

# Ressourcenmessung Software Okular

System under Test, 2021-08-09 , durchgeführt von Franziska Mai

## Einführung und Überblick

Dieser Report enthält die deskriptiven Statistiken der Energie- und Ressourcenverbrauchsmessung “Okular Leerlauf”. Es wurden  $n_M = 11$  Messdurchläufe und  $n_B = 11$  Baselinedurchläufe ausgewertet.

## Übersicht

Größe	Gemessener Wert (Leerlauf)	Gemessener Wert (Baseline)
Mittlere el. Leistung	5,07 W	5 W
Mittlere el. Arbeit	0,31 Wh	0,3 Wh
Mittlere CPU-Auslastung	0,2777545 %	0,11 %
Mittlere RAM-Auslastung	$1,7640803 \times 10^6$ % oder MByte	$2,9617263 \times 10^6$ % oder MByte
Über Netzwerk übertragene Datenmenge	0,0180142 MByte	0 MByte
Permanentspeichernutzung	25,241726 MByte	0,01 MByte

Bei dieser Messung handelt es sich um eine Leerlauf-Messung. Die in der Tabelle aufgeführten Ergebnisse sind damit entsprechend als Kriterien unter 1.1.3 “Hardware-Auslastung im Leerlauf unter der Annahme einer Standardkonfiguration” des Kriterienkatalogs zu erfassen.

Auszug aus dem *Kriterienkatalog für nachhaltige Software*<sup>1</sup>:

*"Wie hoch ist die mittlere Auslastung der bereitgestellten Hardwarekapazitäten durch das Softwareprodukt, wenn sich dieses im Leerlauf befindet?"*

*Indikatoren:*

- a) Messung der mittleren Prozessorauslastung im Leerlauf unter Standardkonfiguration (Differenz zum Grundverbrauch der Standardkonfiguration ohne das Softwareprodukt im gleichen Zeitraum)*
- b) Messung der mittleren Arbeitsspeicherbelegung im Leerlauf unter Standardkonfiguration*
- c) Messung der mittleren Permanentspeicherbelegung im Leerlauf unter Standardkonfiguration*
- d) Messung der mittleren beanspruchten Bandbreite für Netzzugang im Leerlauf unter Standardkonfiguration"*

---

<sup>1</sup><http://green-software-engineering.de/Kriterienkatalog>

## Energieverbrauch

Zunächst werden die Energieverbrauchsmessungen betrachtet und ein Graph gezeigt, in dem die Leistungsaufnahme des System under Test (SUT) während der Messung des Szenarios gemittelt wird. Danach zeigt der Report das gleiche Diagramm für die Baseline-Energieverbrauchsmessungen. Anschließend wird für die Energieverbrauchsmessung die mittlere Standardabweichung der Messungen und Baselines für alle 600 Sekunden der Messung berechnet. Dies dient der Überprüfung der automatisierten Lastgenerierung. Schließlich wird für den Energieverbrauch die mittlere elektrische Arbeit der Baseline-Messungen berechnet und diese von den elektrischen Arbeit der Szenario-Messungen subtrahiert. Somit ergibt sich für jede Messung der um die Messhardware und Betriebssystem korrigierte Energieverbrauchswert der Software.

## Ressourcenverbrauch

Im Anschluss an den Energieverbrauch zeigt der Report die Ressourcenverbräuche für die Messparameter (im Folgenden als Ressourcen bezeichnet)

- Prozessorauslastung [%],
- RAM-Belegung [%],
- Festplattenaktivität (lesend und schreibend) [Bytes],
- Netzwerkaktivität (sendend und empfangend) [Bytes] und
- Größe der Auslagerungsdatei [%].

Auch hier wird zunächst für jede Ressource je ein Graph des gemittelten Ressourcenverbrauchs über die Messungen und Baselines gezeigt. Es folgt für jede Ressource die deskriptive Auswertung anhand des Mittelwertes der gesamten Messungen, des Mittelwertes der Baseline und des um die Baseline korrigierten Mittelwertes der Messungen.

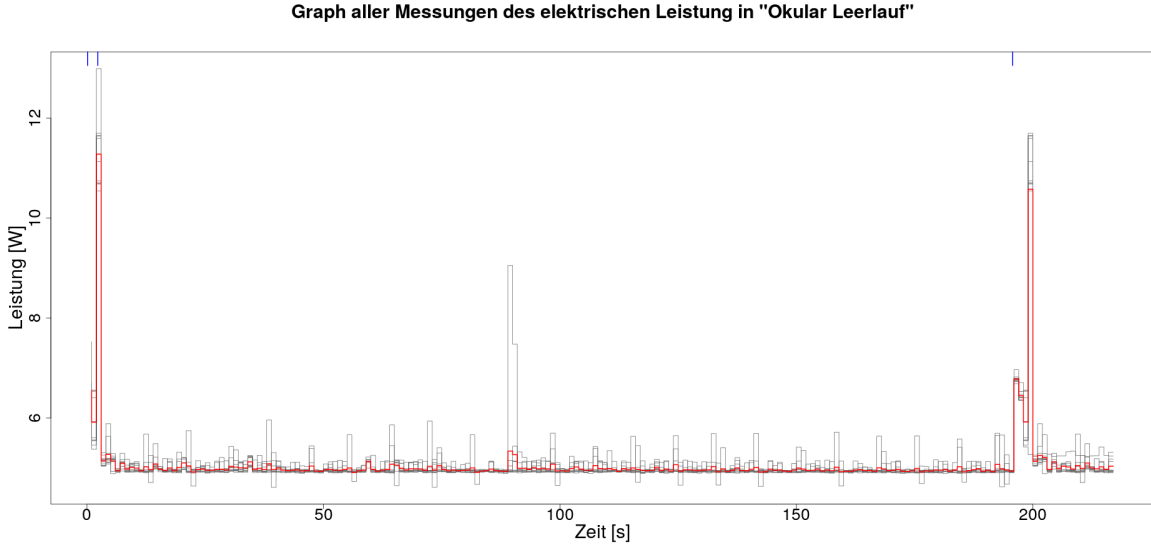


Abbildung 1: Graph der gemittelten Leistungsaufnahme der Messungen des Szenarios

## Auswertung der Energieverbrauchsmessung

Abbildung 1 enthält alle Messungen der Leistungsaufnahme des SUT während der Messung des Szenarios. Die Messwerte der  $n_M = 11$  Wiederholungen sind in grau dargestellt. Aus den Messungen wurde für jede Sekunde ein Durchschnittswert gebildet (rote Linie).

### Berechnung der mittleren Standardabweichung

Zum Zwecke der Überprüfung der automatisierten Lastgenerierung wird die mittlere Standardabweichung der Messungen und Baselines für alle 217 Sekunden der Messintervalle berechnet. Diese ergibt sich aus  $\bar{s} = \frac{1}{217} \sum s_n$ , mit  $s_n = s_1, s_2, s_3, \dots, s_{217}$

Die mittlere Standardabweichung pro Messpunkt beträgt bei den vorliegenden Energieverbrauchsmessungen also 0,1141127 Watt, bei einem Mittelwert von 5,0722375 Watt.

### Berechnung der elektrischen Arbeit

Zur Auswertung des durch die Software induzierten Energieverbrauchs wird zunächst die verbrauchte elektrische Arbeit in Wattstunden [Wh] der Baseline berechnet als  $W_{el} = P \cdot t$ . Da die Messungen der elektrischen Leistung des Messgerätes  $P_n$  mit einer Abtastrate von  $F = 1Hz$  aufgezeichnet werden, gilt für die Berechnung der Arbeit insgesamt:

$$W_{el} = \frac{1}{3600} \sum_{n=1}^m P_n, \text{ mit } P_n = P_1, P_2, P_3, \dots, P_m$$

Die Berechnung der Leistung ergibt sich also aus der Summe der Einzelmessungen pro Sekunde (ergibt die Einheit Ws) dividiert durch 3600 Sekunden pro Stunde (ergibt als Einheit Wh). Die berechnete elektrische Arbeit der einzelnen Baselines wird anschließend gemittelt. Folgendes Listing zeigt die Ergebnisse:

```
## Summary Statistics for measurementWatthours
```

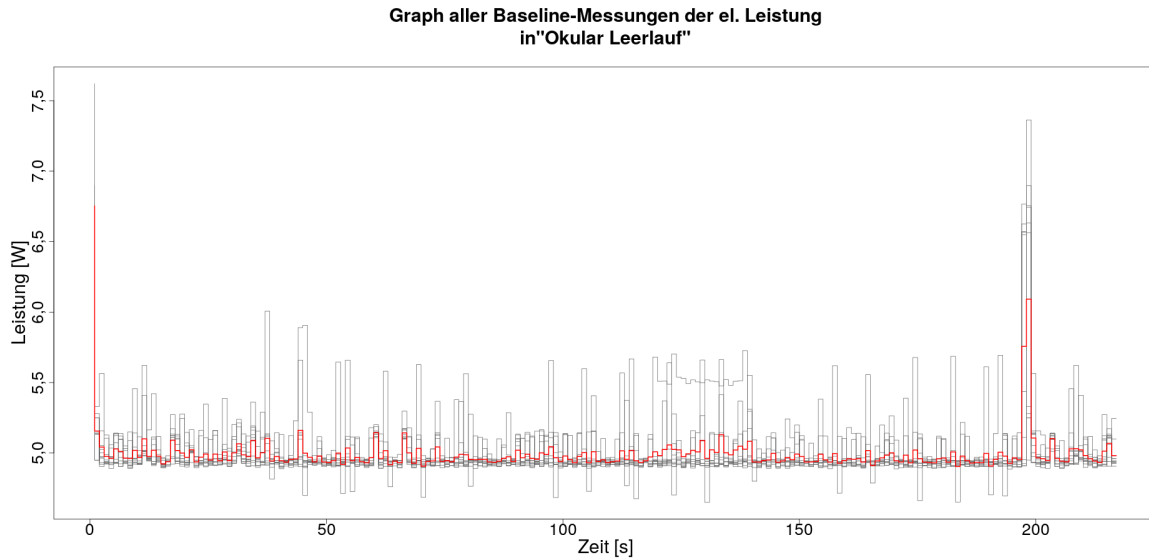


Abbildung 2: Graph der gemittelten Leistungsaufnahme der Baselines

```
##  n mean sd median min  max range IQR
## 11 0,31  0  0,31 0,31 0,31    0  0
```

Die zusammenfassenden Statistiken enthalten dabei folgende Werte:

**n** Anzahl der Messungen

**mean** Arithmetisches Mittel

**sd** Standardabweichung

**median** Median

**min** Minimal gemessener Wert

**max** Maximal gemessener Wert

**range** Abstand Minimum zu Maximum

**IQR** Interquartilsabstand

```
## /srv/shiny-server/oscar-public/OSCAR/rmd
```

```
## allBaselineMeasurements allMeasurements allPowerBaselines allPowerMeasurements baselineEndtimes base
```

```
## Summary Statistics for baselineWatthours
```

```
##  n mean sd median min max range IQR
## 11 0,3  0  0,3 0,3 0,3    0  0
```

Schließlich wird der Mittelwert der el. Arbeit der 11 Baseline-Messungen  $\bar{x}(W_B)$  von der el. Arbeit der Messungen  $\bar{x}(W_M)$  subtrahiert, um die korrigierte el. Arbeit zu berechnen, die nur durch die Software verursacht wird:

```
## Summary Statistics for correctedwatthours
```

```
##  n mean sd median min  max range IQR
## 11  0  0    0  0 0,01    0  0
```

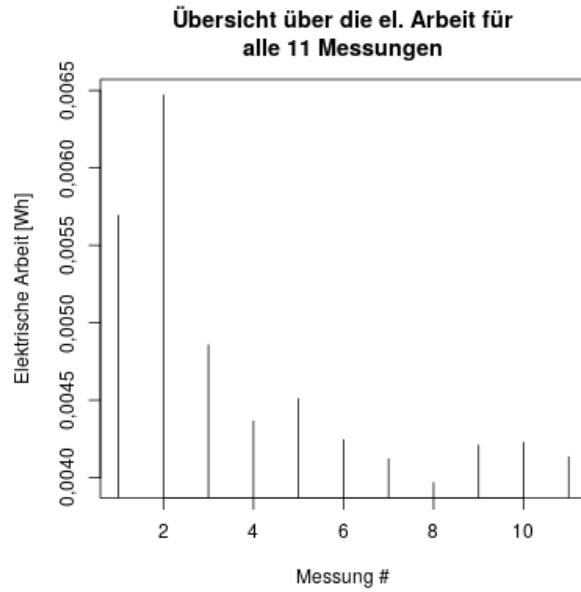


Abbildung 3: Plot der elektrischen Arbeit der korrigierten Messungen

Somit ergibt sich eine mittlere el. Arbeit der 11 Messungen von  $\bar{x}(W_{Software}) = \bar{x}(W_M) - \bar{x}(W_B) = 0,0046187$  Wattstunden.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 4 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots. Boxplots fassen verschiedene statistische Streuungs- und Lagemaße zusammen, für weitere Erläuterungen siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Boxplot>.

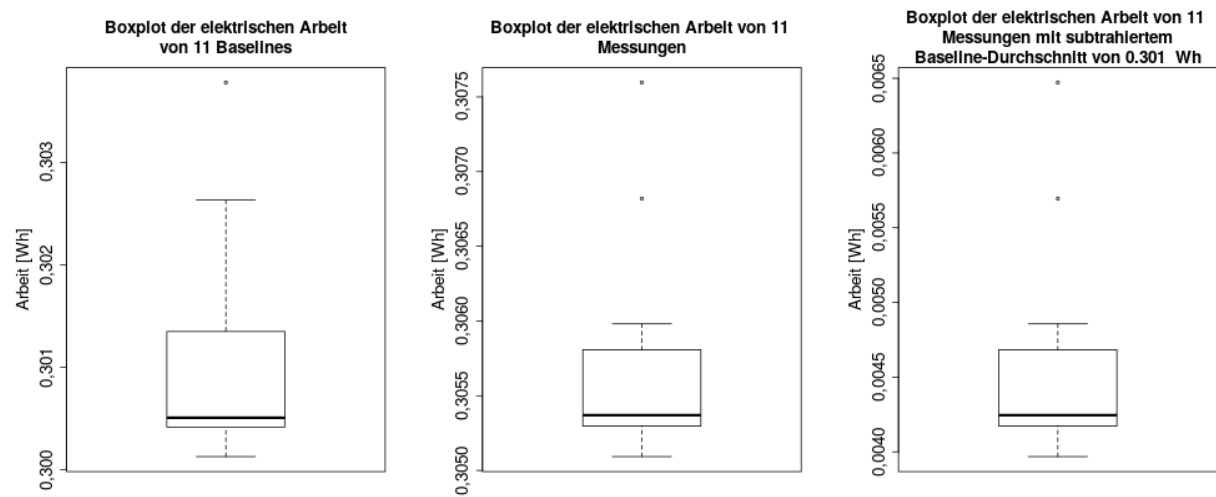


Abbildung 4: Boxplots der elektrischen Arbeit der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

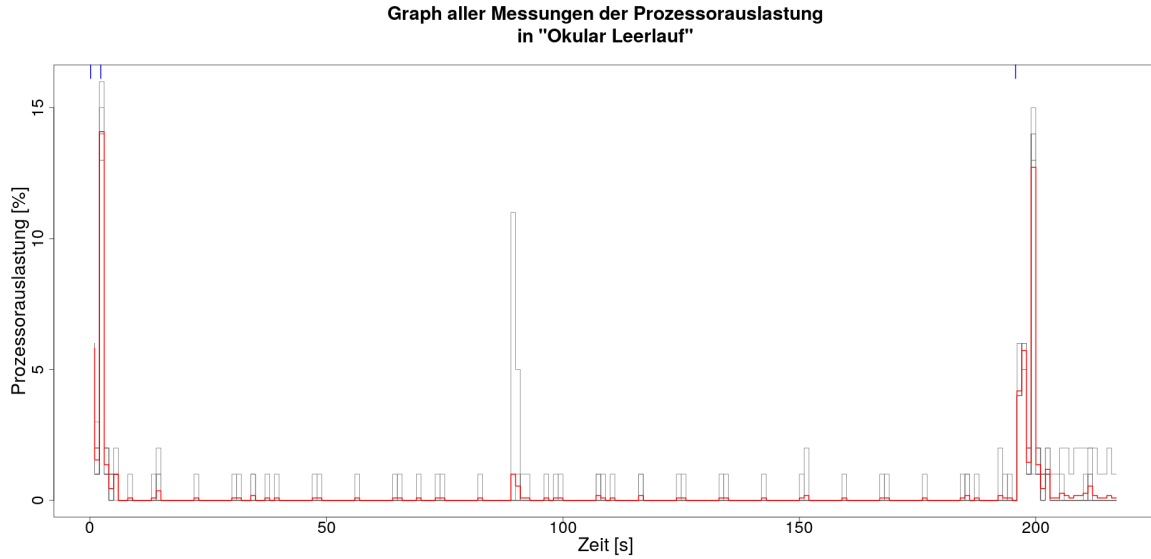


Abbildung 5: Graph der gemittelten Prozessorauslastung der Messungen des Szenarios

## Ressourcenverbrauch

Die Auswertung des Ressourcenverbrauchs geschieht prinzipiell analog zum Energieverbrauch, jedoch sind hier die sieben o.g. Ressourcen zu beachten. Dementsprechend folgen nun zunächst die Abbildungen 5 bis ?? die jeweils alle Messungen der Ressourcenbelegung, bzw. -verbrauchs des SUT während der Messung des Szenarios enthalten. Die Messwerte der  $n_M = 11$  Wiederholungen sind in grau dargestellt. Aus den Messungen wurde für jede Sekunde ein Durchschnittswert gebildet (rote Linie).

Daran schließen sich die entsprechenden Abbildungen 9 bis ?? die jeweils alle Baselines der Ressourcenbelegung, bzw. -verbrauchs des SUT enthalten. Sie sind ebenso formatiert.

## Graphen der Messungen

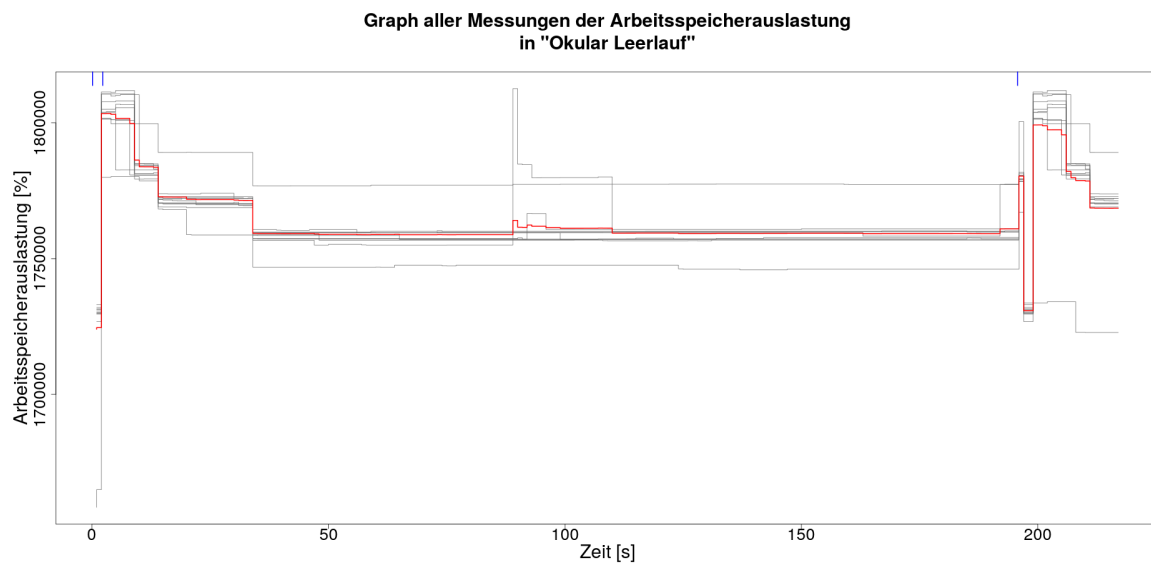


Abbildung 6: Graph der gemittelten RAM-Belegung der Messungen des Szenarios



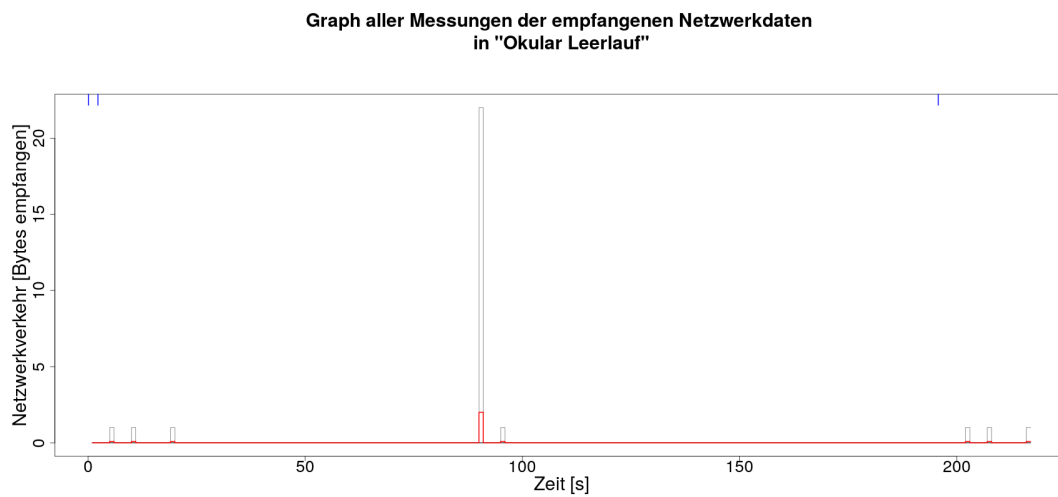
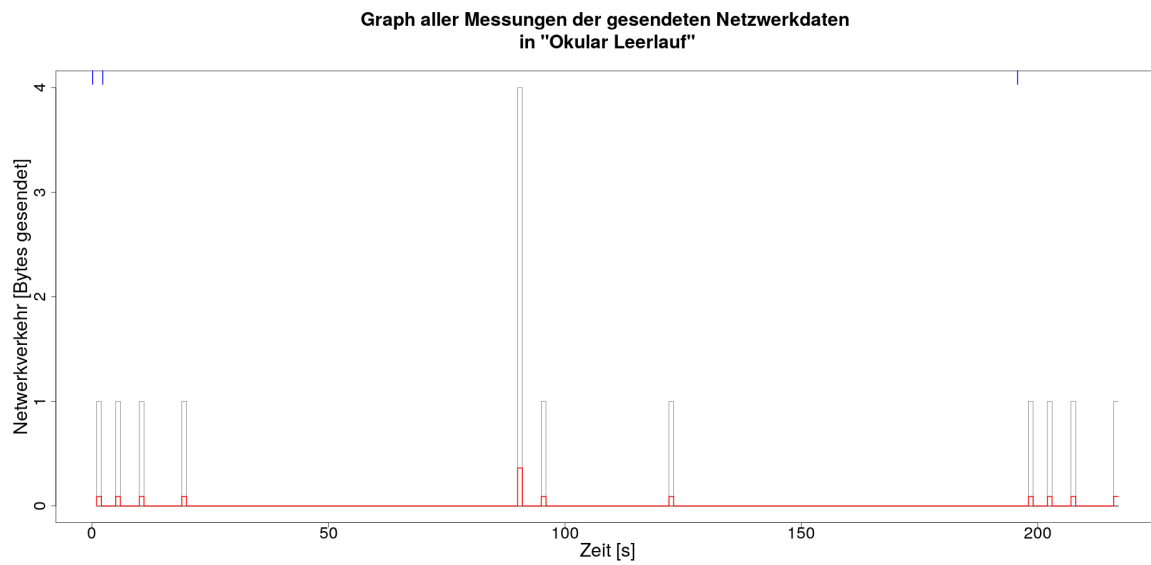


Abbildung 7: Graph der gemittelten Netzwerkaktivität der Messungen des Szenarios (sendend oben, empfangend unten)

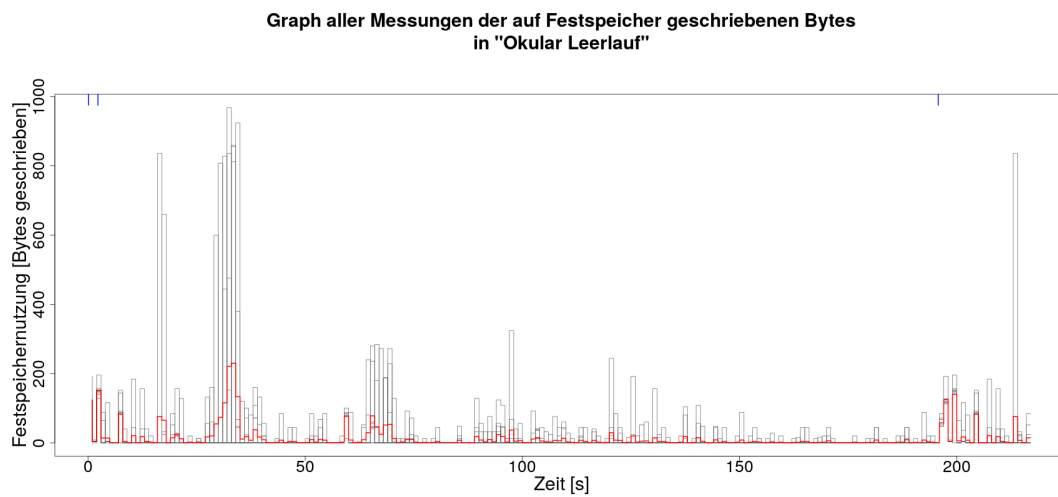
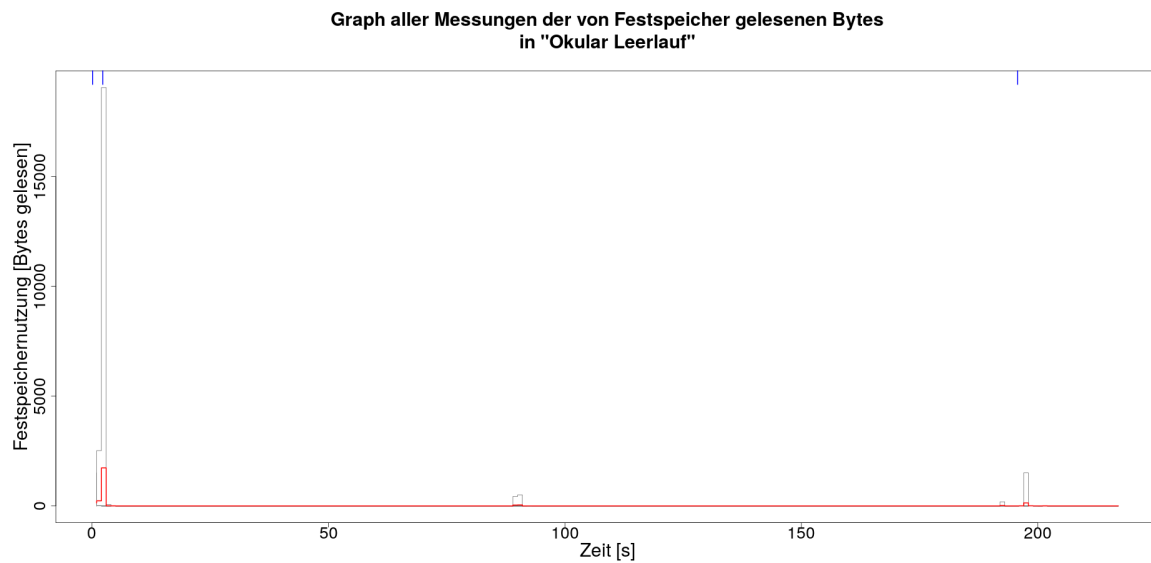


Abbildung 8: Graph der gemittelten Festplattenaktivität der Messungen des Szenarios (lesend oben, schreibend unten)

## Auswertung

Zur Auswertung der Messungen wird nun der jeweilige Mittelwert  $\bar{x}(Prozessor_M)$ ,  $\bar{x}(RAM_M)$ ,  $\bar{x}(Network\_Sent_M)$ ,  $\bar{x}(Network\_Received_M)$ ,  $\bar{x}(HDD\_Read_M)$ ,  $\bar{x}(HDD\_Written_M)$ ,  $\bar{x}(Swap_M)$  der Einzelressourcenmessungen sowie der zugehörigen Baselines berechnet.

```
## Summary Statistics for performanceMeasurement$processorTime:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387 0,28 1,49      0   0 16   16   0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$ram:
##      n   mean      sd  median    min    max range  IQR
## 2387 1764080 15057,61 1759824 1658392 1812628 154236 13296

## Summary Statistics for performanceMeasurement$networkSent:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387 0,01 0,1      0   0  4    4    0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$networkReceived:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387 0,01 0,45      0   0 22   22   0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$HDDRead:
##      n mean   sd median min  max range IQR
## 2387 10,9 396,03      0   0 19056 19056  0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$HDDWritten:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387 14,34 67,9      0   0 968   968  0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$Swap:
## Warning in min(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für min;
## gebe Inf zurück

## Warning in max(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für max;
## gebe -Inf zurück

##      n mean sd median min  max range IQR
##      0 NaN NA      NA Inf -Inf  -Inf  NA
```

## Graphen der Baseline

```
## Warning in min(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für min;
## gebe Inf zurück

## Warning in max(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für max;
## gebe -Inf zurück
```

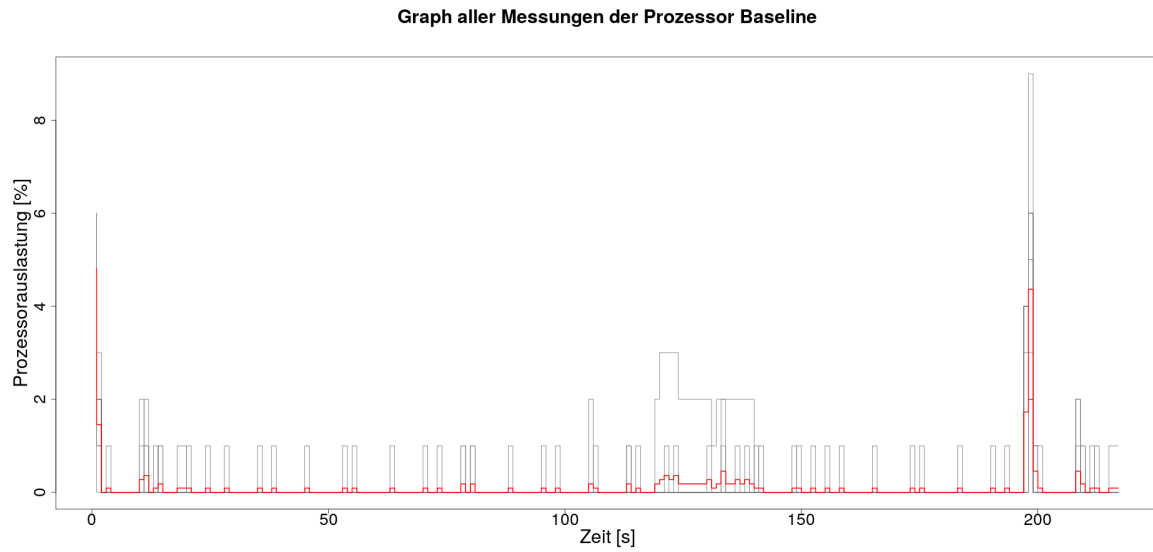


Abbildung 9: Graph der gemittelten Prozessorauslastung der Baselines

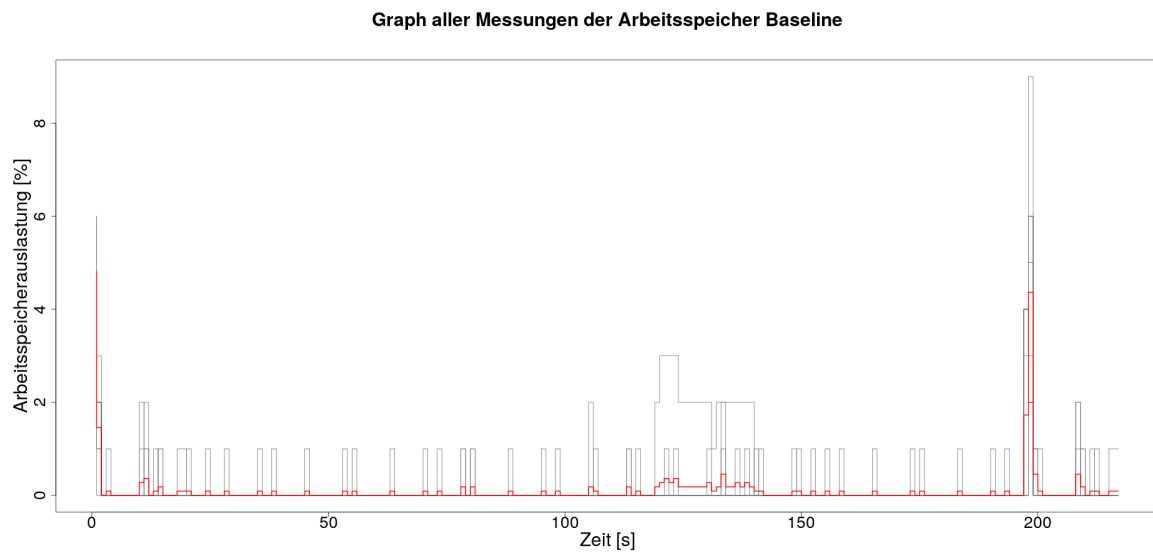


Abbildung 10: Graph der gemittelten RAM-Belegung der Baselines

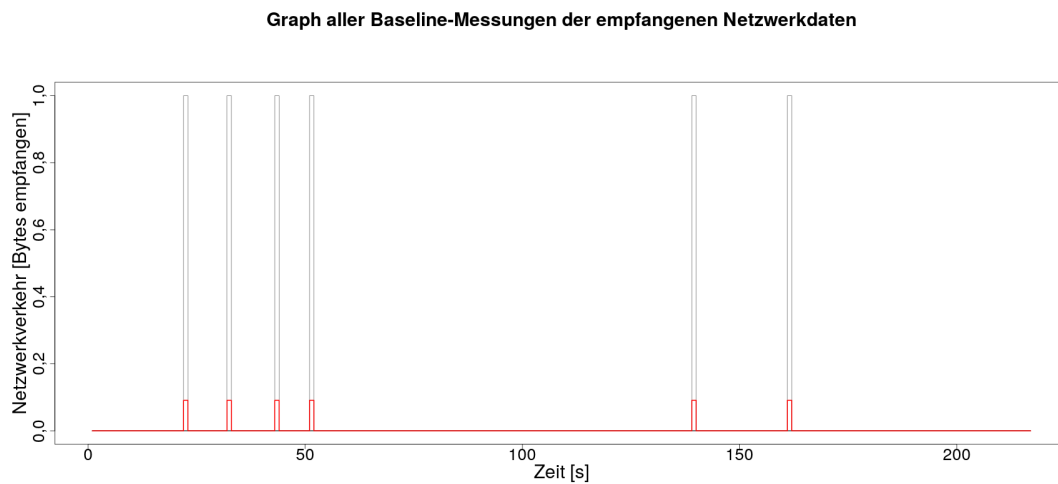
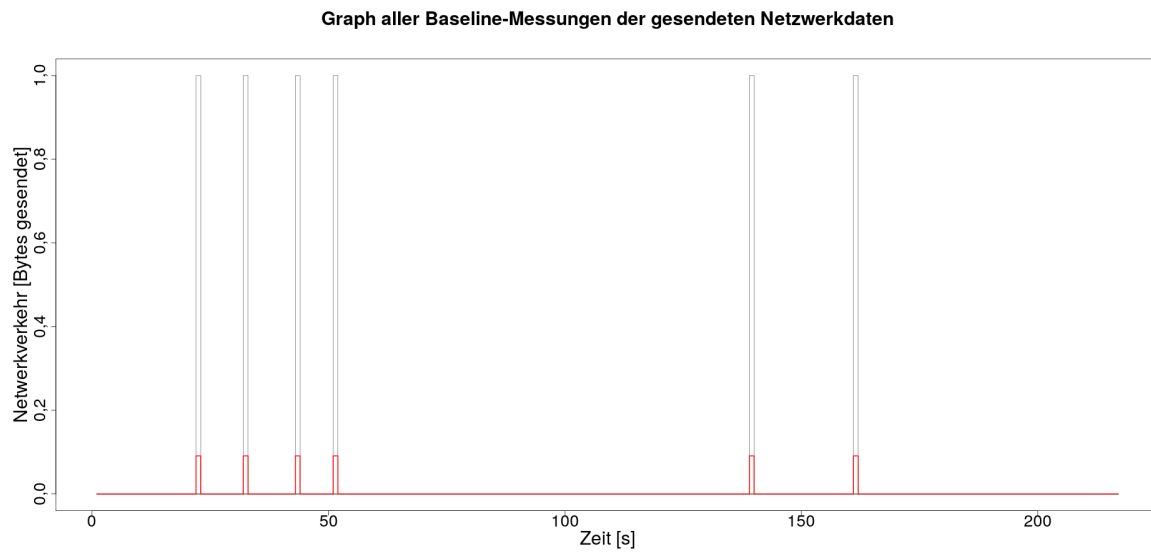


Abbildung 11: Graph der gemittelten Netzwerkaktivität der Baselines (sendend oben, empfangend unten)

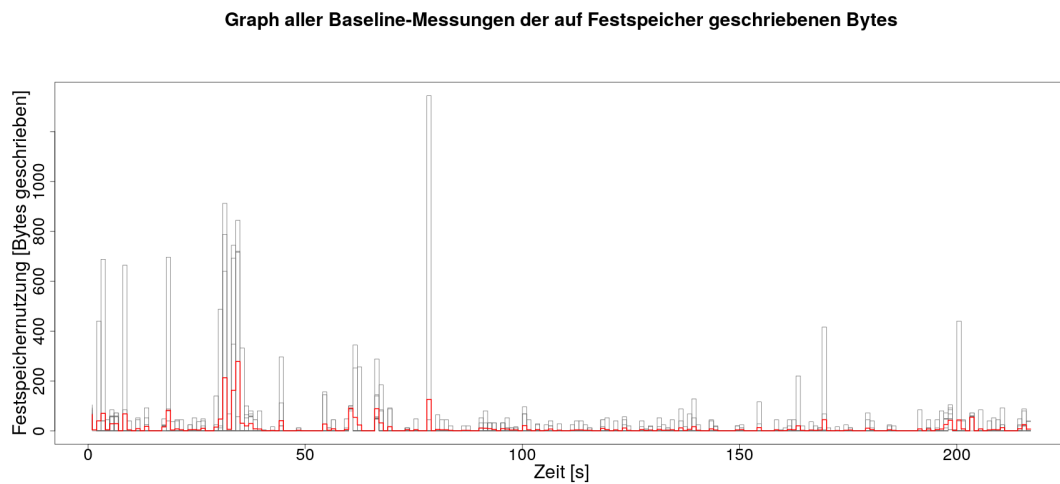
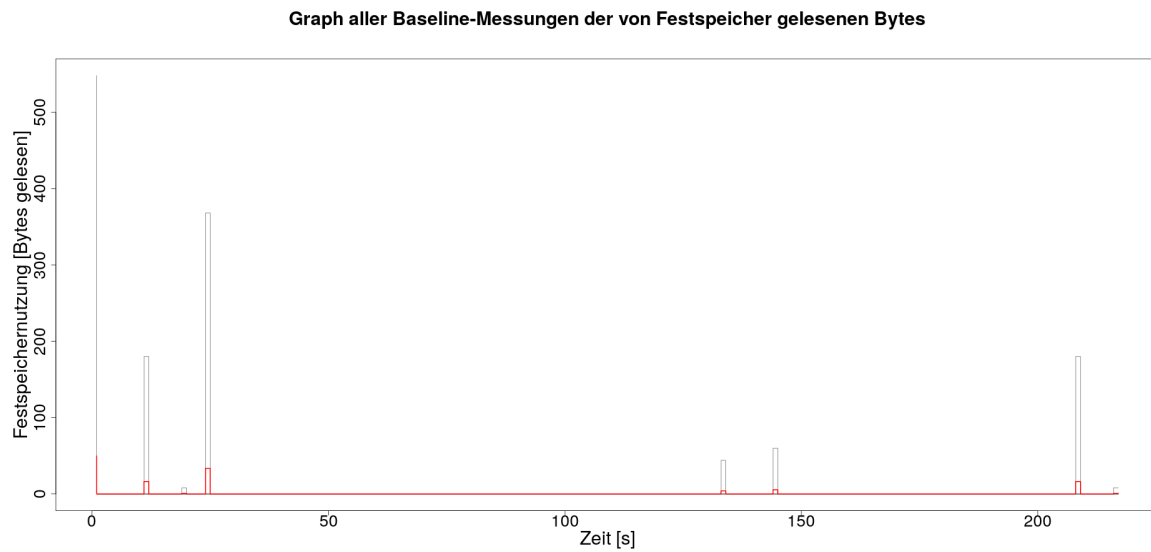


Abbildung 12: Graph der gemittelten Festplattenaktivität der Baselines (lesend oben, schreibend unten)

## Auswertung Baselines

```
## Summary Statistics for performanceBaseline$processorTime:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387 0,11 0,58      0  0  9      9  0

## Summary Statistics for performanceBaseline$ram:
##      n      mean      sd median      min      max range IQR
## 2387 2961726 9687,17 2957500 2952564 3023416 70852 10592

## Summary Statistics for performanceBaseline$networkSent:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387  0 0,05      0  0  1      1  0

## Summary Statistics for performanceBaseline$networkReceived:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387  0 0,05      0  0  1      1  0

## Summary Statistics for performanceBaseline$HDDRead:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 2387 0,58 14,55      0  0 548  548  0

## Summary Statistics for performanceBaseline$HDDWritten:
##      n mean   sd median min  max range IQR
## 2387 11,37 65,99      0  0 1344  1344  0

## Summary Statistics for performanceBaseline$Swap:
## Warning in min(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für min;
## gebe Inf zurück
## Warning in max(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für max;
## gebe -Inf zurück
##      n mean sd median min  max range IQR
##      0 NaN NA      NA Inf -Inf -Inf  NA
```

## Auswertung Lastdifferenz

```
## Warning in min(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für min;
## gebe Inf zurück
## Warning in max(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für max;
## gebe -Inf zurück
## Summary Statistics for correctedprocessorMeans
##      n mean   sd median min  max range IQR
## 11 0,17 0,03  0,16 0,15 0,23  0,09 0,01

## Summary Statistics for correctedRamMeans
##      n      mean      sd median      min      max      range IQR
## 11 -1197646 6318,88 -1197007 -1209374 -1182439 26934,75 3018,29

## Summary Statistics for correctedNwSentMeans
##      n mean   sd median min  max range IQR
## 11  0 0,01      0  0 0,03  0,03  0

## Summary Statistics for correctedNwReceivedMeans
```

```
##   n mean   sd median min  max range IQR
##  11 0,01 0,03      0   0 0,11  0,11   0

## Summary Statistics for correctedHddReadMeans

##   n mean   sd median  min    max range IQR
##  11 10,32 31,97  -0,49 -0,51 106,18 106,69 0,46

## Summary Statistics for correctedHddWrittenMeans

##   n mean   sd median  min  max range IQR
##  11  2,97  1,78    2,4 1,05  6,29  5,24 1,39

## Summary Statistics for correctedSwapMeans

## Warning in min(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für min;
## gebe Inf zurück

## Warning in max(x, na.rm = na.rm): kein nicht-fehlendes Argument für max;
## gebe -Inf zurück

##   n mean sd median min  max range IQR
##   0 NaN NA      NA Inf -Inf  -Inf  NA
```

Somit ergibt sich folgende mittlere softwareinduzierte Ressourcennutzung der 11 Messungen:

- **Prozessorauslastung:**  $\bar{x}(Prozessor_{Software}) = \bar{x}(Prozessor_M) - \bar{x}(Prozessor_B)$   
= 0,1705069 Prozent.
- **RAM-Belegung:**  $\bar{x}(RAM_{Software}) = \bar{x}(RAM_M) - \bar{x}(RAM_B)$   
=  $-1,197646 \times 10^6$  Prozent.
- **Netzwerkauslastung (sendend):**  $\bar{x}(Network\_Sent_{Software}) = \bar{x}(Network\_Sent_M) - \bar{x}(Network\_Sent_B)$   
= 0,0033515 Bytes.
- **Netzwerkauslastung (empfangend):**  $\bar{x}(Network\_Received_{Software}) = \bar{x}(Network\_Received_M) - \bar{x}(Network\_Received_B)$   
= 0,0096355 Bytes.
- **Festplattenaktivität (lesend):**  $\bar{x}(HDD\_Read_{Software}) = \bar{x}(HDD\_Read_M) - \bar{x}(HDD\_Read_B)$   
= 10,3158777 Bytes.
- **Festplattenaktivität (schreibend):**  $\bar{x}(HDD\_Written_{Software}) = \bar{x}(HDD\_Written_M) - \bar{x}(HDD\_Written_B)$   
= 2,9710934 Bytes.
- **Belegung der Auslagerungsdatei:**  $\bar{x}(Swap_{Software}) = \bar{x}(Swap_M) - \bar{x}(Swap_B)$   
= NaN Prozent.

## Prozessorauslastung

Abbildung 13 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 14 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.



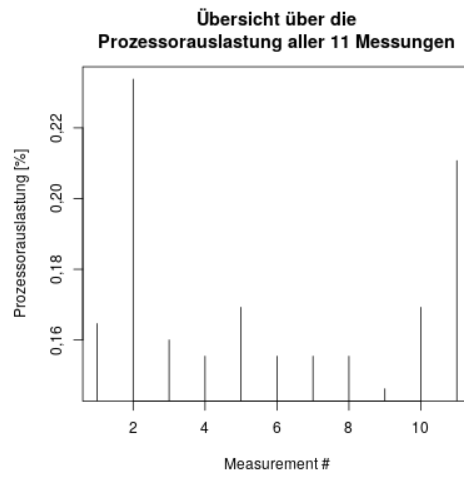


Abbildung 13: Plot der Prozessorauslastung der korrigierten Messungen

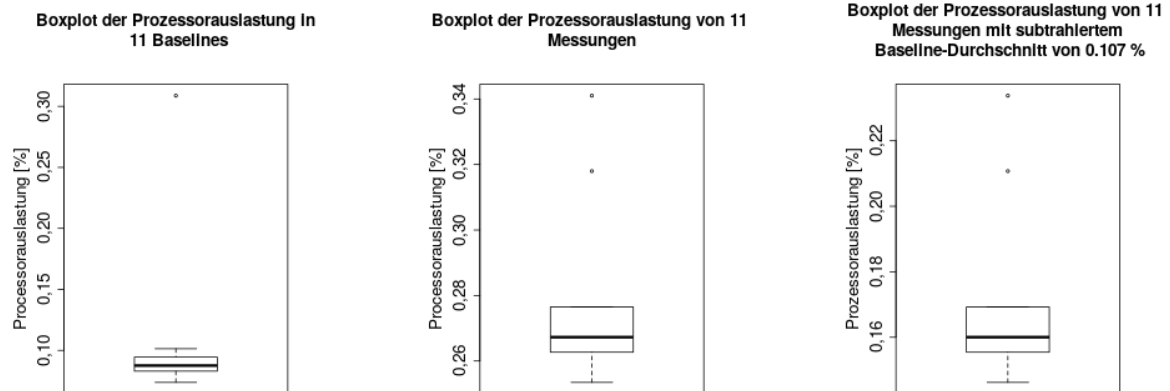


Abbildung 14: Boxplots der Prozessorauslastung der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

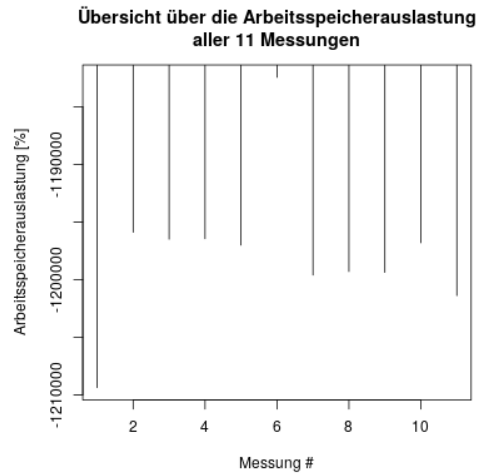
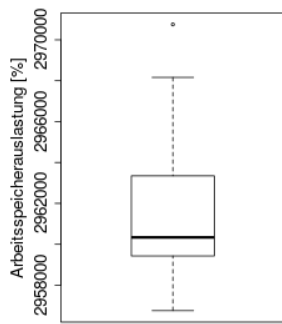


Abbildung 15: Plot der RAM-Belegung der korrigierten Messungen

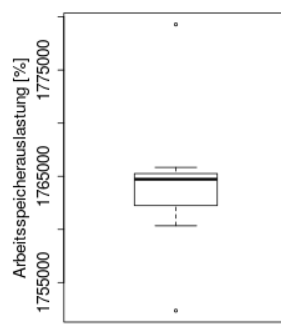
### RAM-Belegung

Abbildung 15 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 16 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

**Boxplot der durchschnittlichen Arbeitsspeicherauslastung in 11 Baselines**



**Boxplot der Arbeitsspeicherauslastung in 11 Messungen**



**Boxplot der Arbeitsspeicherauslastung von 11 Messungen mit subtrahiertem Baseline-Durchschnitt von 2961726.319 %**

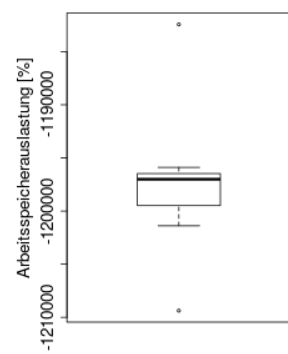


Abbildung 16: Boxplots der RAM-Belegung der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

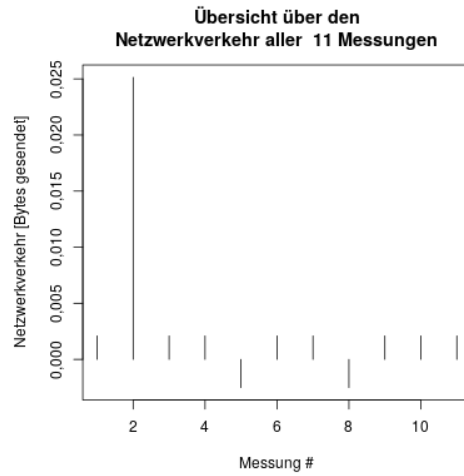


Abbildung 17: Plot der Netzwerkauslastung (sendend) der korrigierten Messungen

### Netzwerkauslastung (sendend)

Abbildung 17 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 18 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

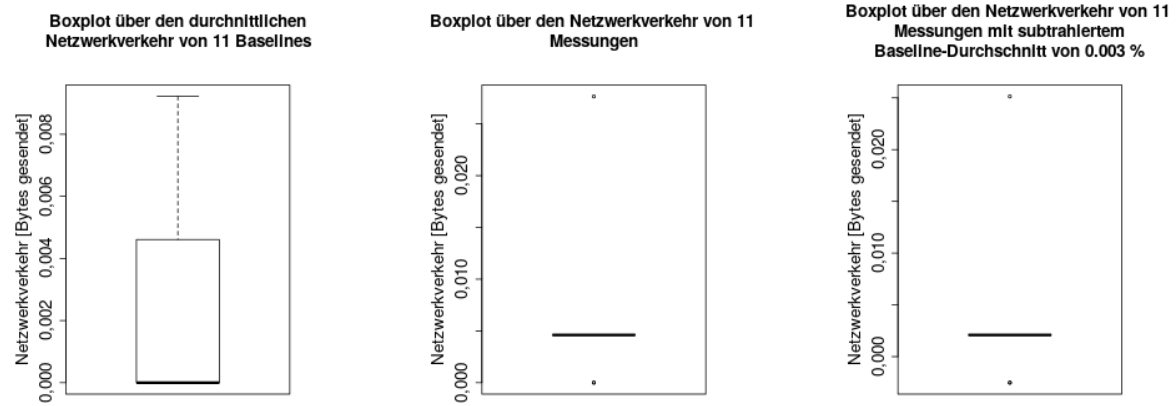


Abbildung 18: Boxplots der Netzwerkauslastung (sendend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

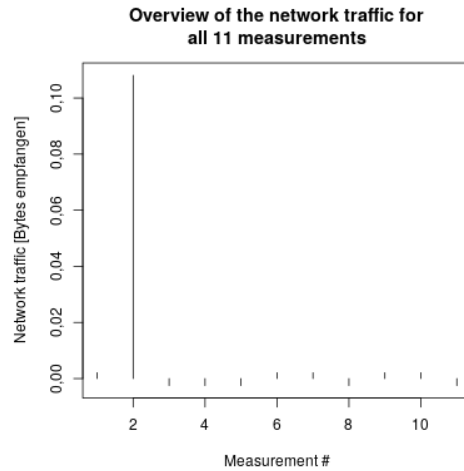


Abbildung 19: Plot der Netzwerkauslastung (empfangend) der korrigierten Messungen

### Netzwerkauslastung (empfangend)

Abbildung 19 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 20 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.



Abbildung 20: Boxplots der Netzerkauslastung (empfangend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

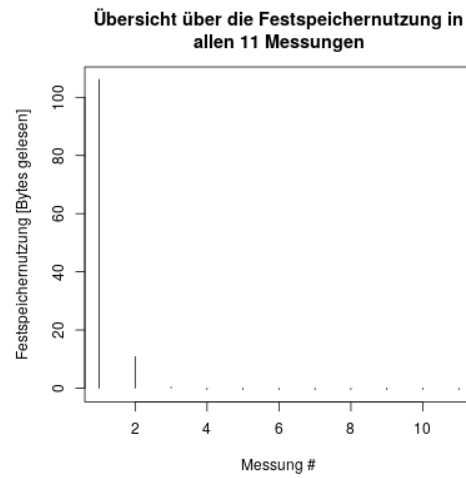


Abbildung 21: Plot der Festplattenaktivität (lesend) der korrigierten Messungen

### Festplattenaktivität (lesend)

Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 22 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.



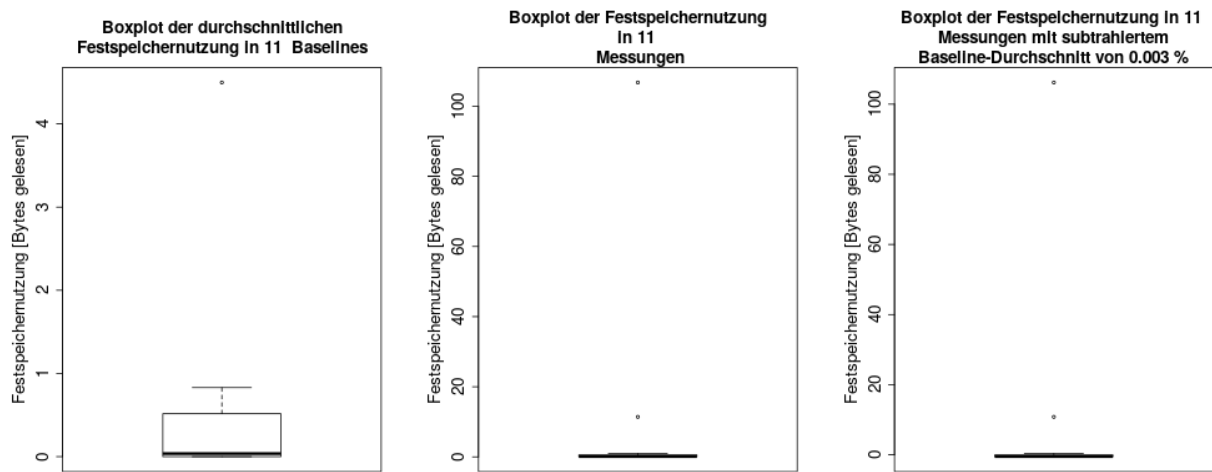


Abbildung 22: Boxplots der Festplattenaktivität (lesend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

**Übersicht über die Festspeichernutzung aller 11 Messungen**

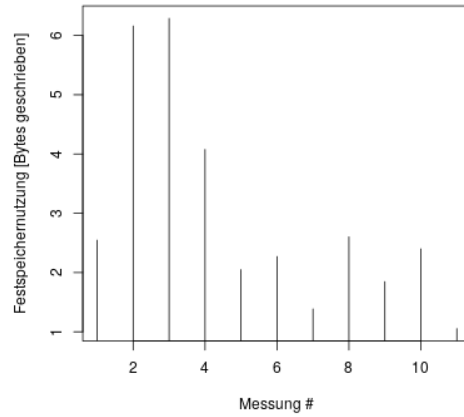


Abbildung 23: Plot der Festplattenaktivität (schreibend) der korrigierten Messungen

### **Festplattenaktivität (schreibend)**

Abbildung 23 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 24 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

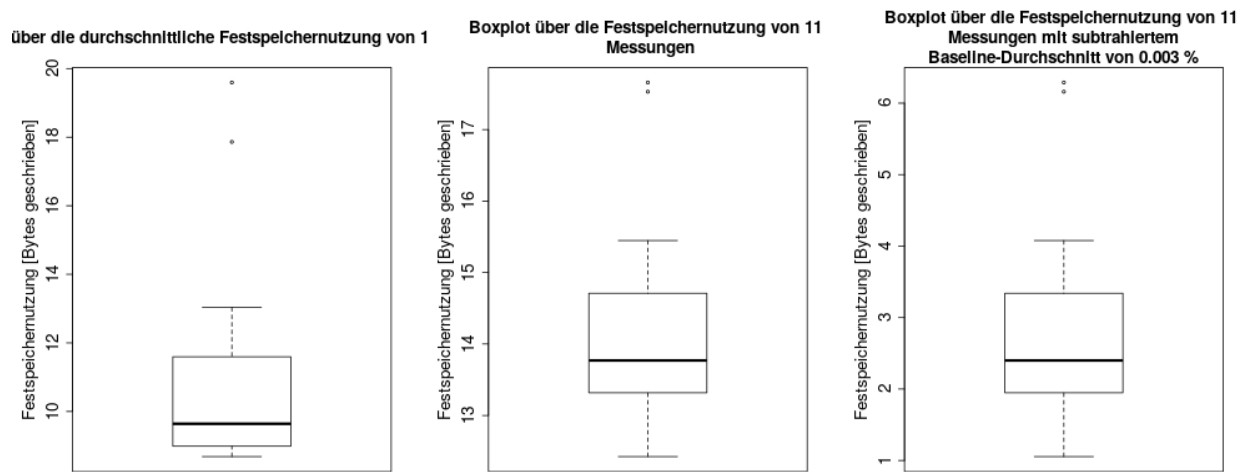


Abbildung 24: Boxplots der Festplattenaktivität (schreibend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)