

# Ressourcenmessung Software KMail

Referenzsystem 2019/2020, 2021-03-15 , durchgeführt von Ina Seiwert

## Einführung und Überblick

Dieser Report enthält die deskriptiven Statistiken der Energie- und Ressourcenverbrauchsmessung “LeerlaufszENARIO KMail KDE 2021-03”. Es wurden  $n_M = 10$  Messdurchläufe und  $n_B = 10$  Baselinedurchläufe ausgewertet.

## Übersicht

Größe	Gemessener Wert (Leerlauf)	Gemessener Wert (Baseline)
Mittlere el. Leistung	4,98 W	5,03 W
Mittlere el. Arbeit	0,59 Wh	0,59 Wh
Mittlere CPU-Auslastung	0,1223529 %	0,14 %
Mittlere RAM-Auslastung	$3,8789751 \times 10^6$ % oder MByte	$2,3624269 \times 10^6$ % oder MByte
Über Netzwerk übertragene Datenmenge	0,0807059 MByte	0 MByte
Permanentspeichernutzung	7,5397647 MByte	0,08 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.

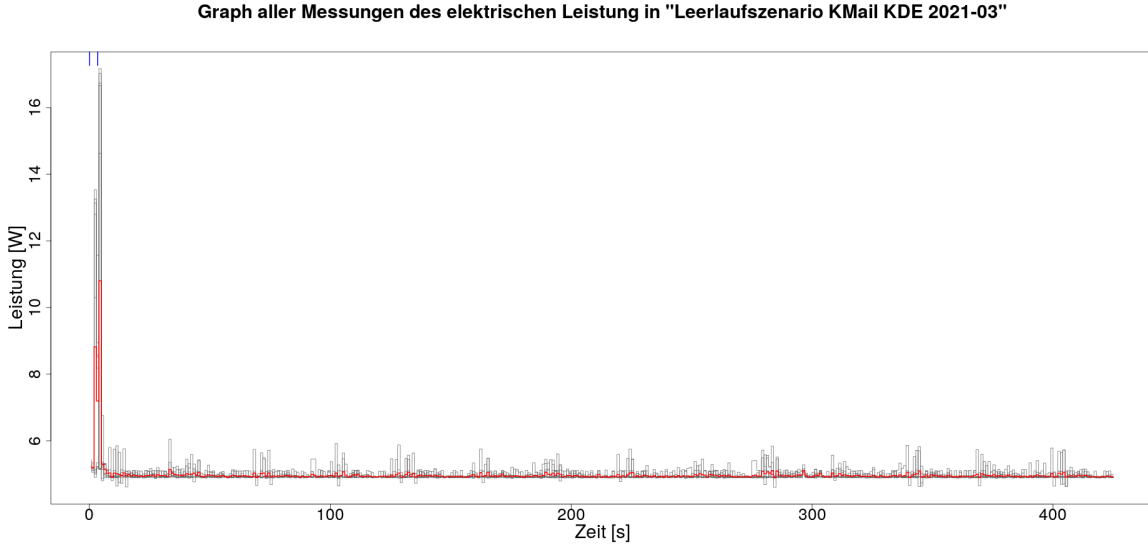


Abbildung 1: Graph der gemittelten Leistungsaufnahme der Messungen des Szenarios

## Auswertung der Energieverbrauchsmessung

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =
## 3): some values will be clipped
```

Abbildung 1 enthält alle Messungen der Leistungsaufnahme des SUT während der Messung des Szenarios. Die Messwerte der  $n_M = 10$  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 425 Sekunden der Messintervalle berechnet. Diese ergibt sich aus  $\bar{s} = \frac{1}{425} \sum s_n$ , mit  $s_n = s_1, s_2, s_3, \dots, s_{425}$

Die mittlere Standardabweichung pro Messpunkt beträgt bei den vorliegenden Energieverbrauchsmessungen also 0,1149826 Watt, bei einem Mittelwert von 4,9803925 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

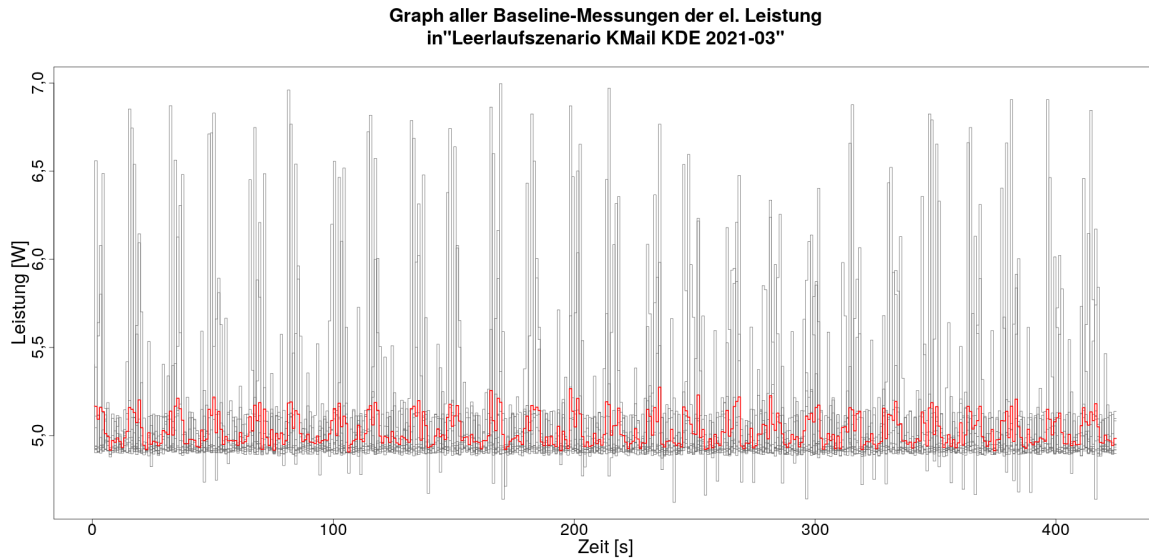


Abbildung 2: Graph der gemittelten Leistungsaufnahme der Baselines

Arbeit der einzelnen Baselines wird anschließend gemittelt. Folgendes Listing zeigt die Ergebnisse:

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

```
##   n mean sd median min  max range IQR
##  10 0,59  0  0,59 0,59 0,59    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
##  10 0,59  0  0,59 0,59 0,59    0  0
```

Schließlich wird der Mittelwert der el. Arbeit der 10 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
```

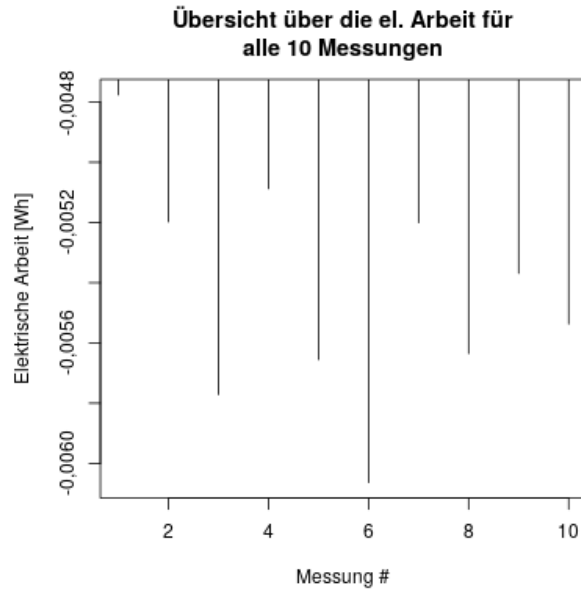


Abbildung 3: Plot der elektrischen Arbeit der korrigierten Messungen

```
##   n mean sd median  min max range IQR
##  10 -0,01  0  -0,01 -0,01  0     0  0
```

Somit ergibt sich eine mittlere el. Arbeit der 10 Messungen von  $\bar{x}(W_{Software}) = \bar{x}(W_M) - \bar{x}(W_B) = -0,0054294$  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>.

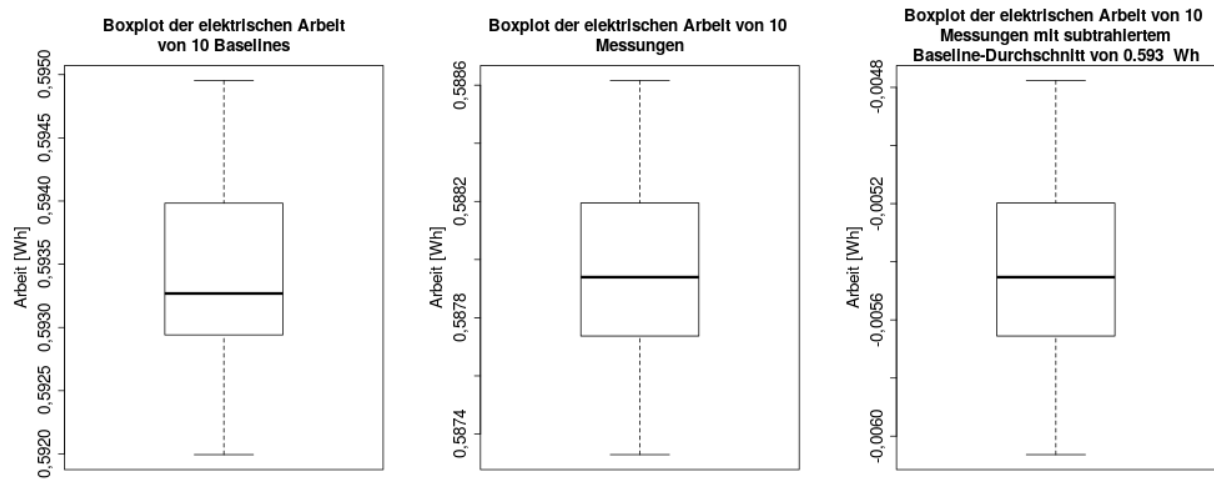


Abbildung 4: Boxplots der elektrischen Arbeit der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

## 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 9 die jeweils alle Messungen der Ressourcenbelegung, bzw. -verbrauchs des SUT während der Messung des Szenarios enthalten. Die Messwerte der  $n_M = 10$  Wiederholungen sind in grau dargestellt. Aus den Messungen wurde für jede Sekunde ein Durchschnittswert gebildet (rote Linie).

Daran schließen sich die entsprechenden Abbildungen 10 bis ?? die jeweils alle Baselines der Ressourcenbelegung, bzw. -verbrauchs des SUT enthalten. Sie sind ebenso formatiert.

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =  
## 3): some values will be clipped
```

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =  
## 3): some values will be clipped
```

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =  
## 3): some values will be clipped
```

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =  
## 3): some values will be clipped
```

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =  
## 3): some values will be clipped
```

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =  
## 3): some values will be clipped
```

```
## Warning in rug(markerFirstMeasurement$second, col = "blue", lwd = 2, side =  
## 3): some values will be clipped
```

## Graphen der Messungen

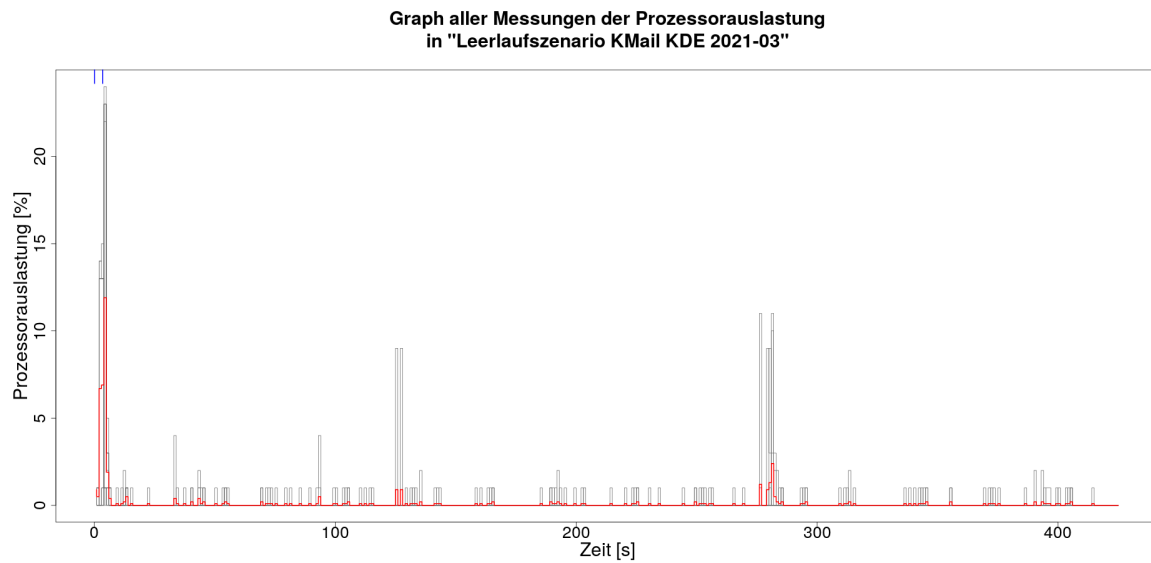


Abbildung 5: Graph der gemittelten Prozessorauslastung der Messungen des Szenarios

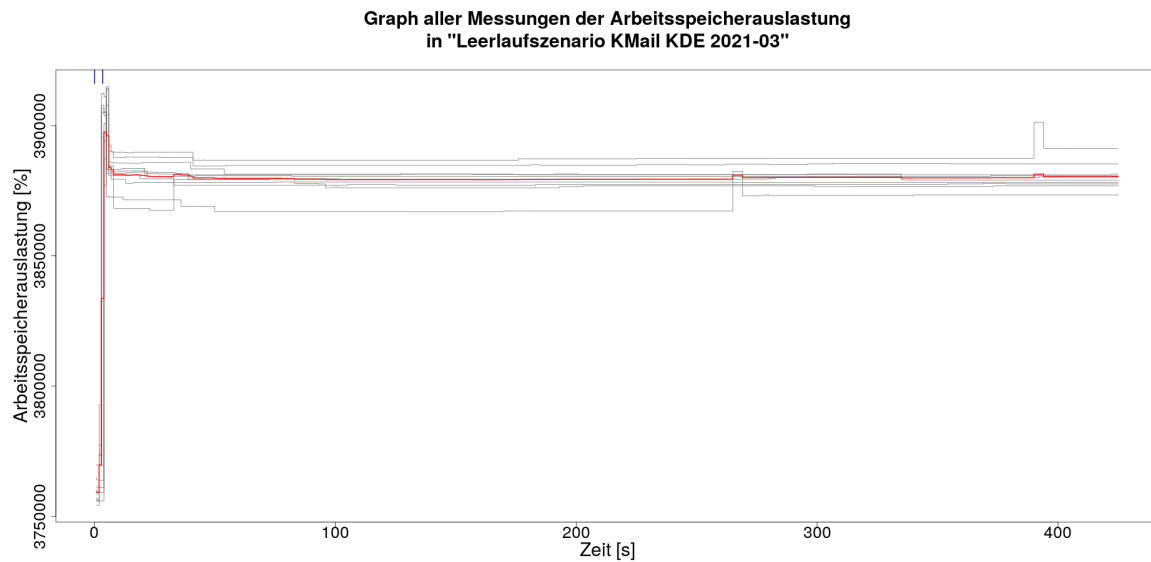


Abbildung 6: Graph der gemittelten RAM-Belegung der Messungen des Szenarios



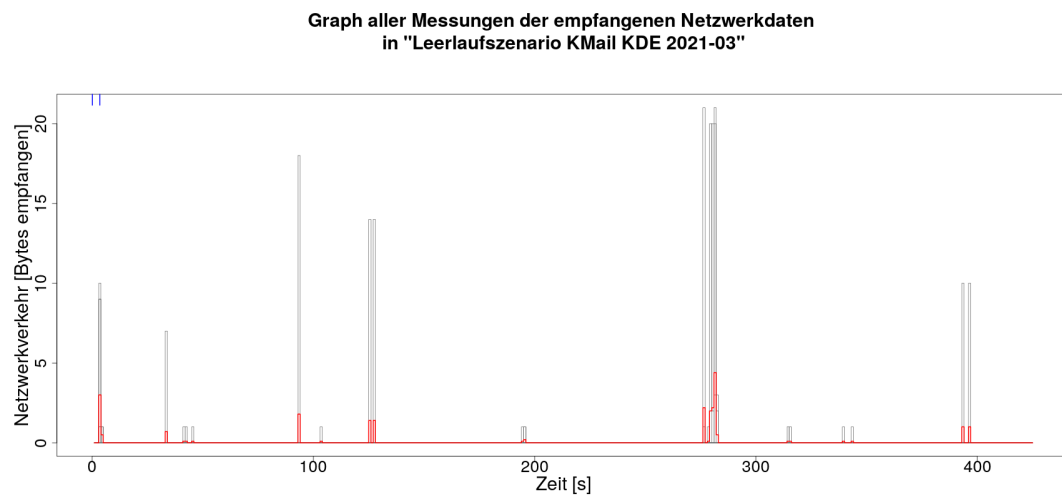
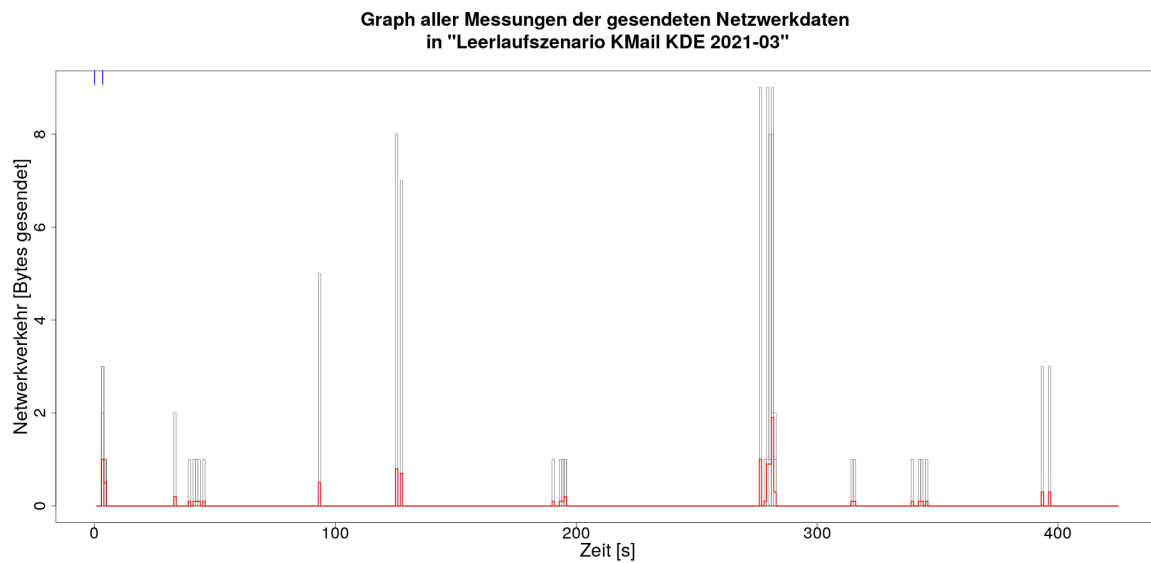


Abbildung 7: Graph der gemittelten Netzwerkaktivität der Messungen des Szenarios (sendend oben, empfangend unten)

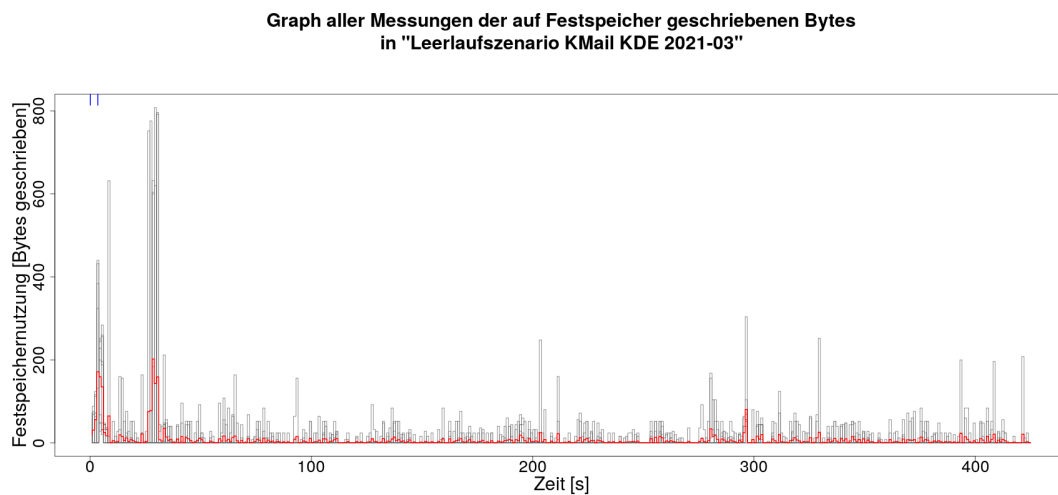
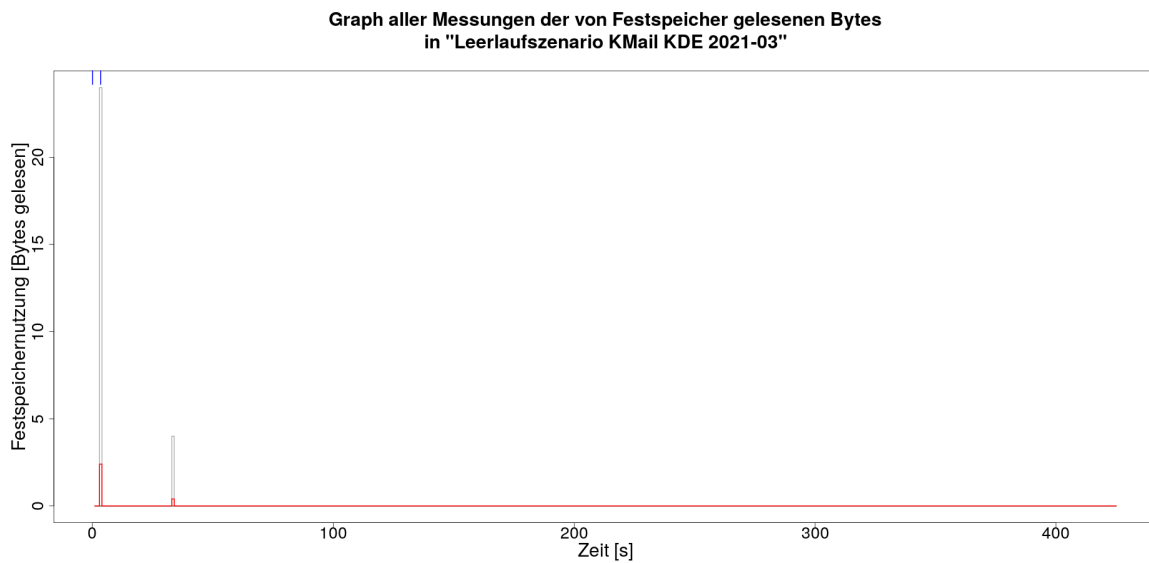


Abbildung 8: Graph der gemittelten Festplattenaktivität der Messungen des Szenarios (lesend oben, schreibend unten)

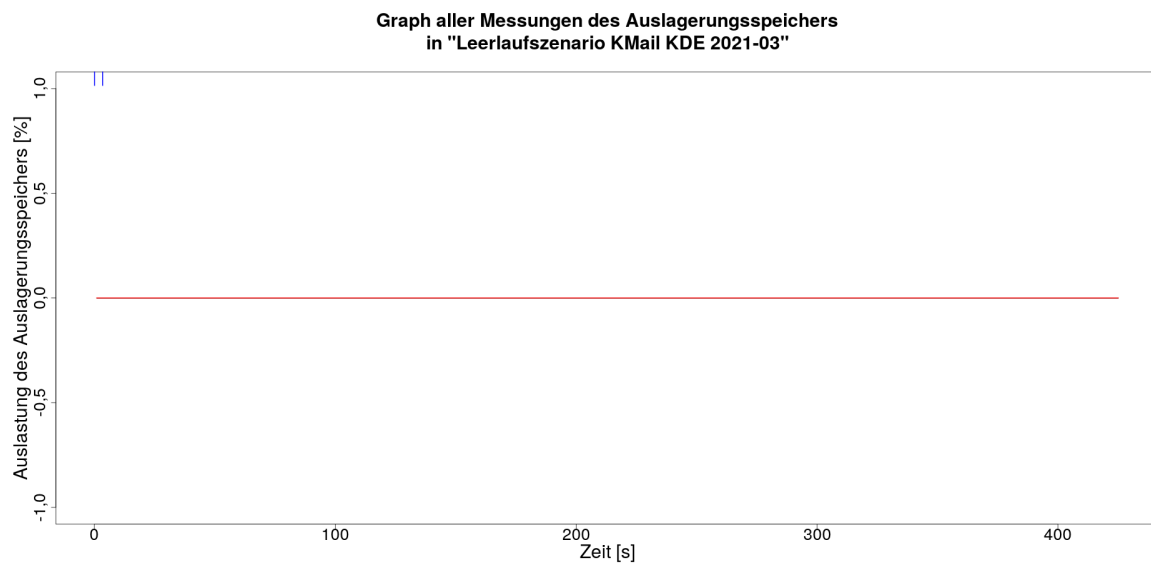


Abbildung 9: Graph der gemittelten Belegung der Auslagerungsdatei der Messungen des Szenarios

## 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
##  4250 0,12 1,12      0   0  24   24   0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$ram:
##      n   mean      sd  median    min    max  range IQR
##  4250 3878975 11807,25 3880044 3754220 3914968 160748 3984

## Summary Statistics for performanceMeasurement$networkSent:
##      n mean   sd median min max range IQR
##  4250 0,03 0,37      0   0   9    9   0

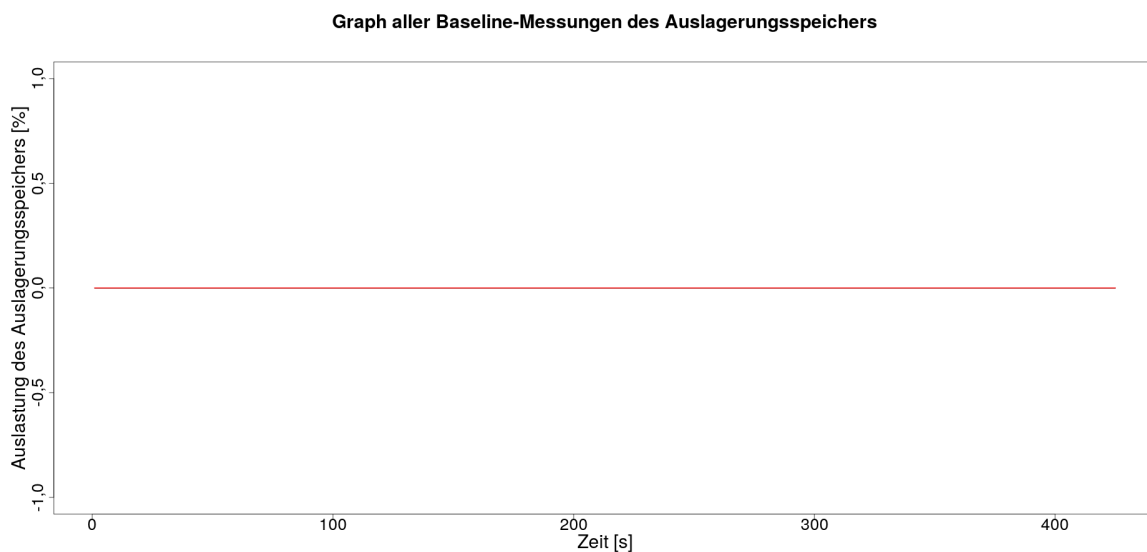
## Summary Statistics for performanceMeasurement$networkReceived:
##      n mean   sd median min max range IQR
##  4250 0,05 0,89      0   0  21   21   0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$HDDRead:
##      n mean   sd median min max range IQR
##  4250 0,01 0,37      0   0  24   24   0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$HDDWritten:
##      n mean   sd median min max range IQR
##  4250 7,53 41,99      0   0 808   808   0

## Summary Statistics for performanceMeasurement$Swap:
##      n mean sd median min max range IQR
##  4250    0  0      0   0   0    0   0
```

## Graphen der Baseline



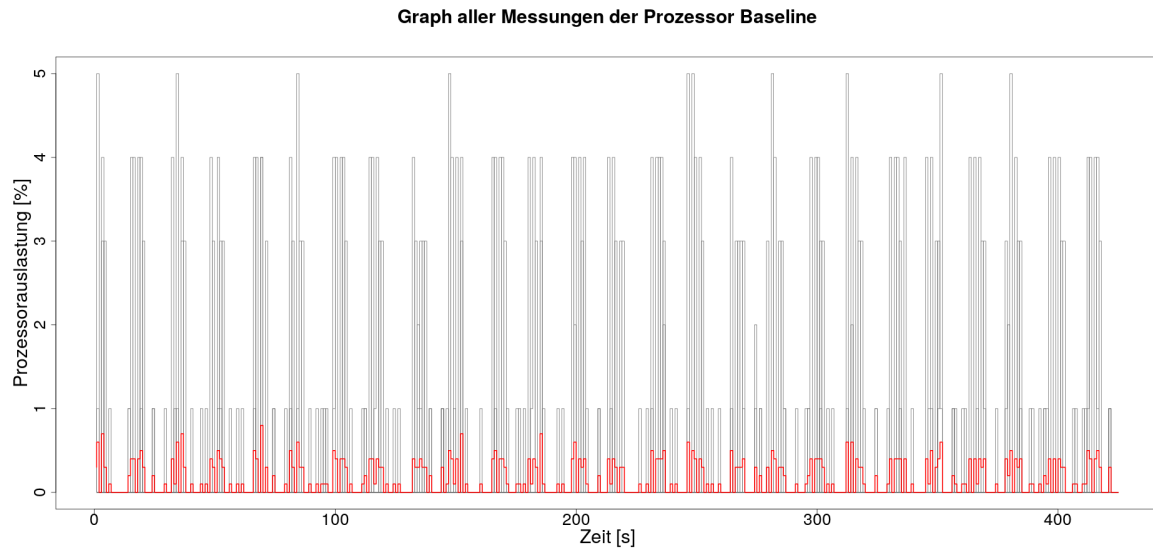


Abbildung 10: Graph der gemittelten Prozessorauslastung der Baselines

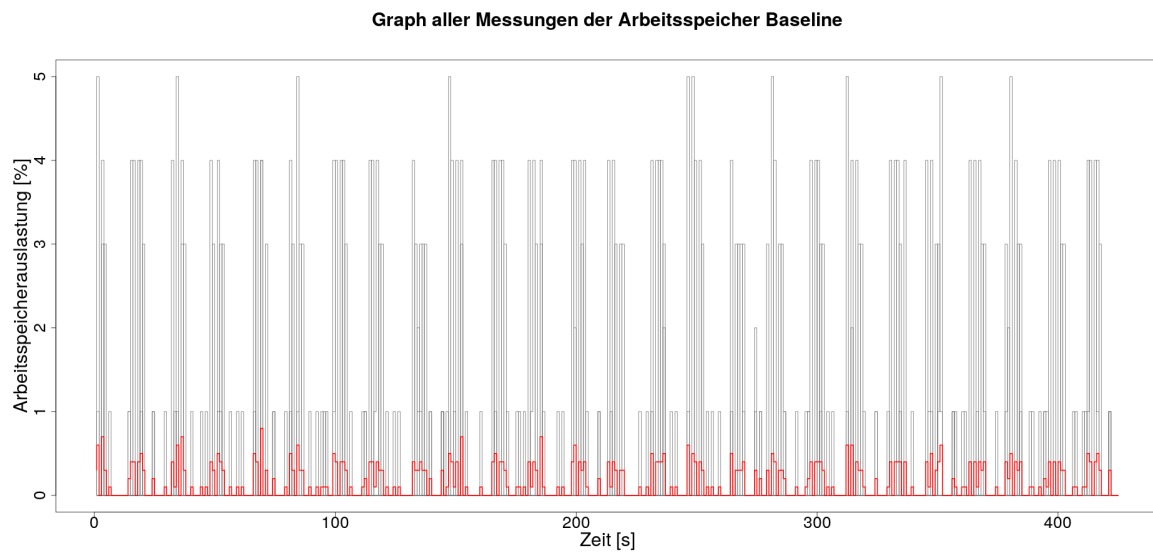


Abbildung 11: Graph der gemittelten RAM-Belegung der Baselines

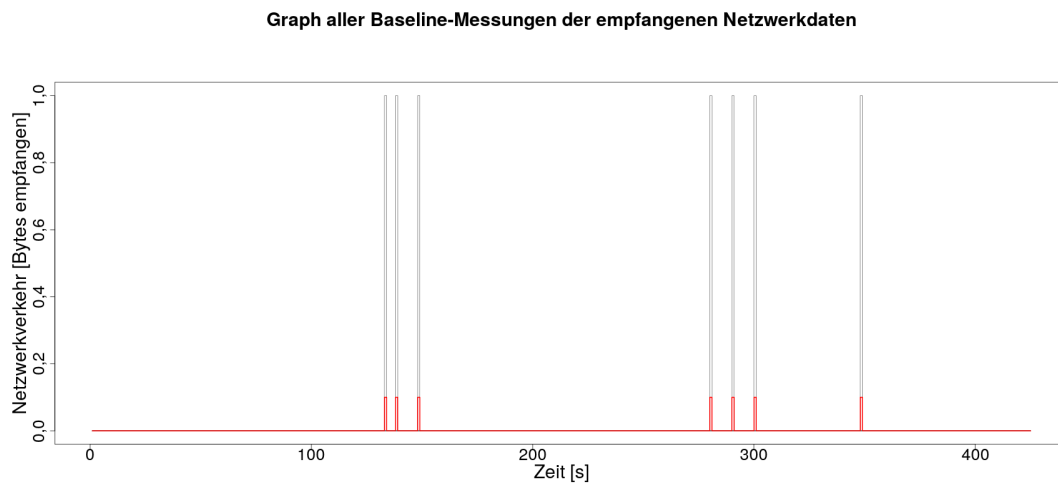
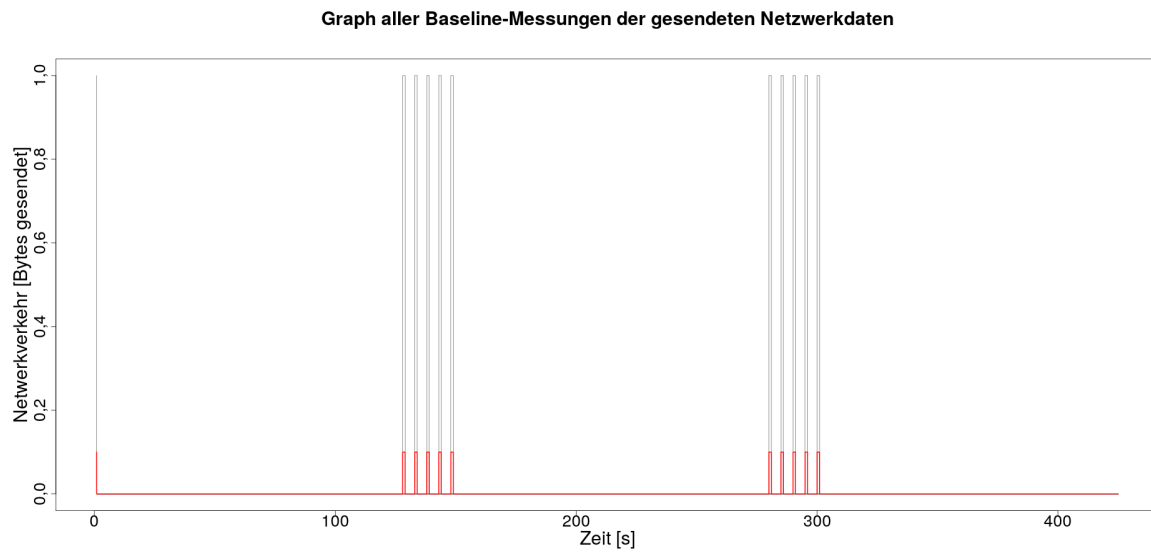


Abbildung 12: Graph der gemittelten Netzwerkaktivität der Baselines (sendend oben, empfangend unten)

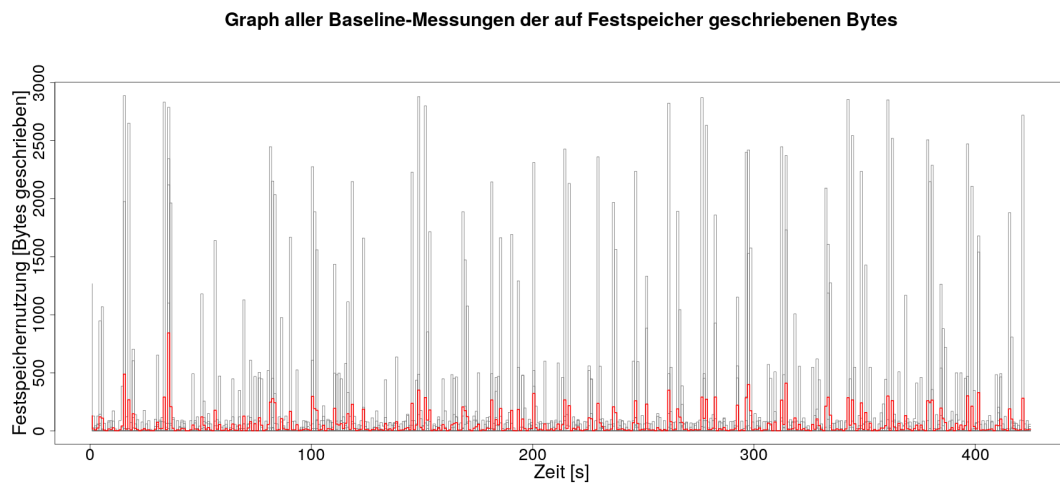
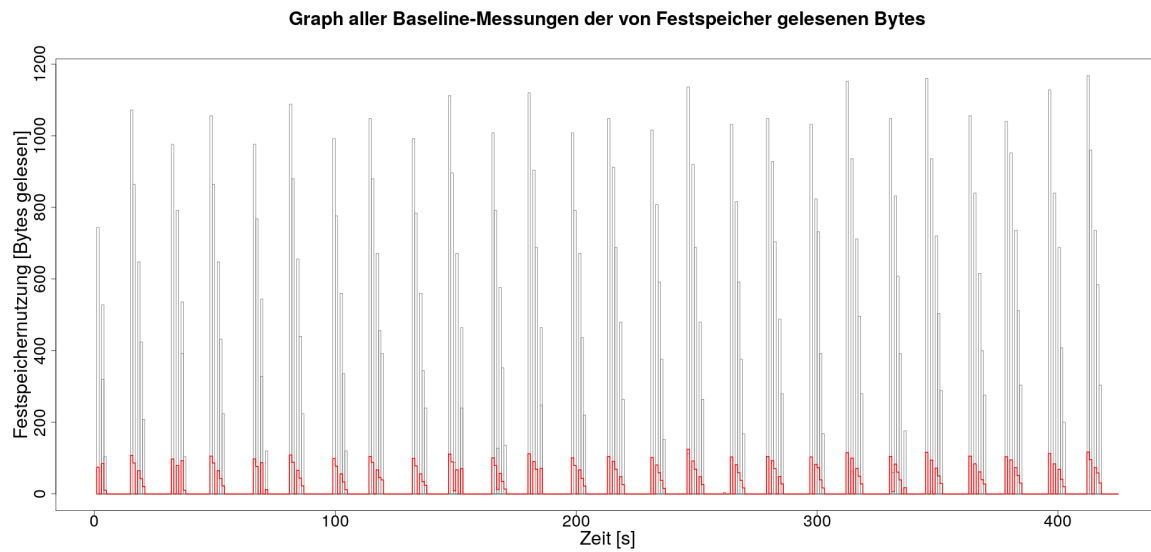


Abbildung 13: Graph der gemittelten Festplattenaktivität der Baselines (lesend oben, schreibend unten)

## Auswertung Baselines

```
## Summary Statistics for performanceBaseline$processorTime:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 4250 0,14 0,66      0   0   5     5   0

## Summary Statistics for performanceBaseline$ram:
##      n   mean      sd  median    min      max range  IQR
## 4250 2362427 15277,23 2363084 2326820 2392844 66024 24220

## Summary Statistics for performanceBaseline$networkSent:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 4250   0 0,05      0   0   1     1   0

## Summary Statistics for performanceBaseline$networkReceived:
##      n mean   sd median min max range IQR
## 4250   0 0,04      0   0   1     1   0

## Summary Statistics for performanceBaseline$HDDRead:
##      n mean      sd median min  max range IQR
## 4250 19,47 121,66      0   0 1168 1168   0

## Summary Statistics for performanceBaseline$HDDWritten:
##      n mean      sd median min  max range IQR
## 4250 58,32 286,19      0   0 2888 2888   0

## Summary Statistics for performanceBaseline$Swap:
##      n mean sd median min max range IQR
## 4250   0 0      0   0   0     0   0
```

## Auswertung Lastdifferenz

```
## Summary Statistics for correctedprocessorMeans
##      n mean   sd median  min max range IQR
## 10 -0,02 0,01  -0,02 -0,04   0 0,04 0,01

## Summary Statistics for correctedRamMeans
##      n   mean      sd median    min      max      range  IQR
## 10 1516548 4764,6 1516989 1506864 1524335 17471,03 3466,91

## Summary Statistics for correctedNwSentMeans
##      n mean   sd median  min  max range IQR
## 10 0,02 0,01   0,03 0,01 0,03 0,02   0

## Summary Statistics for correctedNwReceivedMeans
##      n mean   sd median  min  max range IQR
## 10 0,05 0,02   0,06 0,02 0,09 0,06 0,01

## Summary Statistics for correctedHddReadMeans
##      n   mean   sd median    min      max range IQR
## 10 -19,47 0,02 -19,47 -19,47 -19,41 0,07   0

## Summary Statistics for correctedHddWrittenMeans
##      n   mean   sd median    min      max range IQR
## 10 -50,79 0,67 -51,01 -51,46 -49,19 2,27 0,71
```



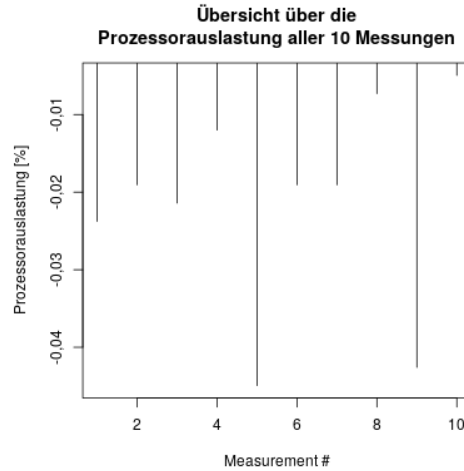


Abbildung 14: Plot der Prozessorauslastung der korrigierten Messungen

```
## Summary Statistics for correctedSwapMeans
##  n mean sd median min max range IQR
## 10  0  0      0  0  0  0  0  0
```

Somit ergibt sich folgende mittlere softwareinduzierte Ressourcennutzung der 10 Messungen:

- **Prozessorauslastung:**  $\bar{x}(Prozessor_{Software}) = \bar{x}(Prozessor_M) - \bar{x}(Prozessor_B)$   
 $= -0,0214118$  Prozent.
- **RAM-Belegung:**  $\bar{x}(RAM_{Software}) = \bar{x}(RAM_M) - \bar{x}(RAM_B)$   
 $= 1,5165482 \times 10^6$  Prozent.
- **Netzwerkauslastung (sendend):**  $\bar{x}(Network\_Sent_{Software}) = \bar{x}(Network\_Sent_M) - \bar{x}(Network\_Sent_B)$   
 $= 0,0232941$  Bytes.
- **Netzwerkauslastung (empfangend):**  $\bar{x}(Network\_Received_{Software}) = \bar{x}(Network\_Received_M) - \bar{x}(Network\_Received_B)$   
 $= 0,0531765$  Bytes.
- **Festplattenaktivität (lesend):**  $\bar{x}(HDD\_Read_{Software}) = \bar{x}(HDD\_Read_M) - \bar{x}(HDD\_Read_B)$   
 $= -19,4682353$  Bytes.
- **Festplattenaktivität (schreibend):**  $\bar{x}(HDD\_Written_{Software}) = \bar{x}(HDD\_Written_M) - \bar{x}(HDD\_Written_B)$   
 $= -50,7868235$  Bytes.
- **Belegung der Auslagerungsdatei:**  $\bar{x}(Swap_{Software}) = \bar{x}(Swap_M) - \bar{x}(Swap_B)$   
 $= 0$  Prozent.

## Prozessorauslastung

Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 15 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

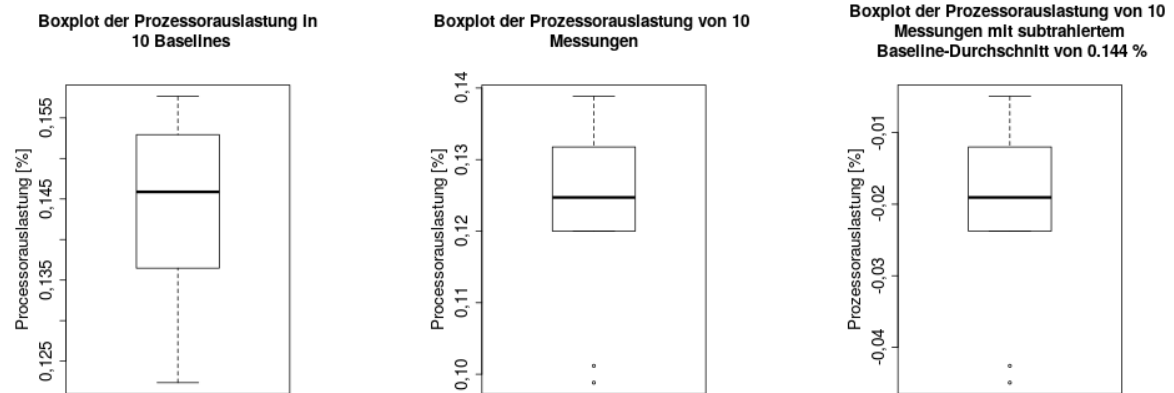


Abbildung 15: Boxplots der Prozessorauslastung der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

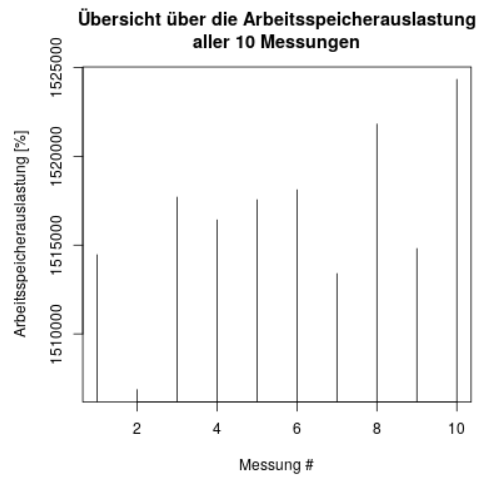
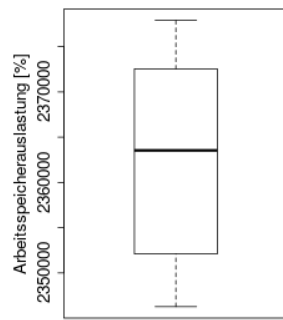


Abbildung 16: Plot der RAM-Belegung der korrigierten Messungen

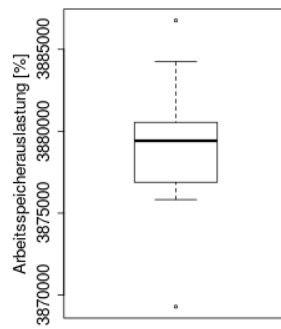
### RAM-Belegung

Abbildung 16 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 17 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

**Boxplot der durchschnittlichen Arbeitsspeicherauslastung in 10 Baselines**



**Boxplot der Arbeitsspeicherauslastung in 10 Messungen**



**Boxplot der Arbeitsspeicherauslastung von 10 Messungen mit subtrahiertem Baseline-Durchschnitt von 2362426.909 %**

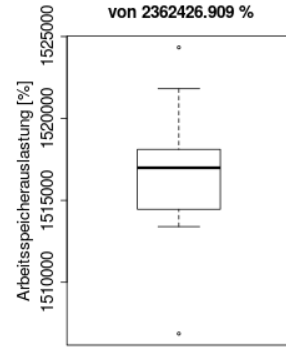


Abbildung 17: Boxplots der RAM-Belegung der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

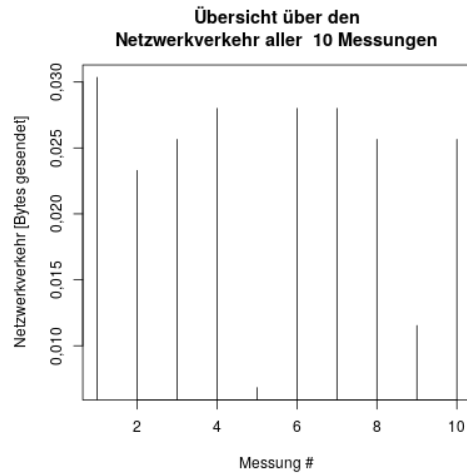


Abbildung 18: Plot der Netzwerkauslastung (sendend) der korrigierten Messungen

### Netzwerkauslastung (sendend)

Abbildung 18 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 19 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

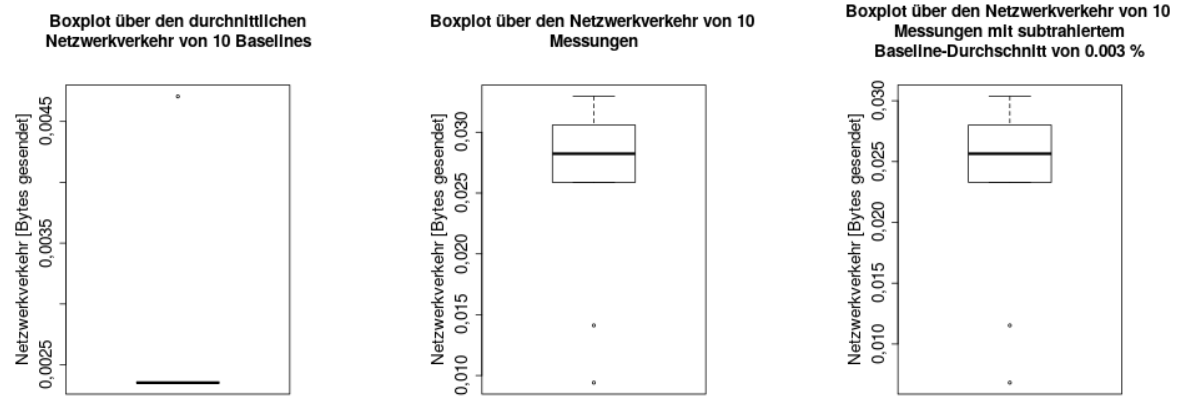


Abbildung 19: Boxplots der Netzwerkauslastung (sendend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

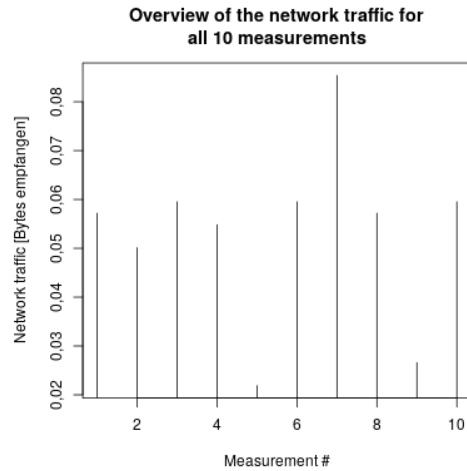


Abbildung 20: Plot der Netzwerkauslastung (empfangend) der korrigierten Messungen

### Netzwerkauslastung (empfangend)

Abbildung 20 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 21 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.



Abbildung 21: Boxplots der Netzerkauslastung (empfangend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)



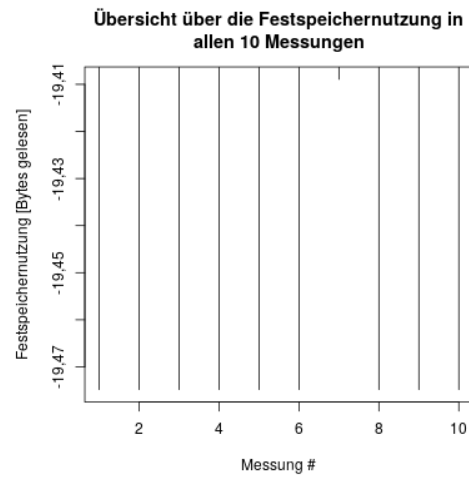


Abbildung 22: Plot der Festplattenaktivität (lesend) der korrigierten Messungen

### Festplattenaktivität (lesend)

Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 23 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

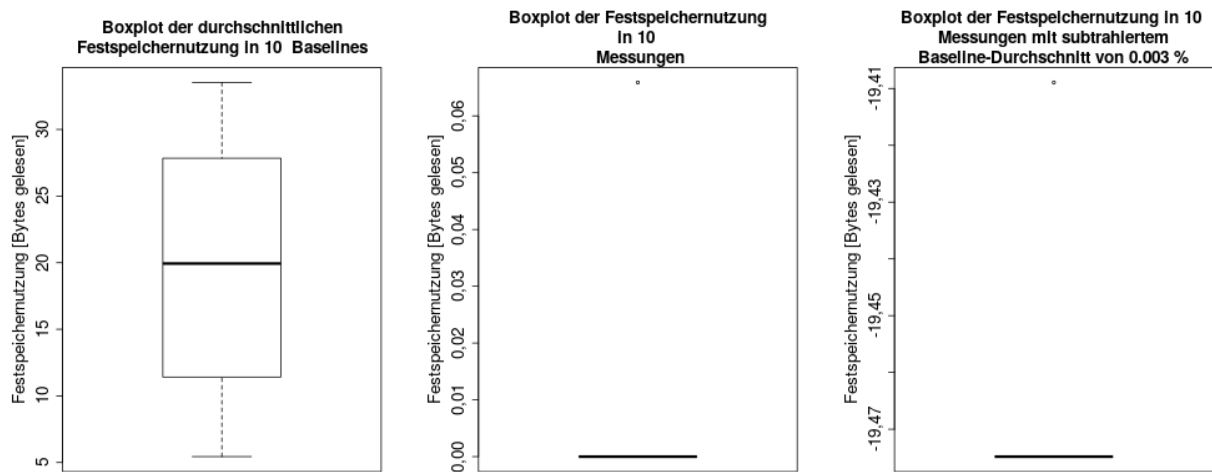


Abbildung 23: Boxplots der Festplattenaktivität (lesend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)

**Übersicht über die Festspeichernutzung aller 10 Messungen**

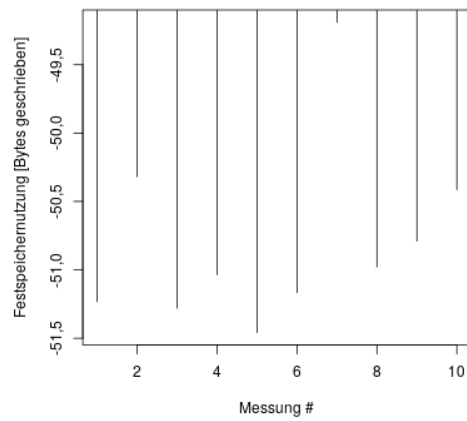


Abbildung 24: Plot der Festplattenaktivität (schreibend) der korrigierten Messungen

### **Festplattenaktivität (schreibend)**

Abbildung 24 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 25 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

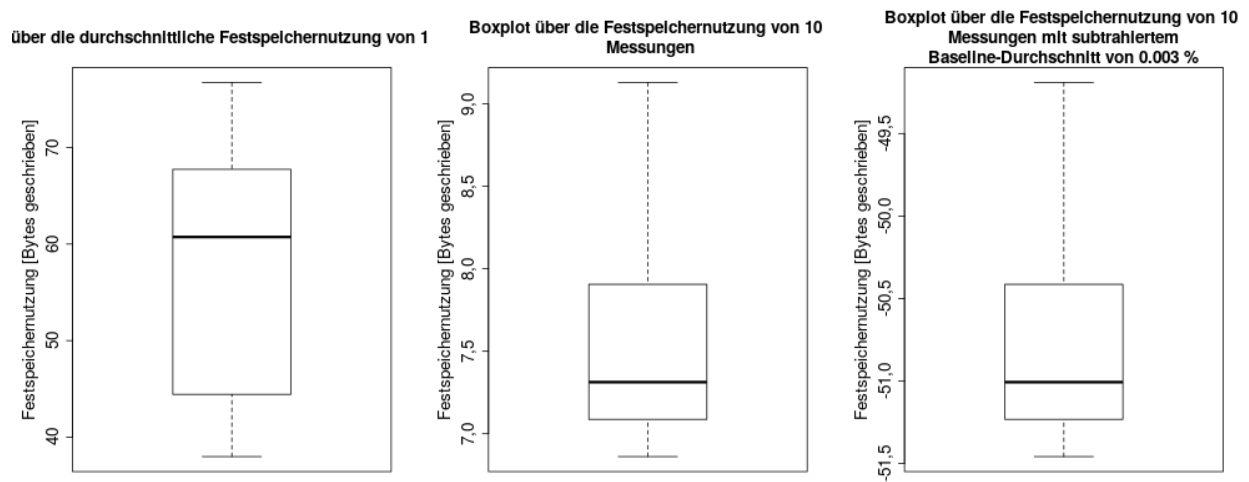


Abbildung 25: Boxplots der Festplattenaktivität (schreibend) der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)



Abbildung 26: Plot der Belegung der Auslagerungsdatei der korrigierten Messungen

### Belegung der Auslagerungsdatei

Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse der Einzelmessungen und Abbildung 27 zeigt die zur Berechnung gehörigen Boxplots.

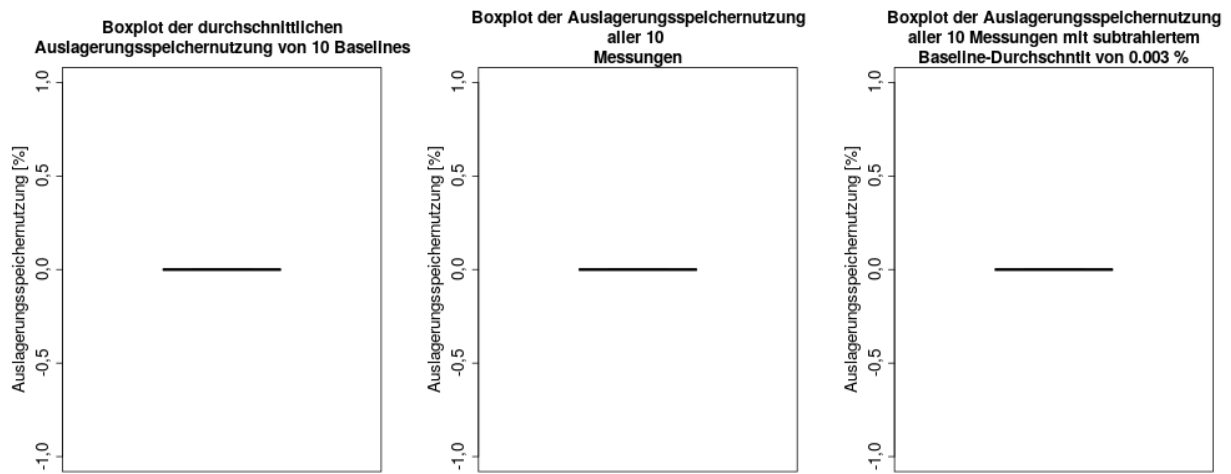


Abbildung 27: Boxplots der Belegung der Auslagerungsdatei der Baseline (l), Messungen (m) und korrigierten Messungen (r)