

Aufgabe 1:

- a) Bei der Simulation wird die Realität in einer Reihe von Abbildungen auf ein Computerprogramm übergeführt. Beschreiben Sie die notwendigen Schritte von der Realität zum Programm.  
**Die einzelnen Schritte sind:**  
**Abbildung der Realität auf ein physikalisches Modell**  
**Abbildung des physikalischen Modells auf ein mathematisches Modell**  
**Abbildung des mathematischen Modells auf ein numerisches Modell**  
**Abbildung der Numerik auf ein Programm**  
**Abbildung des Programms auf die Architektur**  
Anschließend wird die Simulation durchgeführt. Die Ergebnisse müssen interpretiert werden. In jedem Schritt kommt es zu einer Abbildung bei der Information verloren gehen kann. Es muss also in jedem Schritt geprüft werden ob die Abbildung korrekt ist.
- b) Diskutieren Sie Vor- und Nachteile der Simulation im Vergleich zum Experiment für die Simulation des Crashes eines Fahrzeugs.

**Experiment:**

**Vorteile:** Das Experiment ist typischerweise realistischer. Es wird ein konkretes Fahrzeug getestet. Es liegen eine Menge vergleichbarer Daten vor.

**Nachteile:** Das Experiment ist typischerweise teurer. Es kann auch nicht reproduziert werden. Jede neue Variante erfordert hohen Aufwand.

**Simulation:**

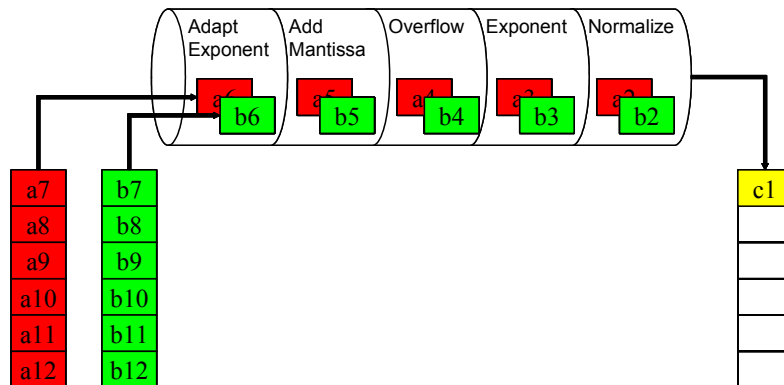
**Vorteile:** Simulationen sind wiederholbar. Insbesondere können Varianten leicht simuliert werden. Der Aufwand dafür steigt erhöht die Kosten nur marginal. Die Simulation ist in der Zwischenzeit dank billiger Rechner auch kostengünstig. Vorteilhaft ist auch dass Prototypen lange vor ihrem Bau virtuell getestet werden können und so Entwicklungskosten reduziert werden können.

**Nachteile:** Die Simulation ist nur ein Abbild der Realität. Sie muss nach wie vor durch Experimente verifiziert werden. Ihre Ergebnisse sind mir mehr Unsicherheit behaftet

Aufgabe 2:

- a) Herkömmliche Mikroprozessoren leiden an der Langsamkeit des Hauptspeichers. Beschreiben Sie mit zwei Begriffen die Geschwindigkeit des Hauptspeichers und geben Sie an wie man das Problem langsamer Speicher bei Mikroprozessoren zu umgehen versucht.  
**Die Geschwindigkeit des Hauptspeichers wird durch die Bandbreite und die Latenz ausgedrückt. Das Problem langsamer Speicher lässt sich durch den Einsatz von Caches lösen. Auch durch den Einsatz von Registern. Ein wichtiges Konzept ist das Latency-Hiding bei dem während der Bearbeitung von Daten bereits die nächsten Daten geladen werden. Berechnung und Laden von Daten werden parallel durchgeführt.**

- b) Erklären Sie das Prinzip eines Vektorsupercomputers. Illustrieren Sie es durch eine Skizze. **Vektorrechner basieren auf zwei wesentlichen Prinzipien. Zum einen das Prinzip der Pipeline in der eine Operation in mehrere Schritte zerlegt wird. Wie im Fließband werden Ergebnisse unmittelbar zum nächsten Bearbeitungsschritt weitergegeben. Zum anderen ist das Prinzip der hohen Speicherbandbreite wichtig. Realisiert wird es durch schnelle Vektorregister.**



### Aufgabe 3:

- Welche parallelen Programmiermodelle kennen Sie?  
**Threads / Message Passing / Datenparallelität / Direktiven / Remote Memory Access (RMA)**
- Welches parallele Programmiermodell spiegelt die „Distributed Memory Architektur“ eines Rechners am besten wieder? Beschreiben Sie die grundlegenden Funktionen dieses Modells.  
**Message Passing MPI. Senden / Empfangen / Prozesse verwalten**
- Welches Programmiermodell ist durch OpenMP realisiert? Beschreiben Sie das Grundprinzip des Modells  
**Die Programmierung mit Direktiven. Benutzer setzen Direktiven ein um dem Compiler Anweisungen zur Parallelisierung zu geben. Alles Weitere geschieht automatisch.**
- Beschreiben Sie die grundlegenden Konzepte von OpenMP?  
**Fork-Join Parallelisierung mit mehreren Threads. Loops und parallel Bereiche werden definiert.**
- Welche Faktoren sind zur Beurteilung eines parallelen Programmiermodells maßgeblich?  
**Ausgereiftheit des Modells / Einfachheit der Programmierung / Einfachheit der Parallelisierung / Effizienz / Skalierbarkeit / Portierbarkeit / Kosten / Flexibilität**

Aufgabe 4:

Sie haben zwei Angebote von Rechnerherstellern:

Angebot	Prozessortyp	Theoretische Spitzenleistung	Speicherbandbreite	Cachebandbreite	Anzahl Prozessoren
1	Mikroprozessor	8 GF/s	6,4 GB/s	32 GB/s	4096
2	Vektorprozessor	16 GF/s	32 GB/s		512

Die Anwendung, die Sie auf einem der beiden Rechner laufen lassen wollen hat folgende Charakteristik: Parallelisierungsgrad: 99,95%

Berechnen Sie, welches System voraussichtlich die höhere Leistung für eine Anwendung liefern wird.

Berechnen Sie dazu erst die zu erwartende Leistung für das Programm auf einem einzelnen Prozessor. Gehen Sie dazu davon aus, dass Ihr Programm im wesentlichen Operationen der Art  $a = b \cdot c$  ausführt. Berücksichtigen Sie dabei, dass der Mikroprozessor durchschnittlich 5% der Zeit seine Daten direkt aus dem Cache bezieht und 95% der Zeit aus dem Hauptspeicher arbeitet. Gehen Sie weiter davon aus, dass die Zahlendarstellung auf 64bit beruht.

### Erster Schritt: Berechnung der realen Leistung.

Wir haben eine Multiplikation bei 2 Ladeoperationen (b,c) und 1 Speicheroperation (a). Daraus ergibt sich, dass wir pro Flop eine Bandbreite von  $8 \cdot 3$  Byte benötigen.

#### Mikroprozessor:

Für die 8 GFLOP/s Spitzenleistung des Prozessors wäre eine Bandbreite von  $8 \cdot 24$  GB/s notwendig = 192 GB/s.

Im Cache erhalten wir 5% der Zeit  $32/192 = 1/6$  der notwendigen Bandbreite also auch nur  $1/6$  der Leistung = 1,33 GF/s

Aus dem Hauptspeicher erhalten wir 95% der Zeit  $6,4/192 = 0,0333$  (=3,33 %) der notwendigen Bandbreite und auch nur 3,33% der Leistung = 0,2667 GF/s.

In Summe ergibt sich für den Mikroprozessor eine zu erwartende Leistung für einen Prozessor von

$$0,05 \cdot 1,333 \text{ GF/s} + 0,95 \cdot 0,26667 \text{ GF/s} = 0,32 \text{ GF/s}$$

#### Vektorprozessor:

Für die 16 GFLOP/s Spitzenleistung des Prozessors wäre eine Bandbreite von  $16 \cdot 24$  GB/s notwendig = 384 GB/s.

Da die Bandbreite von 32 GB/s nur ein zwölftel der notwendigen Bandbreite ist ( $32/384$ ) erhalten wir auch  $1/12$  der Leistung also  $16/12 = 1,3333$  GF/s.

### Zweiter Schritt: Berechnung des Speedup und der Leistung:

$$Sp = 1 / ((1-q)/p) + q$$

Mit

q ... sequentieller Anteil

p ... Anzahl der Prozessoren

Leistung = Sp \* Einzelprozessorleistung

#### Mikroprozessor:

Speedup = 1344,05

Einzelprozessorleistung = 0,32 GF/s

Leistung =  $1344,05 \cdot 0,32 = 430,1$  GF/s

**Vektorprozessor:**

**Speedup = 407,81**

**Einzelprozessorleistung = 1,333 GF/s**

**Leistung = 407,81 \* 1,3333 = 543,7 GF/s**

**Der Vektorrechner liefert die höhere Leistung.**