

# Übungen zur Vorlesung

## verteilte numerische Algorithmen

### Blatt 2

Mit dem zweiten Übungsblatt beginnt der praktische Teil der Übungen. Die folgenden Aufgaben sollen implementiert und getestet werden. Zum Testen reicht es aus, die Programme auf einem lokalen Rechner ablaufen zu lassen. Die Aufgaben können in Kleingruppen von 2 bis 3 Personen bearbeitet werden. Falls ein Leistungsnachweis über die Vorlesung angestrebt wird, bitte ich mir die Lösungen der Aufgaben 5 und 6 bis zum 17. Mai per Email (peter.buchholz@udo.edu) zu senden. Dabei bitte Namen und Matrikelnummern der beteiligten nicht vergessen. Die nächste Präsenzübung findet am 18. Mai statt. Dort werden die Lösungen von Aufgabe 5 und 6 besprochen und ein Ansatz zur Realisierung von 7 skizziert.

Die zu bearbeitenden Aufgaben auf diesem Blatt sind relativ einfach und sollen dem allgemeinen Verständnis von MPI dienen. Auf den nachfolgenden Übungsblättern werden wir schrittweise zu anspruchsvolleren Aufgaben kommen. Es wird vorgeschlagen, die Aufgaben möglichst mit Hilfe von LAM zu realisieren.

#### Aufgabe 5

Schreiben Sie ein Programm *pipeline*, das eine zu versendende Nachricht in einem Ring aus  $p$  Prozessoren verschickt. Prozess 0 liest die Nachricht ein und verschickt sie an Prozess 1, der die empfangene Nachricht wiederum an 2 verschickt usw., bis die Nachricht Prozess  $p - 1$  erreicht. Von dort wird sie an Prozess 0 weitergereicht und dort ausgegeben. Das Programm soll für eine beliebige zum Startzeitpunkt festzulegende Anzahl von Prozessoren funktionieren.

#### Aufgabe 6

Sei ein Vektor  $x = (x_1, \dots, x_n)$  gegeben, der in Vektoren  $x_1, \dots, x_p$  blockweise zerlegt wird. Schreiben Sie ein paralleles Programm, das aus  $p$  Prozessen besteht und die folgenden Vektornormen verteilt berechnet.

$$\|x\|_1 = \sum_{i=1}^n |x_i| \quad \|x\|_\infty = \max_{i=1, \dots, n} |x_i| \quad \|x\|_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n |x_i|^2}$$

Wir gehen davon aus, dass die Blockvektoren auf den Prozessoren vorliegen und abschließend Vektor  $x_p / \|x\|$  auf Prozessor  $p$  berechnet wurde. Nutzen Sie möglichst die von MPI zur Verfügung gestellten komplexeren Kommunikationsoperationen zur Realisierung.

#### Aufgabe 7

Wir haben in der Vorlesung zwei unterschiedliche Ansätze zur Multiplikation eines Vektors mit einer Matrix kennengelernt. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass die Matrix  $A$  eine spaltenstochastische Matrix ist (d.h.  $A \geq 0$  und  $\sum_{j=1}^n A_{ji} = 1$  für alle  $i = 1, \dots, n$ ). Realisieren Sie auf Basis der beiden Ansätze zur Vektor-Matrix-Multiplikation jeweils ein Programm mit  $p$  Prozessen, bei dem

- Matrix  $A$  von Prozess 0 eingelesen wird und die Zeilen/Spalten an die jeweiligen Prozessoren verteilt werden,
- Vektor  $b^0$  von Prozess 0 aus einer Datei eingelesen wird und soweit notwendig an alle Prozesse verteilt wird,
- die Iteration  $b^k = Ab^{k-1}$  so lange verteilt berechnet wird, bis  $\|b^k - b^{k-1}\| \leq \epsilon$  für ein vorgegebenes  $\epsilon > 0$  ist und
- der so erzeugte Vektor an Prozess 0 übertragen und dort ausgegeben wird.

Nutzen Sie zur Realisierung soweit möglich die komplexeren Kommunikationsroutinen von MPI.