


Judith Greif

## Untersuchung des Skalierungsverhaltens eines Raspberry Pi-Clusters unter Verwendung von HPC-Benchmarks

- Abschlussvortrag zur Bachelorarbeit
- Aufgabensteller: Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller
- Betreuer: Dr. Nils Gentschen Felde, Christian Straube
- Datum des Vortrags: 10. Juli 2014


- Vorstellung
- **Titel erklären:** „Was mache ich in meiner Arbeit?“
  1. Raspberry Pi
  2. Raspberry Pi-Cluster




LUDWIG-  
MAXIMILIANS-  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

## I. Grundlagen

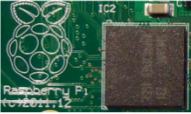
MNM  
TEAM  
MUNICH NETWORK MANAGEMENT TEAM



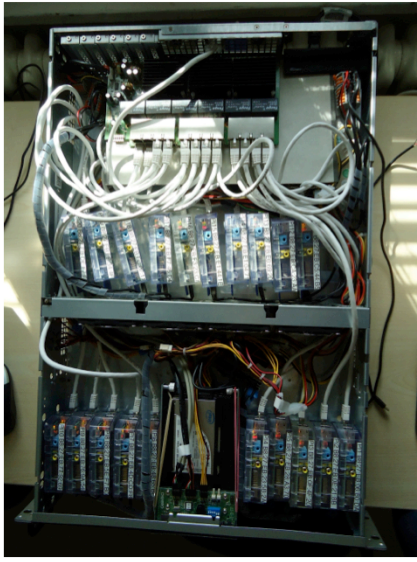
**Raspberry Pi**



SoC: CPU, GPU, RAM



**Bildnachweise:**  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)  
<http://www.energenie.com>  
<http://www.netlib.org/benchmark/hpl/>  
<http://www.campuslabs.com>




**Raspberry Pi-Cluster**


**Skalierungsverhalten**

**HPC-Benchmarks**


CPU-Performance:  
HPL

 Innovative Computing Laboratory  
UNIVERSITY OF TENNESSEE  
COMPUTER SCIENCE DEPARTMENT

Durchsatz  
Hauptspeichierzugriffe:  
STREAM



Stromverbrauch



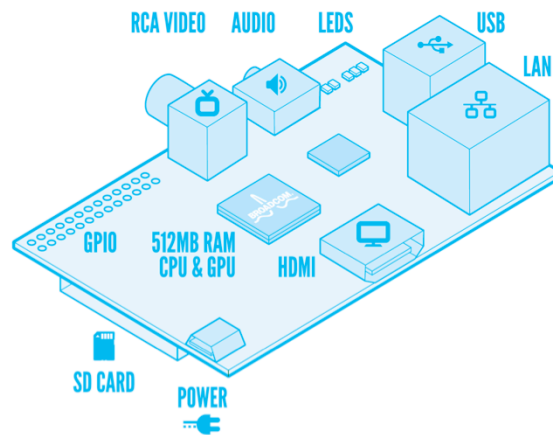
Untersuchung des Skalierungsverhaltens eines Raspberry Pi-Clusters unter Verwendung von HPC-Benchmarks

2

## 1. Raspberry Pi

- Mini-Computer (Kreditkartengröße)
- Entwicklung seit 2009 durch die Raspberry Pi Foundation
- Aktuell: Modell B, im Juni 2014 über 3 Mio. Mal verkauft

## RASPBERRY PI MODEL B



Bildnachweis: <http://www.raspberrypi.org/>

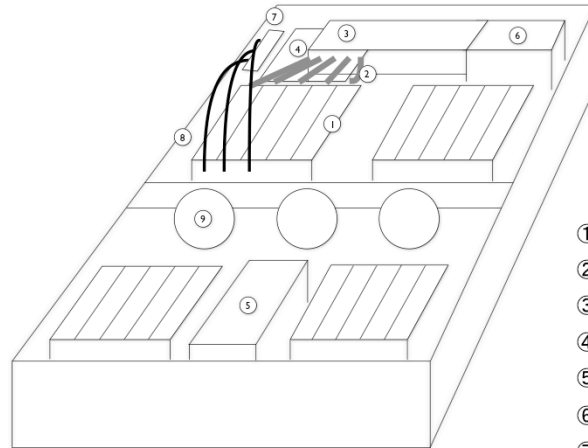
Raspberry Pi: Aufbau

Untersuchung des Skalierungsverhaltens eines Raspberry Pi-Clusters unter Verwendung von HPC-Benchmarks

3

### 1. Raspberry Pi

- **CPU:** ARM116JZF-S (Taktfrequenz 700 MHz)
- **GPU:** Broadcom VideoCore IV
- **Arbeitsspeicher:** 512 MB SDRAM



- ① 20 Raspberry Pis
- ② 20 Ethernet-Kabel
- ③ Switch
- ④ Mainboard
- ⑤ Festplatten
- ⑥ Netzteil
- ⑦ Verteiler
- ⑧ 20 Micro-USB-Kabel
- ⑨ Kühlgebläse

Bramble: Aufbau

Untersuchung des Skalierungsverhaltens eines Raspberry Pi-Clusters unter Verwendung von HPC-Benchmarks

4

## 2. Bramble

- 20 Raspberry Pi Modell B-Einzelrechner (1)
- Verbindung über Ethernet-Kabel und 24 Port Gigabit-Switch (2, 3)
- Server: Mini-ITX-Mainboard mit x86-Prozessor (4), 4 Festplatten (5)

**1. Was wird gemessen?**

- a) CPU-Performance
- b) Durchsatz HS-Zugriffe
- c) Stromverbrauch

**2. Womit wird gemessen?**

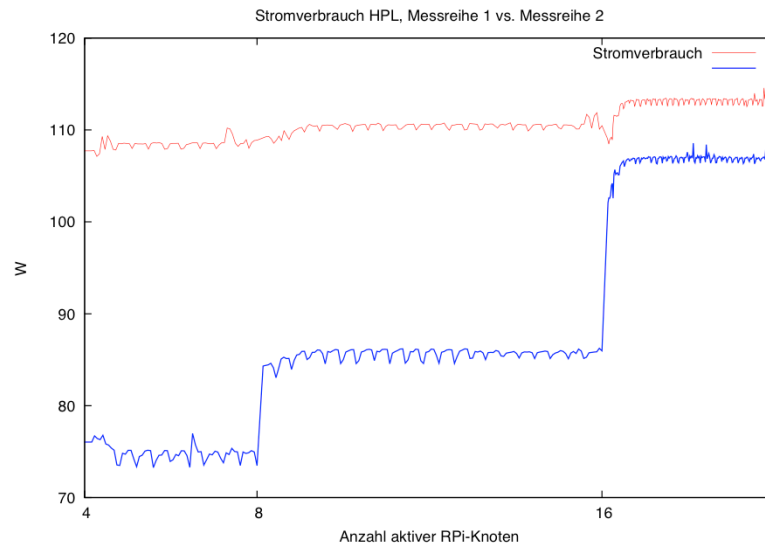
- a) HPL
- b) STREAM
- c) Strommessgerät

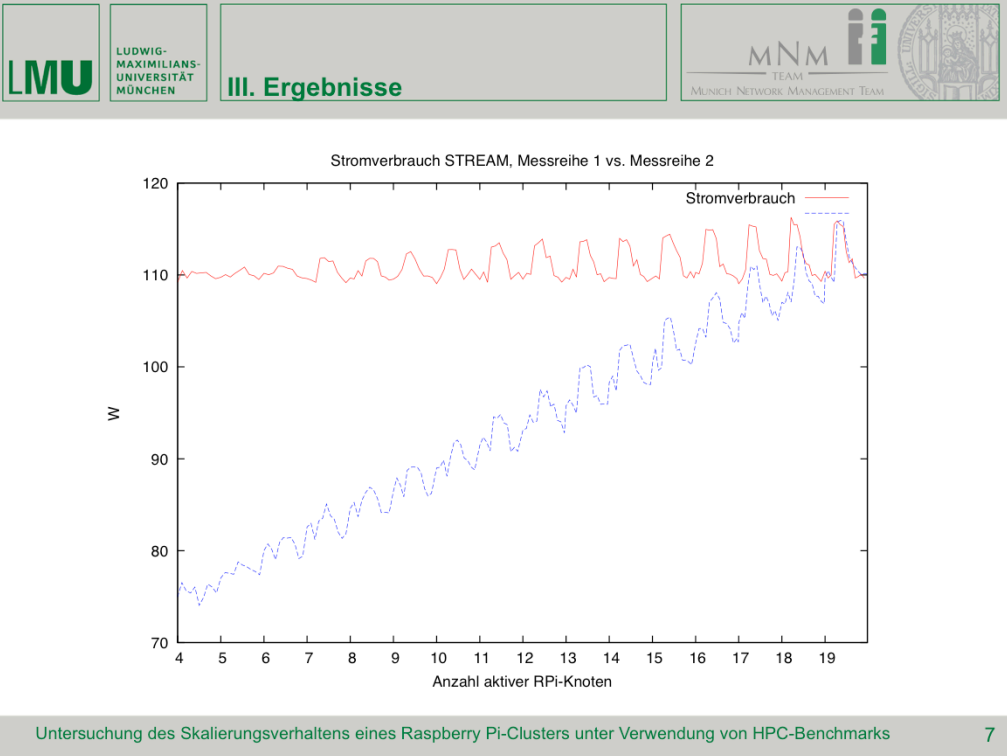
**3. Wie wird das umgesetzt?**

- a) Parallele Ausführung der Benchmarks auf n – 4 Raspberry Pis
- b) Zwei Messreihen pro Benchmark
- c) Auswertung Strommessgerät
- d) Automatisierte Durchführung
- e) Protokollierung & grafische Aufbereitung
- f) Fehlerbehebung

**2. Womit wird gemessen?****a) HPL**

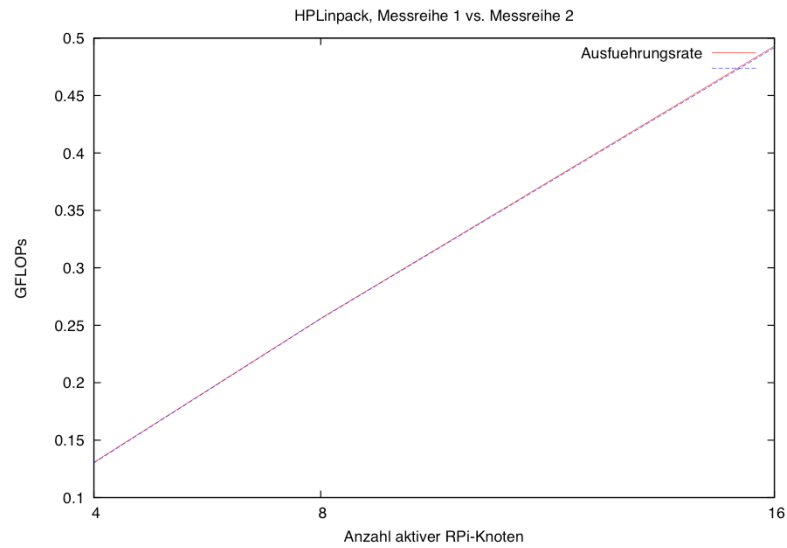
- Frei verfügbare Implementierung von HPLinpack (Ermittlung der Top500-Rangliste)
- **Prinzip:** Fließpunktoperationen auf dicht besetzter Matrix (Lösung eines



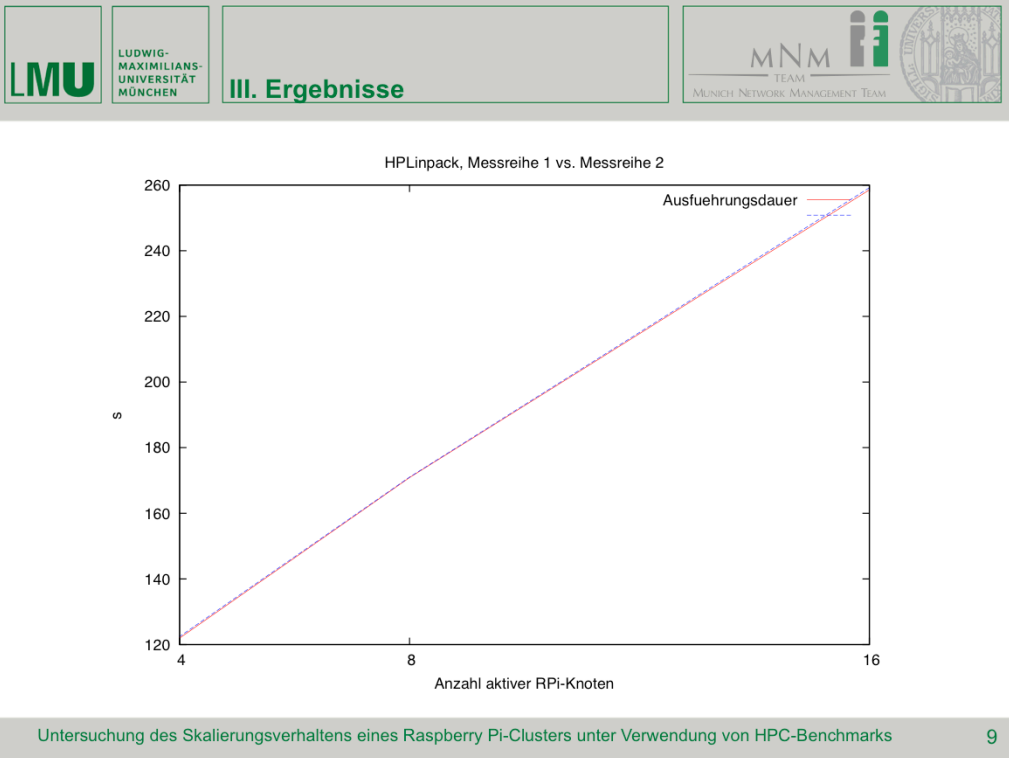


- **Erwartete Ergebnisse**

- Deutlich niedrigerer Stromverbrauch in Messreihe 2 als in Messreihe 1 (nicht aktive Rechenknoten werden heruntergefahren und von Stromversorgung getrennt) ✓
- Abnahme des Stromverbrauchs in Messreihe 2 um einen festen

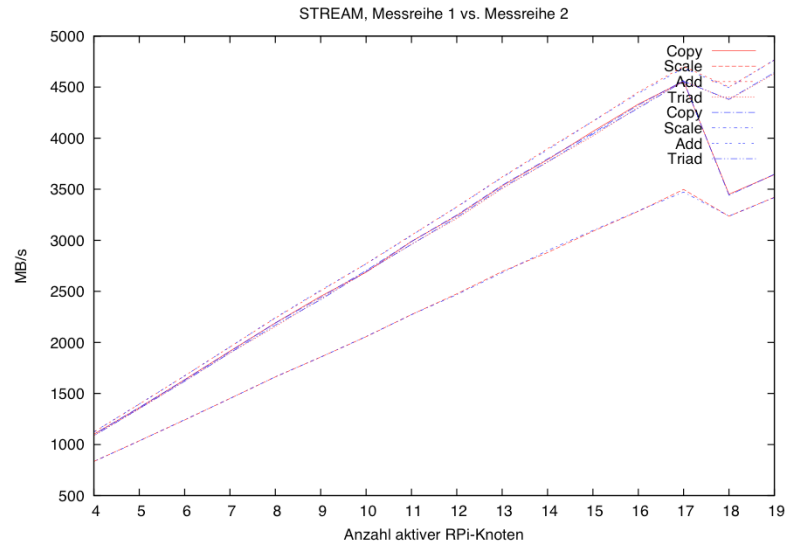


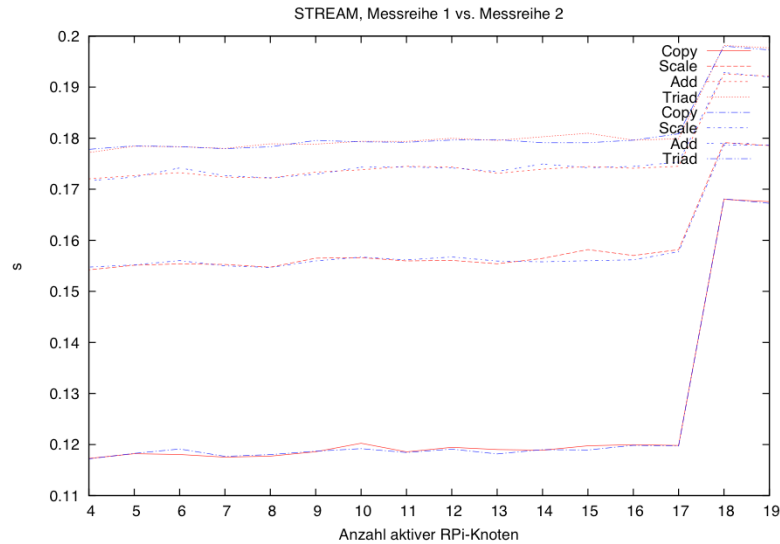




- **Erwartete Ergebnisse**

- Lineares Skalierungsverhalten des Bramble bei Hinzunahme von Ressourcen bzgl. Ausführungsrate ✓
- Gleichartiges Skalierungsverhalten in Messreihe 1 und Messreihe 2 ✓



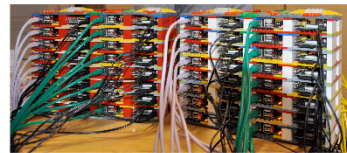
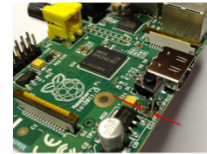


Untersuchung des Skalierungsverhaltens eines Raspberry Pi-Clusters unter Verwendung von HPC-Benchmarks

11

- **Erwartete Ergebnisse:**
  - Lineares Skalierungsverhalten des Bramble bei Hinzunahme von Ressourcen bzgl. Ausführungsrate ✓ (für  $n \leq 17$  Rechenknoten)
  - Konstantes Skalierungsverhalten des Bramble bei Hinzunahme von Ressourcen bzgl. Ausführungsdauer ✓ (für  $n \leq 17$  Rechenknoten)

1. **Ziel:** Untersuchung des Skalierungsverhaltens eines Raspberry Pi-Clusters unter Verwendung von HPC-Benchmarks
2. **Ergebnisse:**
  - a) **CPU-Performance (HPL):** Lineares Skalierungsverhalten
  - b) **Durchsatz HS-Zugriffe (STREAM):** Lineares Skalierungsverhalten (Ausführungsrate)/konstantes Skalierungsverhalten (Ausführungsrate) für  $n \leq 17$  Raspberry Pis
  - c) **Stromverbrauch:** Lineares Skalierungsverhalten
3. **Optimierungen**
4. **Zukünftige Versuche**
  - Whetstone für MPICH
  - Weitere HPC-Benchmarks
  - CPUs unter-/übertakten
  - GPU-Programmierung



Bildnachweise:

<http://www.savagehomeautomation.com/>  
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10586-013-0282-7>

Untersuchung des Skalierungsverhaltens eines Raspberry Pi-Clusters unter Verwendung von HPC-Benchmarks

12

### 3. Optimierungen

- **Raspberry Pi:** Lebensdauer SD-Karten, Reset-Buttons
- **Bramble:** Zugang zu Schnittstellen, Stromversorgung, beengter Aufbau

### 4. Zukünftige Versuche