

14.–17. 09. 2009  
in Nürnberg



# Herbstcampus

Wissenstransfer  
par excellence

## Spaßbremse Lichtgeschwindigkeit

Physikalische Konstanten als limitierender Faktor in verteilten Applikationen

Michael Wiedeking

MATHEMA Software GmbH

# Physikalische Konstanten

---

Lichtgeschwindigkeit  $c$

# Physikalische Konstanten

---

Lichtgeschwindigkeit  
(im Vakuum)

$$c_0 = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

# Physikalische Konstanten

---

Lichtgeschwindigkeit  
(im Vakuum)

$$c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

# Physikalische Konstanten

---

Lichtgeschwindigkeit  
(im Glasfaserkabel)

$$c_g = 2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

# Physikalische Konstanten

---

Lichtgeschwindigkeit  
(im Glasfaserkabel)

$$c_g = 0,7 \cdot c_0$$

# Geographische Konstanten

---

Entfernung  
New York – San Francisco

$$s = 4\,125 \text{ km}$$

# Geographische Konstanten

---

Entfernung  
New York – San Francisco

$$s = 0,04125 \cdot 10^8 \text{ m}$$



# Reisedauer

---

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Strecke}}{\text{Zeit}}$$

# Reisezeit

---

$$\text{Zeit} = \frac{\text{Strecke}}{\text{Geschwindigkeit}}$$

# Reisezeit

---

$$\text{Reisezeit} = \frac{s}{c}$$

# Reisezeit

---

$$\text{Reisezeit} = \frac{0,04125 \cdot 10^8 \text{ m}}{2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

# Reisezeit

---

$$\text{Reisezeit} = \frac{0,04125 \cdot 10^8 \text{ m}}{2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}} \approx 0,019 \text{ s}$$

# Reisezeit

---

$$\text{Reisezeit} = 0,019 \text{ s} = 19 \text{ ms}$$

# Rundreise

---

Ein kleines Datum  
von *New York* nach *San Francisco* zu schicken  
*und*  
wieder zurück  
braucht...

# Rundreise

---

Ein kleines Datum  
von *New York* nach *San Francisco* zu schicken  
*und*  
wieder zurück  
braucht natürlich doppelt so lang  
(38 ms)



# Zeitvertreib

---

Was kann man in dieser Zeit alles machen?

# Zeitvertreib

---

Ein  
Single-Core Intel Pentium 4 Extreme Edition  
hat  
9 726 MIPS

# Zeitvertreib

---

$$(9\,726 \cdot 10^6) \text{ Instruktionen/s} \cdot 0,038 \text{ s}$$
$$\approx 368 \cdot 10^6 \text{ Instruktionen}$$

# Zeitvertreib

---

$$(9\,726 \cdot 10^6) \text{ Instruktionen/s} \cdot 0,019 \text{ s}$$
$$\approx 368 \text{ Millionen Instruktionen}$$

# Propagation Delay

---

Die Zeit, die ein Bit braucht,  
um von der Quelle zum Ziel zu kommen  
*und* wieder zurück

# Bandbreite

---

$$\text{Bandbreite} = \text{Datengröße} / \text{s}$$

# Bandbreite

---

Zum Beispiel: 10 GBit/s

# Latenz

---

$$\text{Latenz} = \text{Propagation Delay} \\ + \text{Datengröße} / \text{Bandbreite}$$



# Latenz für 1250 Byte NY – SF

---

$$L = 0,038 \text{ s} + 10 \text{ kBit} / (10 \text{ GBit/s})$$

## Latenz für 1250 Byte NY – SF

---

$$L = 0,038 \text{ s} + 10 \text{ kBit} / (10 \text{ GBit/s}) = 0,038 \text{ 001 s}$$

# Latenz für 1250 Byte NY – SF

---

$$L = 38,001 \text{ ms}$$

# Latenz für 1250 Byte NY – SF

---

Latenz für das erste Bit

$$L_{\text{erstes Bit}} = 38,000 \text{ ms}$$

# Latenz für 1250 Byte NY – SF

---

Latenz für das letzte Bit

$$L_{\text{letztes Bit}} = 38,001 \text{ ms}$$

# Beobachtung

---

Der Latenz wird hier  
*nicht*  
durch die Bandbreite ...

# Beobachtung

---

... sondern durch das  
Propagation Delay  
beeinflusst!

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284



# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065  
0,795  
2,736  
8,329  
21,881

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065  
0,795  
2,736  
8,329  
21,881  
44,804



# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065  
0,795  
2,736  
8,329  
21,881  
44,804  
81,997

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

21,881

44,804

81,997

77,328

## Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

21,881

44,804

81,997

77,328

90,434

## Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

21,881

44,804

81,997

77,328

90,434

86,419

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065  
0,795  
2,736  
8,329  
21,881  
44,804  
81,997  
77,328  
90,434  
86,419  
87,524

## Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065  
0,795  
2,736  
8,329  
21,881  
44,804  
81,997  
77,328  
90,434  
86,419  
87,524  
87,955

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065  
0,795  
2,736  
8,329  
21,881  
44,804  
81,997  
77,328  
90,434  
86,419  
87,524  
87,955  
\*

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

0,284  
0,985  
0,279  
5,065  
0,795  
2,736  
8,329  
21,881  
44,804  
81,997  
77,328  
90,434  
86,419  
87,524  
87,955  
\*  
88,352



# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

Latenz NY – SF  
 $L \approx 88 \text{ ms}$

# Kontrollmessung mit *traceroute*

---

Latenz NY – SF  
 $L \approx 87,5 \text{ ms}$

Oha!

---

$87,5 \text{ ms} \neq 38 \text{ ms}$

# Störende Faktoren

---

Hopping Time

# Störende Faktoren

---

Hopping Time  
Switching Time (100  $\mu$ s)

# Störende Faktoren

---

Hopping Time  
Switching Time  
Travelling Time (15-25 %  $\cdot c_0$ )

# Störende Faktoren

---

Hopping Time  
Switching Time  
Travelling Time (15-25 %  $\cdot c_0$ )  
Connection Time

# Trotzdem

---

Es wird trotz alledem die  
halbe Lichtgeschwindigkeit  
erreicht!



# Abhilfe

---

Bandbreite hilft bei der Latenz,  
aber nicht beim Propagation Delay

# Abhilfe

---

Throughput und Storage  
statt  
schlechter Antwortzeit

# Abhilfe

---

Soll heißen:  
„Große“ Mengen verschicken  
und  
in einem Cache Speichern

# Abhilfe

---

Architektur berücksichtigt Funktion

# Abhilfe

---

Soll beispielsweise heißen:  
Zeitlich kritische Daten nah,  
alles andere fern (d. h. billig)

# Abhilfe

---

An variierende Latenzen anpassen

# Abhilfe

---

Soll heißen:  
Prozesse migrieren  
(Remote evaluation)

# Fazit

---

Physikalische Grenzen  
sind feste (!) Grenzen



14.–17. 09. 2009  
in Nürnberg



# Herbstcampus

Wissenstransfer  
par excellence

Vielen Dank!

Michael Wiedeking

MATHEMA Software GmbH