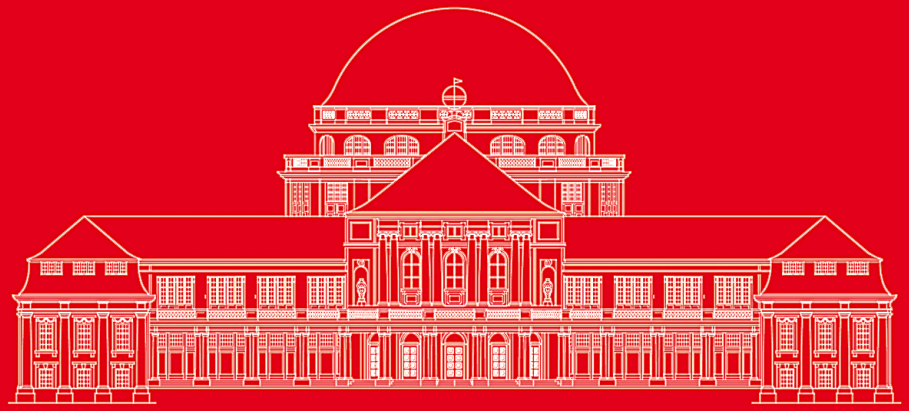
Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

# Praktikum: Paralleles Programmieren für Geowissenschaftler

**Hermann Lenhart & Tim Jammer**



**Dr. Hermann-J. Lenhart**
hermann.lenhart@informatik.uni-hamburg.de

# Makefile

- Einführung
- Regeln
- Praxis mit Beispielen

# Einführung Makefile I

**make** ist ein Tool, mit dem komplexe Programme auf einfache Weise kompiliert und ausgeführt werden können.

**make** liest eine Datei mit der Bezeichnung *Makefile* (oder *makefile*), in der die Abhängigkeiten des Übersetzungsprozesses von Programmen formalisiert erfasst sind.

D.h. der Ablauf von Quelldateien -> Objektdateien => Ergebnissen wird über das *Makefile* gesteuert.

# Einführung Makefile II

Das *Makefile* wird aufgerufen durch den Befehl

**> make**

Dabei müssen Abhängigkeiten von Dateien berücksichtigt werden, die eine bestimmte Reihenfolge im Kompilieren und Linken erfordern.

Das Makefile kann darüber hinaus noch weitere Steuerfunktionen für das Programm übernehmen, z.B: Compilereinstellungen sowie die zusätzlichen Aufrufe von MPI oder OpenMP.

# Makefile Regeln

Ein *Makefile* hat eine fest vorgeschriebene Struktur:

Target …… : Voraussetzung …….

*Kommando*

z.B. für das „Hallo World“ Program:

```
run:  hello.f90
        f95 –o hello.x  hello.o
        ./hello.x
```

# Makefile Regeln

Das wichtigste Markmal vom *Makefile* **ist unsichtbar:**

↦ *der Tab!*

Die korrekte Syntax lautet:

```
run:  hello.f90
↦   f95 –o hello.x  hello.o
↦    /hallo.x
```

# Makefile Regeln

D.h. die korrekte Syntax für ein *Makefile* lautet:

Target …… : Vorraussetzung …….

↦ *Kommando*

Der Tab kann nicht durch die entsprechende Anzahl von Leerzeichen ersetzt werden, was optisch erst mal gleich aussieht!

Dies führt häufig zu der Fehlermeldung: *** missing separator

# Makefile Programmbeispiele

Beispiel Hallo World Programm

```
program main

        print *, 'Hallo World'

end program main
```

Kompilieren:

> f95 –o hallo.x  hallo.f90

Ausführen:

> ./hallo.x

# Makefile Programmbeispiel A

Beispiel Hallo World Programm

```
program main

        print *, 'Hallo World'

end program main
```

Kompilieren:

> f95 –o hallo.x hallo.f90

Ausführen:

> ./hallo.x

Makefile

```
run: hallo.f90
        f95 -o hallo.x hallo.f90
        ./hallo.x
```

Kompilieren:

> make

# Makefile Programmbeispiel A

Beispiel Hallo World Programm

```
program main

        print *, 'Hallo World'

end program main
```

Kompilieren:

> f95 –o hallo.x hallo.f90

Ausführen:

> ./hallo.x

```
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ pwd
/home/lenhart/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ ls
hallo.f90  Makefile
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ make
f95 -o hallo.x hallo.f90
./hallo.x
 Hallo World
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ ls
hallo.f90  hallo.x  Makefile
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ ./hallo.x
 Hallo World
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ ls
hallo.f90  hallo.x  Makefile
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ rm *.x
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$ ls
hallo.f90  Makefile
lenhart@cluster:~/LEHRE/PPG-18/Help-Makefile/A-makefile$
```

# Makefile Programmbeispiel B

Beispiel Hallo World Programm

```
program main

        print *, 'Hallo World'

end program main
```

Kompilieren:

> f95 –o hallo.x hallo.f90

Ausführen:

> ./hallo.x

Makefile

```
hallo.x: hallo.f90
        f95 -o hallo.x hallo.f90

run:  hallo.x
        ./hallo.x
```

Kompilieren:

> make

Ausführen:

> make run

# Makefile Programmbeispiel C

Beispiel Hallo World Programm

```
program main

        print *, 'Hallo World'

end program main
```

Kompilieren:

> f95 –o hallo.x hallo.f90

Ausführen:

> ./hallo.x

Makefile

```
hallo.x: hallo.o
        f95 -o hallo.x hallo.o

hallo.o: hallo.f90
        f95 -c hallo.f90

run:  hallo.x
        ./hallo.x

clean:
        rm *.o *.x
```

Kompilieren:

> make

Ausführen:

> make run

Aufräumen

> make clean

# Praxis Makefile

Der Gebrauch vom *Makefile* erleichtert die Überarbeitung von Programmen,
indem nur die aktuellen Änderungen neu kompiliert werden.
=> Bei größeren Projekten spart dies Zeit beim Testen der Programme.

Erfolgt in einem umfangreichen Programmcode eine Änderung nur in einer Datei,
so kann durch den Aufruf von **make** gezielt dieses überarbeitete Teil
in ein neues lauffähiges Programm eingebunden werden.

Dies geschieht indem das Programm „make“ die Zeitstempel der Dateien auswertet.

# Makefile Programmbeispiel D

Komplexes „Hallo World“ Programm

## main.f90

```
program main
        print *, 'noch in main'
        call hello
end program main
```

## sr_hallo.f90

```
subroutine hello
        use mo_hello
        implicit none

        hello_string = 'Hello World from subroutine'
        write(*,*) hello_string
end subroutine hello
```

## mo_hallo.f90

```
module mo_hello
        character(len=30) :: hello_string
end module
```

# Makefile Programmbeispiel D

Komplexes „Hallo World“ Programm

## main.f90

```
program main
        print *, 'noch in main'
        call hello
end program main
```

## sr_hello.f90

```
subroutine hello
        use mo_hello
        implicit none

        hello_string = 'Hello World from subroutine'
        write(*,*) hello_string
end subroutine hello
```

## mo_hello.f90

```
module mo_hello
        character(len=30) :: hello_string
end module
```

## Makefile

```
main.x: mo_hello.o sr_hello.o main.o
        f95 -o main.x main.o mo_hello.o sr_hello.o

main.o: sr_hello.o main.f90
        f95 -c main.f90

sr_hello.o: mo_hello.o sr_hello.f90
        f95 -c sr_hello.f90

mo_hello.o: mo_hello.f90
        f95 -c mo_hello.f90

run: main.x
        ./main.x

clean:
        rm -f a.out main.x *.o *.mod
```

# Praxis Makefile

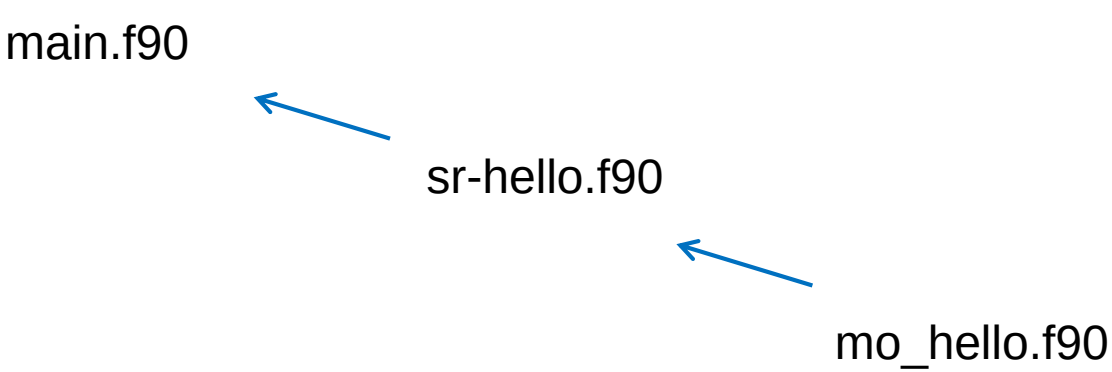
Wichtig dabei ist dass alle Abhängigkeiten (Dependencies)

im *Makefile* abgebildet wurden.

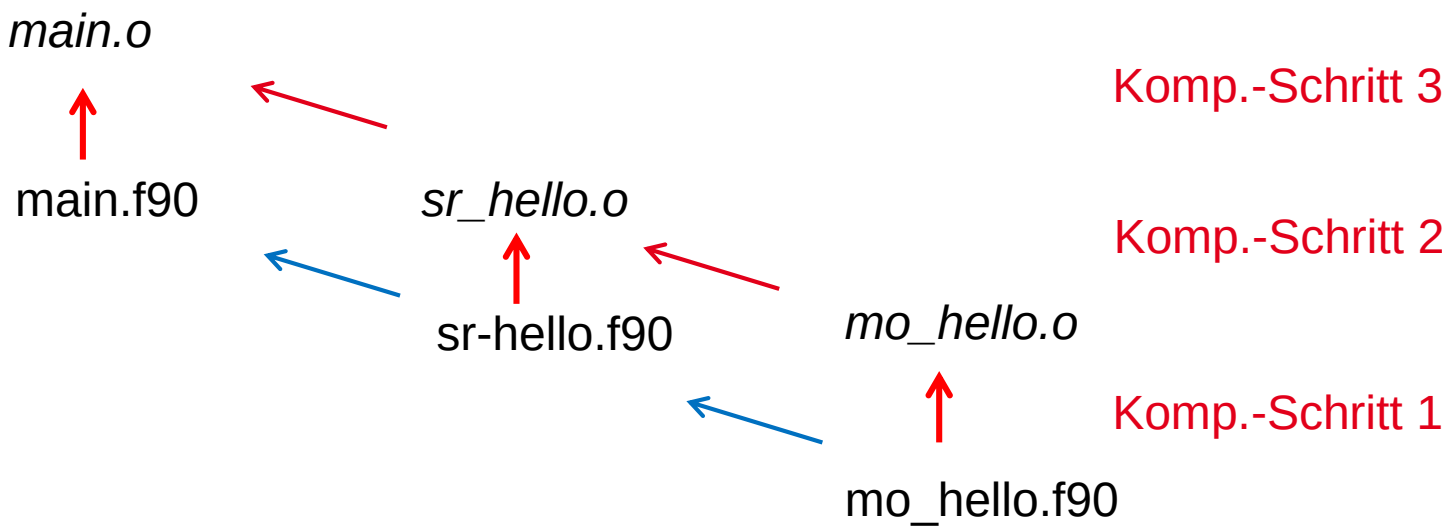
Dazu wird ein „Dendency Tree“ oder „Abhänigigkeitsbaum“ ausgewertet.

# Praxis Makefile: Darstellung Abhängigkeiten

Einfache Abhängigkeit der Programmteile untereinander

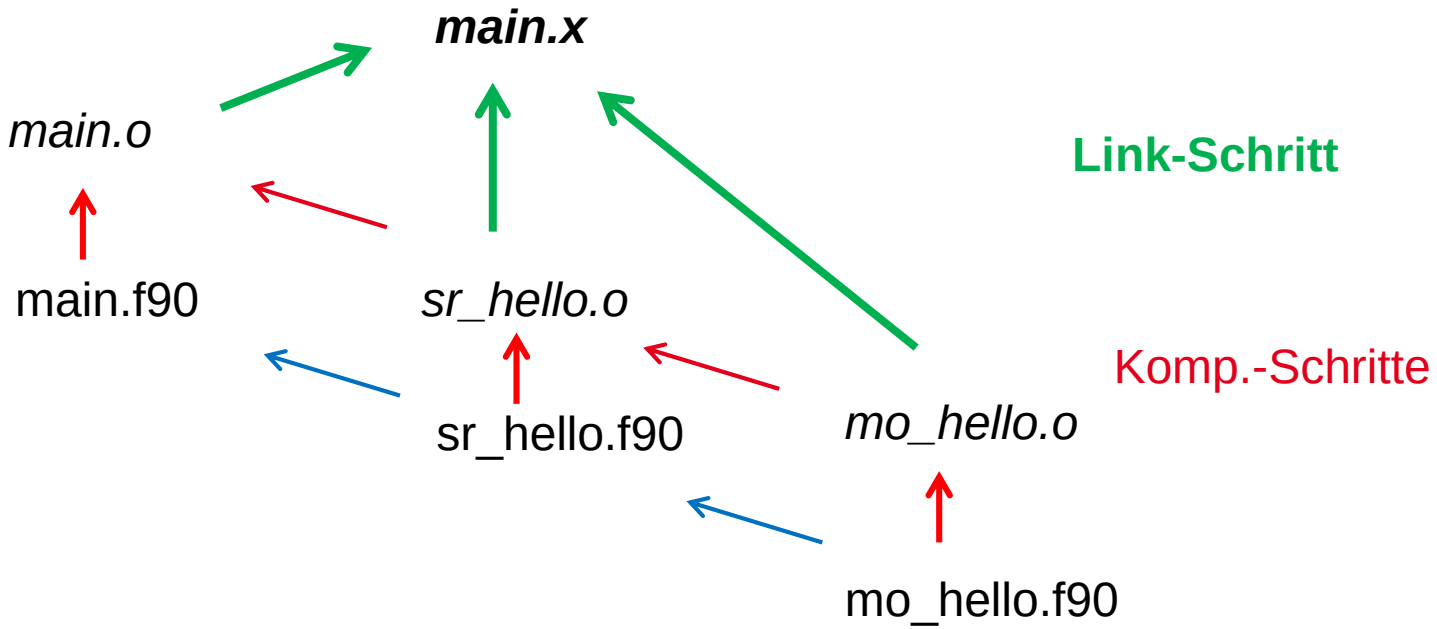


# Praxis Makefile: Darstellung Abhängigkeiten




Jedes neu generierte File entspricht einer *Dependency*, d.h. ein Schritt im *Makefile*.

# Praxis Makefile: Darstellung Abhängigkeitsbaum (Dependency tree)

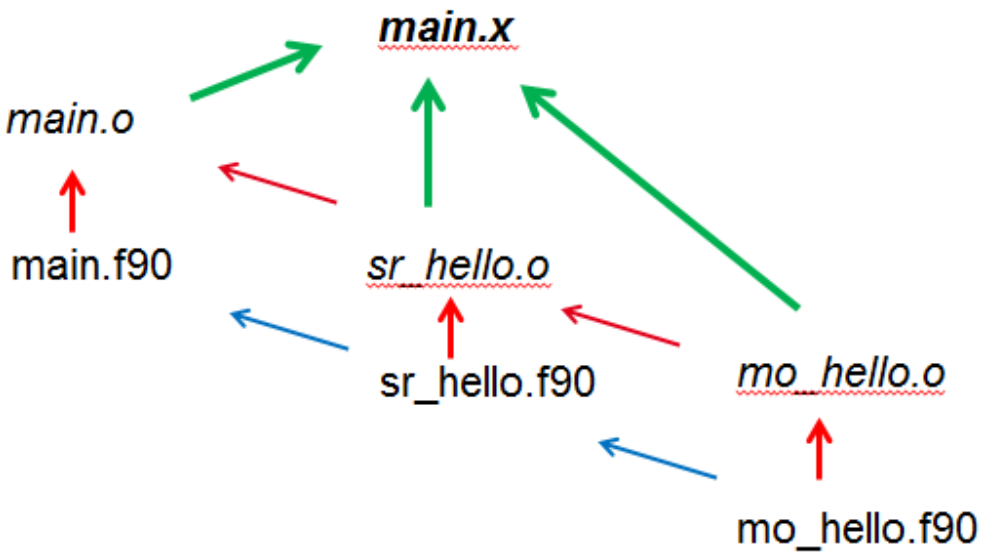



Der Link-Schritt entspriche ebenfalls einer *Dependency* im *Makefile.*

# Praxis Makefile: Darstellung Abhängigkeitsbaum (Dependency tree)

Makefile

```
main.x: mo_hello.o sr_hello.o main.o
        f95 -o main.x main.o mo_hello.o sr_hello.o

main.o: sr_hello.o main.f90
        f95 -c main.f90

sr_hello.o: mo_hello.o sr_hello.f90
        f95 -c sr_hello.f90

mo_hello.o: mo_hello.f90
        f95 -c mo_hello.f90

run: main.x
        ./main.x

clean:
        rm -f a.out main.x *.o *.mod
```



# Makefile Programmbeispiel E

```
FC=f95

main.x: mo_hello.o sr_hello.o main.o
        $(FC) -o main.x main.o mo_hello.o sr_hello.o

main.o: sr_hello.o main.f90
        $(FC) -c main.f90

sr_hello.o: mo_hello.o sr_hello.f90
        $(FC) -c sr_hello.f90

mo_hello.o: mo_hello.f90
        $(FC) -c mo_hello.f90
run: main.x
        ./main.x

clean:
        rm -f a.out main.x *.o *.mod
```

**Referenzierung über Variable; hier den Compiler f95**

# Makefile Programmbeispiel F

**Referenzierung über Variable;**

```
EXECUTABLE = hello.x

#----------------------------------
# set default compiler and other
#----------------------------------
FC = f95
FFLAGS = -fbounds-check -Wall –Wtabs

#----------------------------------
# list of allowed suffixes (first cleared)
#----------------------------------
.SUFFIXES:
.SUFFIXES: .f .f90 .o

#----------------------------------
# general compilation rules
#----------------------------------
.f.o:
        $(FC) -c $(FFLAGS) $<
.f90 .o:
        $(FC) -c $(FFLAGS) $<
```

**z.B. weitere Nutzung für Compilerflags & mehr!**

```
#----------------------------------
# targets
#----------------------------------
.PHONY: run clean

$(EXECUTABLE): sr_hello.o main.o
        $(FC) -o $(EXECUTABLE) main.o ……..

run: $(EXECUTABLE)
        ./$(EXECUTABLE)

clean:
        rm -f a.out $(EXECUTABLE) *.o *.mod

#----------------------------------
# dependencies
#----------------------------------
sr_hello.o: mo_hello.o
main.o: sr_hello.o
```

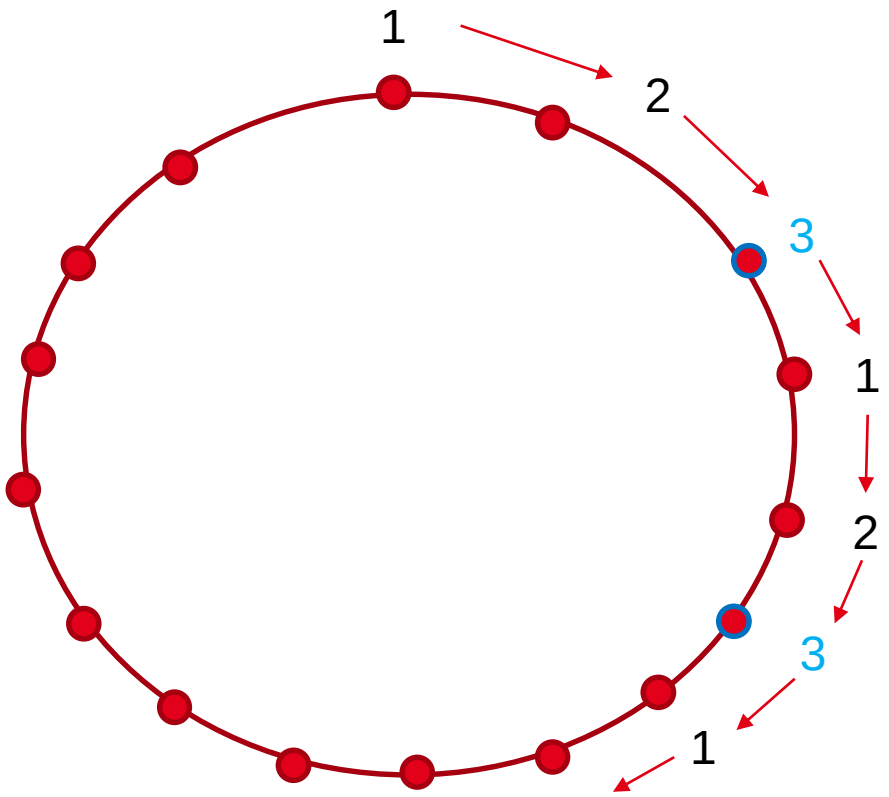
# Praxis Makefile: Compiler Switches zur Programmsteuerung

```
.SUFFIXES:
.SUFFIXES: $F $O

#-------------------------------------------------
#     compiler switches for program control
#     -------------------------------------
ifeq ($(FORTRAN_COMPILER),IBM)           # for xlf90_r (blizzard)
   DEFINES    +=-WF,-DNETCDF
   # DEFINES    +=-WF-DdebugMK,
   DEFINES    +=-WF,-Dold_input
   DEFINES    +=-WF,-Dold_warmstart
#    DEFINES    +=-WF,-Dconvert_warmstart # convert old warmstart to new warmstart
   DEFINES    +=-WF,-Dold_restoring
   DEFINES    +=-WF,-Drestoring
   DEFINES    +=-WF,-Drivers
   DEFINES    +=-WF,-Dmeteo
   DEFINES    +=-WF,-Dchemie
   DEFINES    +=-WF,-Dsediment
   DEFINES    +=-WF,-Dbiogeo
#    DEFINES    +=-WF,-Deco9
#    DEFINES    +=-WF,-Dd093          # compile code according to run D093
   # DEFINES    +=-WF,-DNCEP -WF,-DCalcAv_ECO
else # any other compilers are easy to handle ... !
   DEFINES      += -DNETCDF
   # DEFINES    += -DdebugMK
   DEFINES    += -Dold_input
   DEFINES    += -Dold_warmstart
#    DEFINES    += -Dconvert_warmstart # convert old warmstart to new warmstart
   DEFINES    += -Dold_restoring
   DEFINES    += -Drestoring
   DEFINES    += -Dd093             # compile code according to run D093
   DEFINES    += -Drivers
   DEFINES    += -Dmeteo
   DEFINES    += -Dchemie
   DEFINES    += -Dsediment
   DEFINES    += -Dbiogeo
   DEFINES    += -DMAIN_SINGLE_STEP
#  DEFINES    += -DDEBUG_UK
#    DEFINES    += -Deco9
   # DEFINES    += -DNCEP -DCalcAv_ECO
endif
#-------------------------------------------------
```

```
   integer, intent(inout)  :: ierr
!
! !LOCAL VARIABLES:
!
!-----------------------------------------------------------------------

   ierr=0

   ! initialize modules
#ifdef sediment
   call init_sediment(ierr);  if(ierr/=0)return
#endif

#ifdef biogeo
   call init_biogeo(ierr);    if(ierr/=0)return
   call update_biogeo(ierr);  if(ierr/=0)return
#endif

#ifdef chemie
   call init_chemie(ierr);    if(ierr/=0)return
#ifdef biogeo
   ! import DIC and ALK from statevariable to chemistry module
   ! call update_chemie('put',ierr,st(:,:,:,idic), st(:,:,:,ialk))
#else
   ! transfer DIC and ALK from chemistry module to statevariable
   call update_chemie('get',ierr,st(:,:,:,idic), st(:,:,:,ialk))
#endif
   ! initialize derived constituents
   call do_chemie(1,ierr,st(:,:,:,idic),st(:,:,:,ialk))
   if(ierr/=0)return
#endif


   call init_output(ierr);    if(ierr/=0)return
   if(ierr/=0) stop 'init_main #90'

! print*,'main#82:ch',ch(75,1,32,itdic),ch(75,1,33,itdic)
! print*,'main#83:st',st(75,1,32,idic),st(75,1,33,idic)
! print*,'main#83:st',st(69,1,3,ip1c),st(69,1,3,ip2c)
! print*,'main#83:st',st(jj,kk,ii,in3n),sst(jj,kk,ii,in3n)

   end subroutine init_main

!=======================================================================
!
! !INTERFACE:
   subroutine do_main(td,ierr)
```

# Danke,
# gibt es noch Fragen?

# Hinweis Aufgabe 1A



# Hinweis Aufgabe 1B

```
program main

use mod_initializeField

use mod_lifecycle

use mod_glider

implicit none

logical, dimension (32,22) :: field

integer :: outputUnit = 6

open(outputUnit, encoding='UTF-8')

call createField(field)

call createFigures(field)

call developLife(field)

call printTwoDLogical(outputUnit,field)

end program main
```

mod_initializeField

subroutine createField
subroutine createFigures

mod_lifecycle

subroutine developLife
subroutine countNeighbors

mo_glider

….

subroutine printTwoDLogical

**Danke,**
**das was.**