

# Übungen zu Systemprogrammierung 1

## Ü6 – Dateisystem

---

Sommersemester 2023

Jonas Rabenstein, Eva Dengler, Luis Gerhorst, Dustin Nguyen, Christian Eichler,  
Jürgen Kleinöder

Lehrstuhl für Informatik 4  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Lehrstuhl für Verteilte Systeme  
und Betriebssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER  
UNIVERSITÄT  
ERLANGEN-NÜRNBERG

TECHNISCHE FAKULTÄT



7.1 Aufbau eines Dateisystems

7.2 Dateisystem-Schnittstelle

7.3 Wildcards

7.4 Gelerntes anwenden



7.1 Aufbau eines Dateisystems

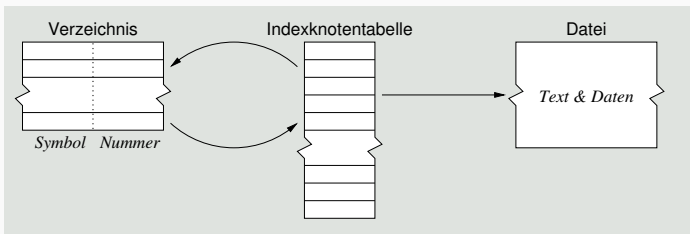
7.2 Dateisystem-Schnittstelle

7.3 Wildcards

7.4 Gelerntes anwenden

## Datenstrukturen im Namensraum

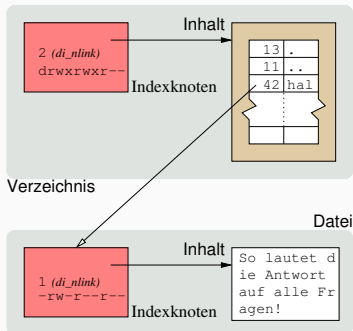
Dateisystem (*file system*)



- die **Indexknotentabelle** (*inode table*) ist ein statisches Feld (*array*) von Indexknoten und die zentrale Datenstruktur
  - ein Indexknoten ist **Deskriptor** insb. eines Verzeichnisses oder einer Datei
- das **Verzeichnis** (*directory*) ist eine **Abbildungstabelle**, es übersetzt symbolisch repräsentierte Namen in Indexknotennummern
  - eine von der Namensverwaltung des Betriebssystems definierte Datei
- die **Datei** (*file*) ist eine abgeschlossene Einheit zusammenhängender Daten beliebiger Repräsentation, Struktur und Bedeutung

## Verzeichniseintrag II

- ein Namenverzeichnis ist eine **spezielle Datei** der Namensverwaltung



- das selbst einen Namen hat, der einen Indexknoten bezeichnet
- über eine Verknüpfung erreichbar ist aus einem anderen Verzeichnis
- Namen getrennt von eventuellen Dateiinhalten speichert

*Verknüpfungen anlegen/löschen zu können, ist eine **Berechtigung**, die sich nur auf das Verzeichnis der betreffenden Verknüpfungen bezieht!*

- Selbstreferenz („dot“, 13) und Elterverzeichnis („dot dot“, 11) geben wenigstens zwei Verweise auf ein Verzeichnis
  - auch wenn das Verzeichnis selbst sonst keine weiteren Namen enthält



- UNIX sieht folgende Zugriffsrechte vor (davor die Darstellung des jeweiligen Rechts bei der Ausgabe des `ls`-Kommandos)
  - r lesen (getrennt für User, Group und Others einstellbar)
  - w schreiben (analog)
  - x ausführen (bei regulären Dateien) bzw. Durchgriffsrecht (bei Verzeichnissen)
  - s `setuid/setgid`-Bit: bei einer ausführbaren Datei mit dem Laden der Datei in einen Prozess (`exec`) erhält der Prozess die Benutzer (bzw. Gruppen)-Rechte des Dateieigentümers
  - s `setgid`-Bit: bei einem Verzeichnis: neue Dateien im Verzeichnis erben die Gruppe des Verzeichnisses statt der des anlegenden Benutzers
  - t bei Verzeichnissen: es dürfen trotz Schreibrecht im Verzeichnis nur eigene Dateien gelöscht werden



```
> ls -oaiR .
.:
total 16
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 .
886 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 17:09 ..
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 narf
612 -rw-r--r-- 1 dust   7 Jul 12 22:32 .private

./narf:
total 16
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 .
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 ..
611 -rw-r--r-- 2 dust   3 Jul 12 22:41 bar
611 -rw-r--r-- 2 dust   3 Jul 12 22:41 foo
613 lrwxrwxrwx 1 dust  11 Jul 12 22:40 public -> ../.private
normal text.fg
```



```
> ls -oaiR .
.:
total 16
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 .
886 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 17:09 ..
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 narf
612 -rw-r--r-- 1 dust 7 Jul 12 22:32 .private
./narf:
total 16
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 .
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 ..
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 bar
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 foo
613 lrwxrwxrwx 1 dust 11 Jul 12 22:40 public -> ../.private
```

## Indexknoten

st_ino	609
st_nlink	3
st_size	4096



## Inhalt

```
609 .
886 ..
610 narf
612 .private
```





```
> ls -laiR .
.:
total 16
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 .
886 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 17:09 ..
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 narf
612 -rw-r--r-- 1 dust 7 Jul 12 22:32 .private
./narf:
total 16
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 .
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 ..
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 bar
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 foo
613 lrwxrwxrwx 1 dust 11 Jul 12 22:40 public -> ../.private
```

## Indexknoten

st_ino	612
st_nlink	1
st_size	7



## Inhalt

<7 Byte Inhalt>




```
> ls -oaiR .
.:
total 16
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 .
886 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 17:09 ..
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 narf
612 -rw-r--r-- 1 dust 7 Jul 12 22:32 .private

./narf:
total 16
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 .
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 ..
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 bar
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 foo
613 lrwxrwxrwx 1 dust 11 Jul 12 22:40 public -> ../.private
```

## Indexknoten

st_ino	610
st_nlink	2
st_size	4096

## Inhalt



```
610 .
609 ..
611 bar
611 foo
613 public
```



```
> ls -oaiR .
.:
total 16
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 .
886 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 17:09 ..
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 narf
612 -rw-r--r-- 1 dust 7 Jul 12 22:32 .private

./narf:
total 16
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 .
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 ..
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 bar
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 foo
613 lrwxrwxrwx 1 dust 11 Jul 12 22:40 public -> ../.private
```

## Indexknoten

st_ino	611
st_nlink	2
st_size	3



## Inhalt

<3 Byte Inhalt>



```
> ls -oaiR .
.:
total 16
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 .
886 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 17:09 ..
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 narf
612 -rw-r--r-- 1 dust 7 Jul 12 22:32 .private

./narf:
total 16
610 drwxr-xr-x 2 dust 4096 Jul 12 22:41 .
609 drwxr-xr-x 3 dust 4096 Jul 12 22:40 ..
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 bar
611 -rw-r--r-- 2 dust 3 Jul 12 22:41 foo
613 lrwxrwxrwx 1 dust 11 Jul 12 22:40 public -> ../.private
```

## Indexknoten

st_ino	613
st_nlink	1
st_size	11



## Inhalt

../.private



7.1 Aufbau eines Dateisystems

**7.2 Dateisystem-Schnittstelle**

7.3 Wildcards

7.4 Gelerntes anwenden



- `stat(2)`/`lstat(2)` liefern Datei-Attribute aus dem Inode
- Unterschiedliches Verhalten bei Symlinks:
  - `stat(2)` folgt Symlinks (rekursiv) und liefert Informationen übers Ziel
  - `lstat(2)` liefert Informationen über den Symlink selber
- Funktions-Prototypen

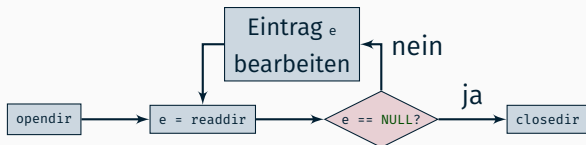
```
int stat(const char *path, struct stat *buf);  
int lstat(const char *path, struct stat *buf);
```

- `path`: Dateiname
- `buf`: Zeiger auf Puffer zum Speichern der Dateiinformatoren
- Für uns relevante Strukturkomponenten der `struct stat`:
  - `mode_t st_mode`: Dateimode, u. a. Zugriffs-Bits und Dateityp
    - Zur Bestimmung des Dateitypes gibt es u. a. folgende Makros:  
`S_ISREG`, `S_ISDIR`, `S_ISLNK`
  - `off_t st_size`: Dateigröße in Bytes



```
DIR *opendir(const char *dirname);
struct dirent *readdir(DIR *dirp);
int closedir(DIR *dirp);
```

- DIR-Struktur ist ein Iterator und speichert jeweils aktuelle Position
- `readdir(3)` liefert einen Verzeichniseintrag und setzt den DIR-Iterator auf den Folgeeintrag
  - Rückgabewert `NULL` im Fehlerfall oder wenn EOF erreicht wurde
    - bei EOF bleibt `errno` unverändert, im Fehlerfall wird `errno` entsprechend gesetzt
- `closedir(3)` gibt die belegten Ressourcen nach Ende der Bearbeitung frei





- Verzeichniseintrag

```
struct dirent {  
    ino_t d_ino; /* inode number */  
    char d_name[]; /* filename */  
};
```

- Struct hat in Linux weitere Felder, bspw. d\_type  
Sind nicht in POSIX definiert, dürfen in SP **nicht** verwendet werden





- Der Speicher für die zurückgelieferte `struct dirent` wird von den Bibliotheksfunktionen selbst angelegt und beim nächsten `readdir`-Aufruf auf dem gleichen `DIR`-Iterator potentiell wieder verwendet!
  - werden Daten aus der `dirent`-Struktur länger benötigt, müssen sie vor dem nächsten `readdir`-Aufruf kopiert werden
- Konzeptionell schlecht
  - aufrufende Funktion arbeitet mit Zeiger auf internen Speicher der `readdir`-Funktion
- In nebenläufigen Programmen nur bedingt einsetzbar
  - man weiß evtl. nicht, wann der nächste `readdir`-Aufruf stattfindet



- Die problematische Rückgabe auf funktionsinternen Speicher wie bei `readdir(3)` gibt es bei `stat(2)` nicht
- Grund: `stat(2)` ist ein Systemaufruf – Vorgehensweise wie bei `readdir(3)` wäre gar nicht möglich
  - Vergleiche Vorlesung B V.2 Seite 19ff.
  - `readdir(3)` ist komplett auf Ebene 3 implementiert (Teil der Standard-C-Bibliothek/Laufzeitbibliothek)
  - `stat(2)` ist (nur) ein Systemaufruf(-stumpf), die Funktion selbst ist Teil des Betriebssystems (Ebene 2)
- der logische Adressraum auf Ebene 3 (Anwendungsprogramm) ist nur eine Teilmenge (oder sogar komplett disjunkt) von dem logischen Adressraum auf Ebene 2 (Betriebssystemkern)
  - Betriebssystemspeicher ist für Anwendung nicht sichtbar/zugreifbar
  - Funktionen der Ebene 2 können keine Zeiger auf ihre internen Datenstrukturen an Ebene 3 zurückgeben



7.1 Aufbau eines Dateisystems

7.2 Dateisystem-Schnittstelle

**7.3 Wildcards**

7.4 Gelerntes anwenden



- ... erlauben Beschreibung von Mustern für Pfadnamen
  - \* beliebiger Teilstring (inklusive leerer String)
  - ? genau ein beliebiges Zeichen
  - [a-d] ein Zeichen aus den Zeichen a - d
  - [!a-d] ein Zeichen nicht aus den Zeichen a - d
    - Dateien, die mit einem ' .' beginnen, müssen explizit getroffen werden
- Weitere und ausführliche Beschreibung siehe `glob(7)`
- Werden von der Shell expandiert, wenn im jeweiligen Verzeichnis passende Dateinamen existieren
  - Quoting notwendig, wenn Muster als Argument übergeben wird



	<b>test*</b>	<b>*test*</b>	<b>test?.*</b>	<b>t[1x].*</b>	<b>t[!12].*</b>	<b>.test*</b>
.test.c						X
attest.doc		X				
t1.tar				X		
t2.txt						
test.c	X	X				
test2.c	X	X	X			
tx.map				X	X	



- ... mit der Funktion `fnmatch(3)`

```
int fnmatch(const char *pattern, const char *string, int flags);
```

- Prüft, ob der String `string` zum Wildcard-Muster `pattern` passt
- Flags (0 oder bitweises Oder von ein oder mehreren der Werte)
  - `FNM_PATHNAME`: Ein Slash in `string` wird nur von einem Slash-Zeichen in `pattern` getroffen, nicht von einem Wildcard-Zeichen
  - `FNM_PERIOD`: Ein führender Punkt in einer Pfadkomponente muss von einem korrespondierenden Punkt in `pattern` getroffen werden
  - Weitere Flags siehe Man-Page



7.1 Aufbau eines Dateisystems

7.2 Dateisystem-Schnittstelle

7.3 Wildcards

**7.4 Gelerntes anwenden**



## „Aufgabenstellung“

- Ausgabe aller Dateinamen von symbolischen Verknüpfungen im aktuellen Verzeichnis