.	
<b>Feedback, Antworten, Entscheide</b>	CA
Feedback soll aktiv eingeholt werden. Falls offene Punkte bestehen, dann soll nochmals nachgefragt und nicht selbst entschieden werden. NOGO: z.B. <b>wenn ich innerhalb 2 Wochen keine Antwort erhalte... dann mache ich es so ...</b>	
<b>Projektinitialisierungsauftrag</b>	CA, AM, RS
Der Projektinitialisierungsauftrag wird per E-Mail an den Verteiler versendet (CA) und per Antwort quittiert (AM, RS). Die Quittierung darf bei der Abgabe der Diplomarbeit im Anhang verwendet werden und ersetzt die physische Unterschrift.	
<b>Projektname</b>	08.02.2018 / CA
Es soll ein Projektname definiert werden.	
<b>E-Mail Subject</b>	CA
Durch das Projekt hinweg, soll für die Kommunikation per E-Mail folgender Betreff verwendet werden. Projektname: Inhalt, z.B. Mining Cluster: Arbeitsjournal	
<b>Informationsplattform</b>	08.02.2018 / CA
Es wurde entschieden, dass ein Wiki (Confluence) installiert wird. Alle erarbeiteten Dokumente inklusive Journal werden auf dieser Plattform abgelegt oder erfasst und können von allen beteiligten Personen zu jeder Zeit aufgerufen werden. die Domain wird noch bekannt gegeben.	
<b>Zwischenmeeting</b>	08.02.2018 / CA, AM
Das Zwischenmeeting soll am 05.03.2018 in den Räumen der GIBB stattfinden. AM hat sich dazu bereit erklärt einen Raum zu organisieren. CA soll möglichst rasch den Termin und die Uhrzeit festlegen und danach die Einladungen versenden.	
<b>Konzeptphase</b>	Konzeptphase / CA
CA soll mindestens 7-8 Muss-Kriterien für die Erfüllung des Ziels während der Konzeptphase liefern.	
<b>Testkonzept</b>	Konzeptphase / ALLE

Sitzungsprotokoll 1 Kick-Off Meeting Mining Cluster  
D:\Download\KickOff Meeting Protokoll.docx

Ausgabedatum 5. Februar 2018

1 / 2

Die Experten legen viel Wert auf ein gut erstelltes Testkonzept, dabei soll klar vorab definiert werden, welche Komponenten und Funktionen getestet werden sollen.	
--	--

Protokollführer  
Christoph Amrein

## G Arbeitsjournal

<b>Tag: 1</b>	<b>Datum:</b> 05.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es wurde ein Share für die Ablage der entstehenden Dokumente und Arbeiten erstellt</li> <li>- Projektinitialisierungsauftrag wurde geschrieben</li> <li>- Kick-Off Meeting geplant und durchgeführt</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 2</b>	<b>Datum:</b> 06.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	Confluence für das Projekt eingerichtet (Wurde am Kick-Off Meeting entschieden) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protokoll des Kick-Off Meetings verfeinert</li> <li>- Projektinitialisierungsauftrag gemäss Feedback aus Kick-Off Meeting angepasst</li> <li>- Projektnamen definiert</li> <li>- Beginn mit der Projektplanung</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 3</b>	<b>Datum:</b> 07.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenfassung des Kick-Off Meetings an die Anwesenden versendet</li> <li>- Administrative Arbeiten (Organisation)</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 4</b>	<b>Datum:</b> 08.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- An der Projektplanung gearbeitet	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 5</b>	<b>Datum:</b> 09.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 6</b>	<b>Datum:</b> 10.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 7</b>	<b>Datum:</b> 11.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 8</b>	<b>Datum:</b> 12.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terminplan und Projektübersicht im Confluence erstellen</li> <li>- An der Projektplanung weitergearbeitet</li> <li>- Beginn mit dem Projektauftrag</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 9</b>	<b>Datum:</b> 13.02.2018	<b>Aufwand:</b>

<b>Erledigte Arbeit</b>	- Am Projektauftrag weitergearbeitet	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 10</b>	<b>Datum:</b> 14.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 11</b>	<b>Datum:</b> 15.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Projektauftrag fertiggestellt - Administrative Arbeiten	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 12</b>	<b>Datum:</b> 16.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 13</b>	<b>Datum:</b> 17.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 14</b>	<b>Datum:</b> 18.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 15</b>	<b>Datum:</b> 19.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 16</b>	<b>Datum:</b> 20.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 17</b>	<b>Datum:</b> 21.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 18</b>	<b>Datum:</b> 22.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 19</b>	<b>Datum:</b> 23.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 20</b>	<b>Datum:</b> 24.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Krank - Mit der Studie begonnen - Informationsbeschaffung der Varianten	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 21</b>	<b>Datum:</b> 25.02.2018	<b>Aufwand:</b>



<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studie ausarbeiten</li> <li>- Informationsbeschaffung</li> <li>- IST Zustand beschreiben</li> <li>- Ziele beschreiben</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 22</b>	<b>Datum:</b> 26.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studie abschliessen</li> <li>- Ziele erweitern</li> <li>- Varianten beschreiben</li> <li>- Variantenentscheid fällen</li> <li>- Empfehlung der Variante beschreiben</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 23</b>	<b>Datum:</b> 27.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Projektauftrag mit den neuen Erkenntnissen der Studie ergänzen	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 24</b>	<b>Datum:</b> 28.02.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektauftrag fertigstellen</li> <li>- Studie fertigstellen - Zwischenmeeting vorbereiten</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	Das vorgesehene Zeitkontingent der Studie wurde überschossen	
<b>Tag: 25</b>	<b>Datum:</b> 01.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zwischenmeeting vorbereiten</li> <li>- Finale Version Projektauftrag</li> <li>- Finale Version Studie</li> <li>- Powerpoint Präsentation (Agenda) erstellen</li> <li>- Projektplan updaten</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 26</b>	<b>Datum:</b> 02.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 27</b>	<b>Datum:</b> 03.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 28</b>	<b>Datum:</b> 04.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 29</b>	<b>Datum:</b> 05.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 30</b>	<b>Datum:</b> 06.03.2018	<b>Aufwand:</b>

<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 31</b>	<b>Datum: 07.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	Erneute Informationsbeschaffung. Es sind Probleme bei der Installation der Variante OpenHPC aufgetreten. Als Zwischenlösung habe ich entschieden einen Laptop der keinen AMD Prozessor verwendet zu benutzen, da dort das Produkt einfach installiert werden kann. Die Computenodes sollen aber weiterhin via Raspberry PI betrieben werden	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	Zuwenige Informationen über OpenHPC gesammelt	
<b>Tag: 32</b>	<b>Datum: 08.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	Hostnamen und IP's definiert und in Konzept aufgenommen	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 33</b>	<b>Datum: 09.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Ich habe versucht verschiedene CentOS Images auf die Raspberry PI's zu installieren, keines hat funktioniert. Es wird weiterhin nach einer alternative gesucht	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	CentOS Images können nicht auf Raspberry PI's installiert werden.	
<b>Tag: 34</b>	<b>Datum: 10.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neudefinition der Hostnamen</li> <li>- OpenHPC wurde auf einem Laptop installiert</li> <li>- Die MAC Adressen der Nodes wurden noch nicht ausgelesen deshalb können die Computenodes noch nicht dem Cluster zugewiesen werden</li> <li>- Die Warewulf Komponente funktioniert noch nicht, somit kann das Betriebssystem noch nicht auf die Computenodes verteilt werden</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	WareWulf Komponente blockiert die PXE Boot Installation	
<b>Tag: 35</b>	<b>Datum: 11.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- 10 MAC Adressen der RPI's ausgelesen, dafür musste ich eine SD Karte welche ein kompatibles OS für die RPI's besitzt verwenden. Danach habe ich über nmap die MAC Adressen jeweils ausgelesen	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 36</b>	<b>Datum: 12.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ich habe mit dem physischen Aufbau des Clusters begonnen.</li> <li>- Distanzbolzen mit Raspberry PI's verbunden</li> <li>- Patchkabel and Raspberry PI's und Switch angeschlossen</li> <li>- Netzteil via Jumper Kabel an Raspberry PI's angeschlossen</li> </ul>	

<b>Aufgetretene Probleme</b>	Die Lösung sieht instabil aus	
<b>Tag: 37</b>	<b>Datum:</b> 13.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stromtest des Clusters durchgeführt. 24 Stunden lang den Cluster mit Strom versorgt und beobachtet ob am Schluss Raspberry PI's ausgefallen sind.</li> <li>- Informationen über das Bedienen von OpenHPC eingeholt</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>		
<b>Tag: 38</b>	<b>Datum:</b> 14.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ein weiterer Versuch PXE Boot mit Warewulf umzusetzen. Dabei bin ich auf Informationen gestossen, dass dies mit den ARMv8 Prozessoren aufgrund der Architektur nicht möglich ist</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	Warewulf ist nicht mit Raspberry PI's kompatibel	
<b>Tag: 39</b>	<b>Datum:</b> 15.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weitere Versuche PXE Boot mit Warewulf einzurichten, da ich es nicht glauben kann, dass dies nicht gehen soll</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	Warewulf ist nicht mit Raspberry PI's kompatibel	
<b>Tag: 40</b>	<b>Datum:</b> 16.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weitere Versuche PXE Boot mit Warewulf einzurichten, da ich es nicht glauben kann, dass dies nicht gehen soll</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	Warewulf ist nicht mit Raspberry PI's kompatibel	
<b>Tag: 41</b>	<b>Datum:</b> 17.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weitere Versuche PXE Boot mit Warewulf einzurichten, da ich es nicht glauben kann, dass dies nicht gehen soll</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	Warewulf ist nicht mit Raspberry PI's kompatibel	
<b>Tag: 42</b>	<b>Datum:</b> 18.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Den PXE Boot mit einem NOOBS Betriebssystem aufgesetzt. Dies hat funktioniert</li> <li>- Dies habe ich versucht in Warewulf zu implementieren. Leider erfolglos</li> <li>Entschieden den TFTPBOOT / PXE ohne WareWulf auf dem Managementnode einzurichten.</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>		
<b>Tag: 43</b>	<b>Datum:</b> 19.03.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installationsscript geschrieben, welches alles automatisch installiert</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	Es bestehen noch Probleme mit der Installation von CentOS auf den Raspberry PI's	
<b>Tag: 44</b>	<b>Datum:</b> 20.03.2018	<b>Aufwand:</b>

<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Den Managementnode mehrfach neu aufgesetzt</li> <li>- Weitere Abklärungen betreffend, PXE, CentOS und Warewulf</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>		
<b>Tag: 45</b>	<b>Datum: 21.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ich habe versucht diverse Images auf die SD Karte zu schreiben und die Raspberry PI's zu betreiben</li> <li>- Die Images stammen von <a href="http://mirror.centos.org/altarch/7/isos/aarch64/">http://mirror.centos.org/altarch/7/isos/aarch64/</a></li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leider hat kein Image funktioniert</li> <li>- Vermutlich kann der Kernel nicht richtig geladen werden oder ist nicht kompatibel</li> </ul>	
<b>Tag: 46</b>	<b>Datum: 22.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weitere fremde Images versucht zu installieren, z.B. Gentoo 64 Bit für Raspberry PI's, Fedora, usw.</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 47</b>	<b>Datum: 23.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<p>- Ich habe nach einer alternativen 64 Bit Version für RPI's gesucht. Dabei bin ich auf diverse Images gestossen:</p> <p>Fedora <a href="https://fedoraproject.org/wiki/Architectures/ARM">https://fedoraproject.org/wiki/Architectures/ARM</a>, die Installation hat einwandfrei funktioniert. (CentOS nahe) Gentoo <a href="https://github.com/sakaki-/gentoo-on-rpi3-64bit">https://github.com/sakaki-/gentoo-on-rpi3-64bit</a>, die Installation haut auf antrieb funktioniert. Ich bin auf diesen Guide gestossen: <a href="https://github.com/umiddelb/aarch64/wiki/Install-CentOS-7-on-your-favourite-ARMv8-ARM64-AArch64-board">https://github.com/umiddelb/aarch64/wiki/Install-CentOS-7-on-your-favourite-ARMv8-ARM64-AArch64-board</a>, durch diesen Guide habe ich den Durchbruch geschafft. Die Installation habe ich mit der Fedora Boot Partition leider nicht geschafft, mit der Gentoo Lösung ging es aber. Ich bin dabei wie folgt vorgegangen: Beim Schreiben des Gentoo Images auf die SD Karte, werden zwei Partitionen erstellt (Boot &amp; File-System). Die Boot Partition habe ich nicht angepasst. Wichtig dabei ist, dass das RPI ein Kernel8.img für ARMv8 in der Boot Partition benötigt. Dies musste ich also stehen lassen. Als zweiten Schritt habe ich aus dem CentOS Repos das Archiv CentOS-7-aarch64-rootfs-7.4.1708.tar.xz heruntergeladen. Darin ist das komplette FileSystem enthalten. Dies habe ich auf der FileSystem Partition mit dem Befehl <code>tar -numeric-owner -xpJf .../CentOS-7-aarch64-rootfs-7.4.1708.tar.xz -C /home/camrein/-Downloads/mnt2</code> niedergeschrieben. (Achtung die Partition wurde nach /home/camrein/Downloads/mnt2 gemountet) Danach hatte ich ein funktionsfaehiges CentOS 64 Bit auf dem Raspberry PI</p>	

<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 48</b>	<b>Datum: 24.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Das CentOS nun erfolgreich auf dem RPI betrieben werden kann, habe ich versucht in RPI als Management Node zu verwenden. Bei der Installation des Provisioning Programmes Warewulf bin ich jeweils auf Fehler gestossen. Leider konnte ich in keinem Log inkl Systemlogs keinen Eintrag zum Fehler finden. Das RPI ist jedoch immer wieder eingefroren. Deshalb habe ich versucht einen üblichen PXE Boot mit TFT einzurichten. Dies hat einwandfrei funktioniert. Bei jedem Erfolg habe ich die SD Karte erneut kopiert, so dass beim Aufsetzen des RPI's wieder möglichst rasch mit einem stabilen Ausgangspunkt weitergemacht werden kann.	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	- Beim PXE Boot trat ich auf diverse Probleme. Jedoch habe ich durch lesen von mehreren Anleitungen und Guides dies beheben können. Ich hatte nicht alle Dateien von der Boot Partition im entsprechenden tftboot Ordner drin	
<b>Tag: 49</b>	<b>Datum: 25.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Administratives, Dokumente nachführen. Entscheidungen treffen. Ich habe mich entschieden es nochmals mit dem Laptop als Managementnode zu versuchen. Dieser hat einen Intel Prozessor und Warewulf kann ohne Probleme auf dem Managementnode installiert werden. Ich habe mich dazu entschlossen als nächsten Schritt es nochmals zu versuchen das vorhandene tftboot Image in Warewulf zu implementieren. Dies würde die Installation enorm vereinfachen, da die Raspberry PI's direkt über die MAC Adresse eine IP und einen Hostnamen zugewiesen werden.	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 50</b>	<b>Datum: 26.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Zur Erkenntnis genommen, das die MS Office Tools für mich nicht zu gebrauchen sind. Ich habe mich entschieden die Dokumentation mit LaTeX zu schreiben	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 51</b>	<b>Datum: 27.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Studieren von LaTeX: Ich habe noch nie mit LaTeX gearbeitet, es begeistert mich aber, deshalb habe ich mir Beispiele von Dokumentationen und Befehlen angeschaut	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 52</b>	<b>Datum: 28.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>

<b>Erledigte Arbeit</b>	- Versuche mit LaTeX: Ich habe versucht selbst ein LaTeX Dokument zu erstellen und mich mit Freunden darüber unterhalten, dabei habe ich erfahren, dass es bereits sehr gute vordefinierte Templates gibt, welche frei im Internet beziehbar sind	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 53</b>	<b>Datum: 29.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Ich habe mich für ein LaTeX Template von Macke entschieden und mit der Migration von Word nach LaTeX begonnen	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 54</b>	<b>Datum: 30.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Ausgangslage und Projektziele nach LaTeX migriert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 55</b>	<b>Datum: 31.03.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Termine und Projektorganisation nach LaTeX migriert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 56</b>	<b>Datum: 01.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Überarbeitung der Darstellung der bereits migrierten Inhalte	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 57</b>	<b>Datum: 02.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Kapitel Ressourcen nach LaTeX migriert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 58</b>	<b>Datum: 03.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Überarbeitung bisheriger Dokumentation in LaTeX	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 59</b>	<b>Datum: 04.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Design Anpassungen des Diplomberichts	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 60</b>	<b>Datum: 05.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 61</b>	<b>Datum: 06.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 62</b>	<b>Datum: 07.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Abschliessen der Migration des Projektauftrags (LaTeX) - Informationen über OpenHPC Warewulf und ARMv8 sammeln, da ich noch Probleme mit dem Provisioning des Betriebssystems habe.	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	

<b>Tag: 62</b>	<b>Datum: 08.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studie nach LaTeX migrieren</li> <li>- Informationen über OpenHPC Warewulf und ARMv8 sammeln, da ich noch Probleme mit dem Provisioning des Betriebssystems habe</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 63</b>	<b>Datum: 09.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überarbeitung bisheriger Dokumentation und Konzept Dokumentation migrieren.</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 64</b>	<b>Datum: 10.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entschieden Warewulf auszulassen und mit dnsmasq und pxe boot fortzufahren. PXE Boot mit Centos eingerichtet, alle Raspberry PI's können gestartet werden und beziehen das Betriebssystem über das Netzwerk</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 65</b>	<b>Datum: 11.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nagios einrichten. Es existiert ein Bug mit Centos 7.4. der Ordner /var/run/nagios wird nicht automatisch erstellt. Debuggen bislang erfolglos. Wenn ich in der Konfiguration ein anderes Verzeichnis für die PID Ablage erstelle funktioniert dies noch nicht. Standard Monitoring für alle Nodes eingerichtet. Es müssen aber noch spezifiziertere Überwachungen geschrieben werden</li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 66</b>	<b>Datum: 12.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installationsskript anpassen und updaten. Ich habe eine Kopie der SD Karte erstellt. Die SD Karte wurde danach gelöscht und ich habe mit dem automatisierten Installationsskript den Cluster wieder versucht zu installieren. Dabei sind folgende Probleme noch vorhanden: <ul style="list-style-type: none"> <li>- NTP Sync von Master zu Computenodes</li> <li>- Slurmd startet nicht automatisch auf den Computes</li> <li>- Nagios PID Fehler</li> <li>- Ganglia Errors in /var/log/messages ( Keine Nodes werden aufgeführt)</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 67</b>	<b>Datum: 13.04.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Slurm Konfiguration manuell angepasst. Fehler gefunden und behoben. Versucht ersten Job zu erstellen. Jedoch noch erfolglos.</li> </ul>	

<b>Aufgetretene Probleme</b>	- Jobs können in Slurm noch nicht erstellt werden	
<b>Tag: 68</b>	<b>Datum:</b> 14.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Herausgefunden wie Jobs erstellt werden müssen. Anstatt ein sbatch Script muss mit dem Befehl srun gearbeitet werden. Job erstellt und einen Testlauf vollzogen	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 69</b>	<b>Datum:</b> 15.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation nachgeführt	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 70</b>	<b>Datum:</b> 16.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Bei einem erneuten Testlauf ist ein Raspberry PI beschädigt worden. Ich wollte es austauschen und habe bemerkt dass der Aufwand für den Austausch zu viel Zeit kostet. Deshalb habe ich nochmals den Aufbau überdacht. - Dokumentation nachführen, Heatsinks installieren	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 71</b>	<b>Datum:</b> 17.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Neuen Aufbau des Clusters in Angriff genommen. Ich habe mir ein passendes Gerüst / Gestell in einem Warenhaus gekauft.	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 72</b>	<b>Datum:</b> 18.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Schrauben für die Montage der Raspberry PI's bestellt - Dokumentation nachgeführt.	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 73</b>	<b>Datum:</b> 19.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Überarbeitung des Diplomberichts	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 74</b>	<b>Datum:</b> 20.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Diplombericht erweitern	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 75</b>	<b>Datum:</b> 21.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Diplombericht erweitern	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 76</b>	<b>Datum:</b> 22.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Diplombericht erweitern	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 77</b>	<b>Datum:</b> 23.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Schrauben sind angekommen. - Ich habe den Cluster neu zusammengestellt.	



<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 78</b>	<b>Datum:</b> 24.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Wackelkontakte waren vorhanden. Ich musste nochmals die Verkabelung stabiler gestalten. Die Raspberry PI's wurden nicht konstant mit 5 Volt versorgt	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 79</b>	<b>Datum:</b> 25.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 80</b>	<b>Datum:</b> 26.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 81</b>	<b>Datum:</b> 27.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Monitoring Programme optimieren und einrichten. Nagios konnte auf nicht alle Ports eine Verbindung aufbauen. Dies wurde gefixt. Die Ursprüngliche Konfiguration war nicht für die Umgebung eingerichtet	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 82</b>	<b>Datum:</b> 28.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 83</b>	<b>Datum:</b> 29.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 84</b>	<b>Datum:</b> 30.04.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Ganglia Monitoring konfiguriert, XMLParser Fehler waren vorhanden. Ganglia wurde für RPI Tests optimiert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 85</b>	<b>Datum:</b> 01.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Mining Tests absolviert. Alle gewünschten Währungen wurden für eine Testdauer von jeweils 30 Minuten geschürft - Die Raspberry PI's müssen noch übertaktet werden	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 86</b>	<b>Datum:</b> 02.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation nachgeführt - Raspberry PI's übertaktet (PXE Boot Image)	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 87</b>	<b>Datum:</b> 03.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	

<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 88</b>	<b>Datum:</b> 04.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 89</b>	<b>Datum:</b> 05.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 90</b>	<b>Datum:</b> 06.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 91</b>	<b>Datum:</b> 07.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	-	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 92</b>	<b>Datum:</b> 08.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 93</b>	<b>Datum:</b> 09.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 94</b>	<b>Datum:</b> 10.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 95</b>	<b>Datum:</b> 11.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 96</b>	<b>Datum:</b> 12.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 97</b>	<b>Datum:</b> 13.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 98</b>	<b>Datum:</b> 14.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 99</b>	<b>Datum:</b> 15.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 100</b>	<b>Datum:</b> 16.05.2018	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	

<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 101</b>	<b>Datum: 17.05.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 102</b>	<b>Datum: 18.05.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 103</b>	<b>Datum: 19.05.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation erweitert	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 104</b>	<b>Datum: 20.05.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Dokumentation abgeschlossen - Die Dokumentation ist nun bereit für Korrekturen	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	
<b>Tag: 105</b>	<b>Datum: 21.05.2018</b>	<b>Aufwand:</b>
<b>Erledigte Arbeit</b>	- Überarbeitung der Dokumentation	
<b>Aufgetretene Probleme</b>	-	

Tabelle 50: Arbeitsjournal

## G.1 Quellenverzeichnis

Namen der Quelle	Titel und Bemerkung
<b>Wikipedia</b> <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_cluster_software">https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_cluster_software</a>	Cluser Software Vergleichstabelle.
<b>HPC Today</b> <a href="http://www.hpctoday.com/best-practices/tinytitan-a-raspberry-pi-computing-based-cluster/">http://www.hpctoday.com/best-practices/tinytitan-a-raspberry-pi-computing-based-cluster/</a>	Installationsanleitung und Beschreibung der HPC Lösung TinyTitan
<b>Jordi Corbilla von Thundax Software</b> <a href="http://thundaxsoftware.blogspot.ch/2016/07/creating-raspberry-pi-3-cluster.html">http://thundaxsoftware.blogspot.ch/2016/07/creating-raspberry-pi-3-cluster.html</a>	Komplette Installationsanleitung einer Noname Cluster Lösung
<b>Benutzer Sakaki auf Github</b> <a href="https://github.com/sakaki-/gentoo-on-rpi3-64bit">https://github.com/sakaki-/gentoo-on-rpi3-64bit</a>	Repository des Gentoo Images und Installationsanleitung
<b>CentOS</b> <a href="http://mirror.centos.org/altarch/7.4.1708/isos/aarch64/">http://mirror.centos.org/altarch/7.4.1708/isos/aarch64/</a>	Image Repository von CentOS
<b>raspberrypi.org</b> <a href="https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bootmodes/net_tutorial.md">https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bootmodes/net_tutorial.md</a>	Installationsanleitung zu PXE / Netzwerkboot
<b>Fedora</b> <a href="https://fedoraproject.org/wiki/Architectures/ARM">https://fedoraproject.org/wiki/Architectures/ARM</a>	Fedora Image für Raspberry PI's und Installationsanleitung dazu.
<b>Fedora</b> <a href="https://fedoraproject.org/wiki/Architectures/ARM">https://fedoraproject.org/wiki/Architectures/ARM</a>	Fedora Image für Raspberry PI's und Installationsanleitung dazu.
<b>Benutzer Uli Middelberg auf Github</b> <a href="https://github.com/umiddelb/aarch64/wiki/Install-CentOS-7-on-your-favourite-ARMv8-ARM64-AArch64-board">https://github.com/umiddelb/aarch64/wiki/Install-CentOS-7-on-your-favourite-ARMv8-ARM64-AArch64-board</a>	Beschreibung und Anleitung der Umgehungslösung für die Installation von CentOS auf den Raspberry PI's

## **Abbildungsverzeichnis**

1	Risiken . . . . .	15
2	Physikalischer Überblick . . . . .	16
3	Technischer Überblick . . . . .	18
4	Physischer Aufbau . . . . .	31
5	FMW: Fedora Media Writer starten . . . . .	35
6	FMW: Archiv auswählen . . . . .	36
7	FMW: Abbild schreiben . . . . .	36
8	Hostnamen editieren . . . . .	39
9	Übersicht der Hostnamen Zuweisung . . . . .	39
10	Statische IP vergeben . . . . .	39

## Tabellenverzeichnis

1	Situationsanalyse Komponenten . . . . .	1
2	Situationsanalyse Stärken . . . . .	2
3	Situationsanalyse Schwächen . . . . .	2
4	Projektziele . . . . .	3
5	Lieferobjekte . . . . .	4
6	Beschaffungskosten . . . . .	5
7	Aufwandskosten . . . . .	5
8	Stromkostenrechnung . . . . .	6
9	Gesamtkosten . . . . .	6
10	Wirtschaftlichkeit Hardware . . . . .	7
11	Grober Projektplan . . . . .	8
12	Termine . . . . .	9
13	Projektbudget . . . . .	9
14	Sachmittel . . . . .	9
15	Organisation . . . . .	10
16	Projektablage . . . . .	10
17	Software Kriterien . . . . .	11
18	Variantenübersicht . . . . .	12
19	Anforderungsabdeckung . . . . .	13
20	Bewertung der Varianten . . . . .	14
21	Bewertung der Varianten . . . . .	14
22	Risiken . . . . .	15
23	Protokolle . . . . .	19
24	Verbindungen & Kommunikation . . . . .	19
25	Komponente Managementnode . . . . .	20
26	Komponente aktive Copmputenodes . . . . .	21
27	Komponente passive Copmputenodes . . . . .	21
28	Testobjekte . . . . .	22
29	Testarten . . . . .	22
30	Fehlerklassen . . . . .	23
31	Testfall K-001 . . . . .	23
32	Testfall K-002 . . . . .	24
33	Testfall K-003 . . . . .	24
34	Testfall K-004 . . . . .	24
35	Testfall I-001 . . . . .	25
36	Testfall I-002 . . . . .	25
37	Testfall I-003 . . . . .	26
38	Testfall I-004 . . . . .	26
39	Testfall S-001 . . . . .	26

*Tabellenverzeichnis*

---

40	Testfall S-002 . . . . .	27
41	Testfall S-003 . . . . .	27
42	Testfall S-004 . . . . .	27
43	Service Monitoring . . . . .	28
44	Kryptowährungen . . . . .	29
45	Managementnode Name . . . . .	29
46	Reservenode Name . . . . .	29
47	Computenode Namen . . . . .	30
48	Variablen Definition . . . . .	44
49	Computenode Namen . . . . .	63
50	Arbeitsjournal . . . . .	78