Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

# Praktikum: Paralleles Programmieren für Geowissenschaftler

Prof. Thomas Ludwig, Hermann Lenhart, Ulrich Körner, Nathanael Hübbe

**Dr. Hermann-J. Lenhart**
hermann.lenhart@zmaw.de

# OpenMP Einführung I:

- Allgemeine Einführung
- Fork-Join Programmier Model
- Aufruf und Notation  (Einführungsbeispiel)
- Syntax
- Bestimmung der Thread Anzahl
- Thread Abfrage

Thread = leichtgewichtiger Prozess

# OpenMP – Allgemeine Einführung I

**OpenMP Merkmale**:

OpenMP ist keine Programmiersprache!

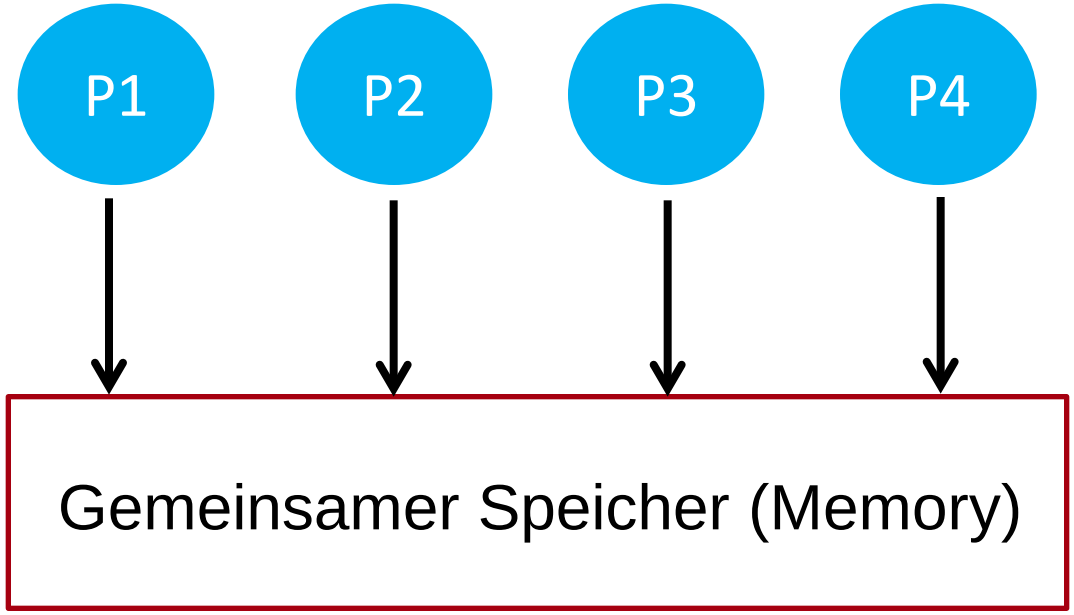
OpenMP Notationen werden zu einem sequentiellen FORTRAN Programmen hinzugefügt
um anzugeben wie die Arbeit auf die Prozesse verteilt wird und
wie der gemeinsame Speicherzugriff erfolgen soll.

Wichtigstes Kriterium für OpenMP ist die Nutzung eines gemeinsamen Speichers.
(shared memory application)

# OpenMP – Allgemeine Einführung II

**OpenMP Merkmal gemeinsamer Speicher:**

SMP:
Symmetrisches Multiprozessersystem
(symmetric multiprocessing)



# OpenMP – Allgemeine Einführung III

**OpenMP Inkrementelle Einsatz in sequentiellem FORTRAN Programm:**

```
Subroutine saxpy (z,a,x,y,n)
Integer :: i, n
Real :: a, y, z(n), x(n)

do i = 1,n
    z(i) = a + x(i)+y
enddo

return
end
```

```
Subroutine saxpy (z,a,x,y,n)
Integer :: i, n
Real :: a, y, z(n), x(n)
 !$omp parallel do
 do i = 1,n
     z(i) = a + x(i)+y
 enddo
  !$omp end parallel do
 return
 end
```

# OpenMP – Allgemeine Einführung IV

**Eine Stärke von OpenMP ist der inkrementelle Einsatz in sequentiellen Programmen:**

OpenMP Direktiven werden in einem speziellen Format angegeben,
die nur der OpenMP Compiler versteht,
für den regulären FORTRAN Compiler aber nur als Kommentare interpretiert werden.

Erster Schritt für OpenMP Implementierung:

**Finde Bereiche zur Parallelisierung** im sequentiellen FORTRAN Programm !

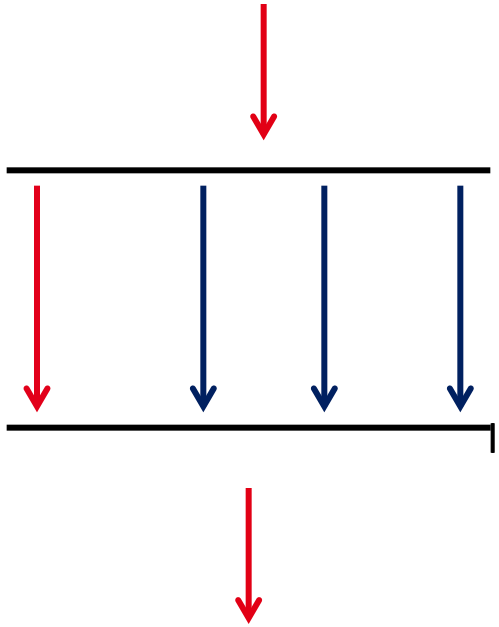
Dann **inkrementelle Einarbeitung** von OpenMP in existierendes FORTRAN Programm.
(Vorteil: rein sequentielles Debugging immer noch möglich)

# OpenMP Fork-Join Programmier Model

**OpenMP Merkmale**!

Master-Thread (ID=0)

Parallel Region



Sequentieller Programmteil

Eintritt parallel do – kreiert Threads

Aufteilung Iterationen auf Threads
(redundanter Code)

Implizite Barriere: Warten auf alle Threads

Macht nach enddo Schleife allein weiter

# OpenMP  Aufruf und Notation

**Aufruf eines OpenMP Programmes:**

gfortran -fopenmp -o hello hello.f90

OpenMP Notation im FORTRAN Code:

!$OMP *Direktive* [Bestimmung1], [Bestimmung2], …, [Bestimmung n]

# OpenMP - Einführungsbeispiel I

```
Subroutine mxv (m,n,a,b,c)                ! Matrix-Vektor Produkt
implicit none
integer  (kind=4) :: m, n
real (kind = 8)    :: a(1:m), b(1:m,1:n), c(1:n)
integer             :: i,j
!$OMP PARALLEL DO DEFAULT(NONE)    &
!$OMP SHARED (m,n,a,b,c) PRIVATE(i,j)
        do i = 1,m
                a(i) = 0.0
                do j = 1,m
                        a(i) = a(i) + b(i,j) * c(j)
                enddo
        enddo
!$ OMP END PARALLEL  DO
....
```

# OpenMP Einführungsbeispiel II

```
Subroutine mxv (m,n,a,b,c)              ! Matrix-Vektor Produkt
……..
!$OMP PARALLEL DO DEFAULT(NONE)    &
!$OMP SHARED (m,n,a,b,c) PRIVATE(i,j)
        do i = 1,m
                a(i) = 0.0
                do j = 1,m
                      a(i) = a(i) + b(i,j) * c(j)
                enddo
        enddo
!$OMP END PARALLEL  DO
….
```

parallele Region

OpenMP kann angewendet werden da:

* Iterationen voneinander unabhängig sind
  z.B. vv(i,j) = vv (i+1,j) + a(i,j)
  hier würde der Wert der i+1 Iteration genutzt
  d.h. die Datenabhängigkeiten sind zu prüfen!

* die OpenMP Direktiven beziehen sich auf „strukturierte Blöcke“ von FORTRAN Code
  d.h. es darf keine Verzweigung (Branch) in oder aus der parallelen Region geben

# OpenMP Einführungsbeispiel III

```
Subroutine mxv (m,n,a,b,c)
……..
!$OMP PARALLEL DO DEFAULT(NONE)    &
!$OMP SHARED (m,n,a,b,c) PRIVATE(i,j)
      do i = 1,m
            a(i) = 0.0
            do j = 1,m
                  a(i) = a(i) + b(i,j) * c(j)
            enddo
      enddo
!$OMP END PARALLEL  DO
….
```

Die OpenMP Direktive (PARALLEL DO) bezieht sich auf die direkt nachfolgende FORTRAN Zeile (do i =1,m)

und parallelisiert damit auch nur die i-Schleife.

Verschachtellungen sind möglich.

Wichtig ist die Definition der Nachfolgezeile mittels & in FORTRAN Notation!

(Syntaxfehler werden ohne Warnung ignoriert!)

# OpenMP Einführungsbeispiel IV

```
Subroutine mxv (m,n,a,b,c)
……..
!$OMP PARALLEL DO DEFAULT(NONE)    &
!$OMP SHARED (m,n,a,b,c) PRIVATE(i,j)
        do i = 1,m
                a(i) = 0.0
                do j = 1,m
                        a(i) = a(i) + b(i,j) * c(j)
                enddo
        enddo
!$OMP END PARALLEL  DO
….
```

Die OpeMP Direktive beinhaltet ebenfalls die Regelung der Zugriffsrechte:

DEFAULT (NONE) überlässt dem User die persönliche Festlegung der Zugriffsrechte

SHARED (m,n,a,b,c) erlaubt allen Threads den gleichzeitigen Zugriff auf die gelisteten Variablen

PRIVATE(i,j) setzt die beiden Variablen private, so dass jeder Thread nur Zugang zu einer lokalen, einmaligen Kopie der Variablen hat.

# OpenMP Syntax I

**Folgende OpenMP Syntax kann in FORTRAN umgesetzt werden:**

| | |
|---|---|
| !$OMP DO | Verteilt die Schleifen Iterationen auf die Threads |
| !$OMP SECTION | Verteilt unabhängige Arbeitseinheiten z.B. Funktionen |
| !$OMP SINGLE | Nur **EIN Thread** führt den Programmblock aus |
| !$OMP WORKSHARE | Parallelisiert Array Syntax |

Die Beendigung der parallelen Region erfolgt entsprechen mit !$ end [Option], z.B.

!$OMP END … z.B.: für Schleife !$OMP END DO

# OpenMP Syntax II

**Folgende OpenMP Syntax steuert die Aufteilung der Iterationen auf Threads:**

| | |
|---|---|
| OMP_SCHEDULE= | Definiert Aufteilung der Arbeiten (in Loops) |
| static | jeder Thread bekommt statisch gleiche Anzahl an Iterationen |
| dynamic | jeder Thread holt sich neue Arbeit sobald er fertig ist |
| guided | wie dynamic, aber zugewiesene Pakete werden kleiner |

# OpenMP Thread Abfrage als Funktionsaufruf

**Folgende OpenMP Funktionen ermöglichen Informationen zu den Threads:**

| | |
|---|---|
| OMP_GET_NUM_THREADS () | Anzahl der arbeitenden (in use) Threads |
| OMP_GET_THREAD_NUM() | ID des aktuellen Threads |
| OMP_GET_MAX_THREADS() | Maximale Anzahl der verfügbaren Threads |
| OMP_GET_WTIME() | Wall Clock Time |

z.B. tid = OMP_GET_THREAD_NUM()

```
integer :: tid
tid = 0
tid = OMP_GET_THREAD_NUM()
```

# OpenMP Bestimmung der Thread Anzahl

**Folgende OpenMP Syntax wird für die Auswahl der Threadanzahl verwendet:**

Aufruf über Subroutine Call im Program z.B. :

Call OMP_SET_NUM_THREADS (4)

Alternativ kann dies auch im Aufruf des Programmes erfolgen:

```
gfortran -fopenmp -o hello hello.f90        Kompilieren
export OMP_NUM_THREADS=4                    Umgebungsvariable setzen ( unter bash)
```

bzw.

```
setenv OMP_NUM_THREADS  4                   Umgebungsvariable setzen (unter csh)
./hello                                     Ausführung
```

# Danke das wars!