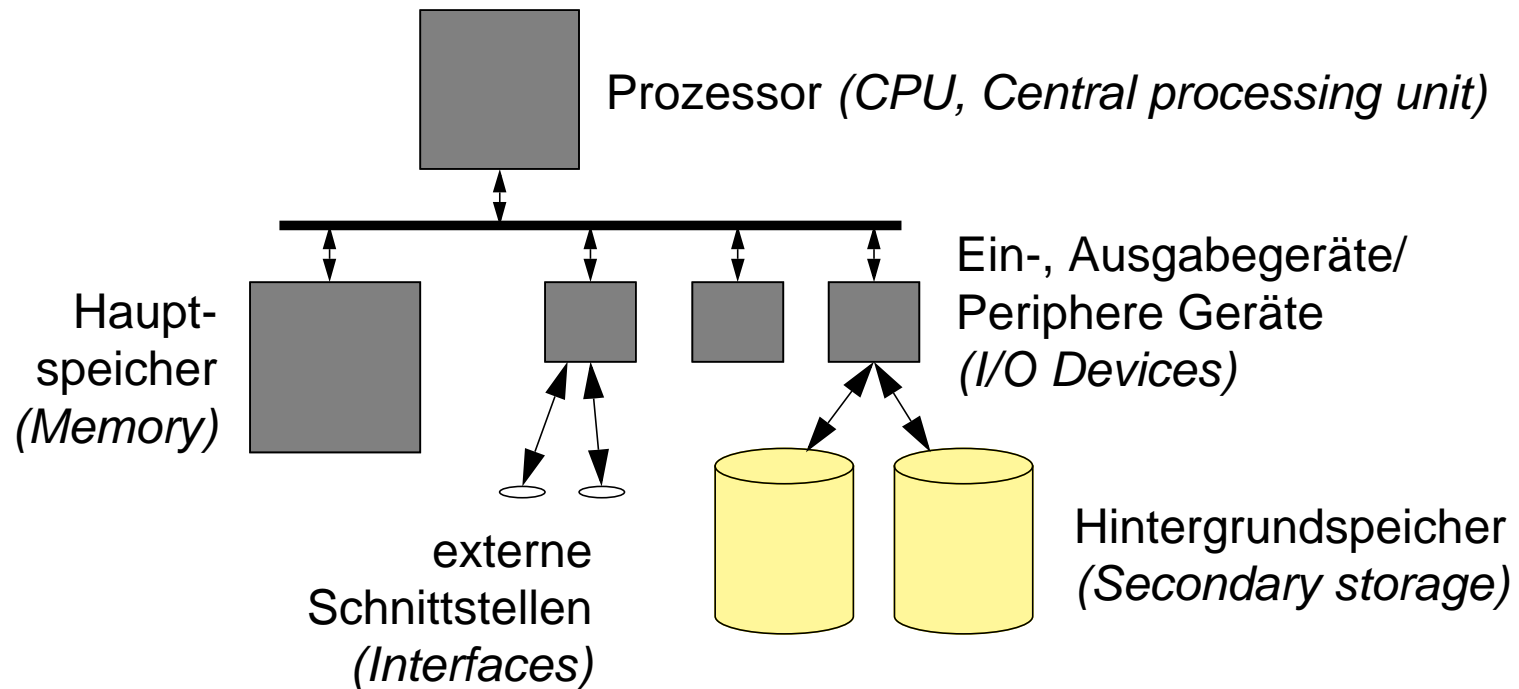


# I Dateisysteme

## I.1 Allgemeine Konzepte

### ■ Einordnung



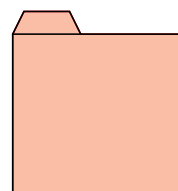
## I.2 Allgemeine Konzepte (2)

---

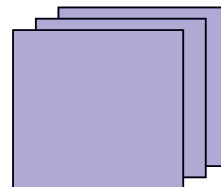
- Dateisysteme speichern Daten und Programme persistent in Dateien
  - ◆ Betriebssystemabstraktion zur Nutzung von Hintergrundspeichern (z.B. Platten, CD-ROM, Bandlaufwerke)
    - Benutzer muss sich nicht um die Ansteuerungen verschiedener Speichermedien kümmern
    - einheitliche Sicht auf den Hintergrundspeicher
  
- Dateisysteme bestehen aus
  - ◆ Dateien (*Files*)
  - ◆ Katalogen (*Directories*)
  - ◆ Partitionen (*Partitions*)

## I.2 Allgemeine Konzepte (3)

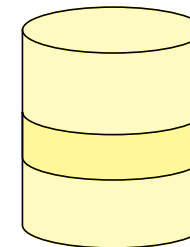
- Datei
  - ◆ speichert Daten oder Programme
  
- Katalog / Verzeichnis (*Directory*)
  - ◆ erlaubt Benennung der Dateien
  - ◆ enthält Zusatzinformationen zu Dateien
  
- Partitionen
  - ◆ eine Menge von Katalogen und deren Dateien
  - ◆ sie dienen zum physischen oder logischen Trennen von Dateimengen.



Katalog



Dateien



Partition

# I.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

---

## 1 Überblick

---

- E-/A-Funktionalität nicht Teil der Programmiersprache
- Realisierung durch "normale" Funktionen
  - Bestandteil der Standard-Funktionsbibliothek
  - einfache Programmierschnittstelle
  - effizient
  - portabel
  - betriebssystemnah
- Funktionsumfang
  - Öffnen/Schließen von Dateien
  - Lesen/Schreiben von Zeichen, Zeilen oder beliebigen Datenblöcken
  - Formatierte Ein-/Ausgabe

## 2 Standard Ein-/Ausgabe

---

- Jedes C-Programm erhält beim Start automatisch 3 E-/A-Kanäle:
  - ◆ `stdin` Standardeingabe
    - normalerweise mit der Tastatur verbunden, Umlenkung durch `<`
    - Dateiende (**EOF**) wird durch Eingabe von **CTRL-D** am Zeilenanfang signalisiert
  - ◆ `stdout` Standardausgabe
    - normalerweise mit dem Bildschirm (bzw. dem Fenster, in dem das Programm gestartet wurde) verbunden, Umlenkung durch `>`
  - ◆ `stderr` Ausgabekanal für Fehlermeldungen
    - normalerweise ebenfalls mit Bildschirm verbunden
  
- automatische Pufferung
  - ◆ Eingabe von der Tastatur wird normalerweise vom Betriebssystem zeilenweise zwischengespeichert und erst bei einem **NEWLINE**-Zeichen (`'\n'`) an das Programm übergeben!

## 3 Öffnen und Schließen von Dateien

- Neben den Standard-E/A-Kanälen kann ein Programm selbst weitere E/A-Kanäle öffnen
  - Zugriff auf Dateien
  
- Öffnen eines E/A-Kanals
  - Funktion `fopen`
  - Prototyp:

```
FILE *fopen(char *name, char *mode);
```

**name**    Pfadname der zu öffnenden Datei

**mode**    Art, wie die Datei geöffnet werden soll

"r"      zum Lesen

"w"      zum Schreiben

"a"      append: Öffnen zum Schreiben am Dateiende

"rw"     zum Lesen und Schreiben

- Ergebnis von `fopen`:  
Zeiger auf einen Datentyp `FILE`, der einen Dateikanal beschreibt  
im Fehlerfall wird ein `NULL`-Zeiger geliefert

## 3 Öffnen und Schließen von Dateien (2)

### ■ Beispiel:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    FILE *eingabe;
    char dateiname[256];

    printf("Dateiname: ");
    scanf("%s\n", dateiname);

    if ((eingabe = fopen(dateiname, "r")) == NULL) {
        /* eingabe konnte nicht geöffnet werden */
        perror(dateiname); /* Fehlermeldung ausgeben */
        exit(1);          /* Programm abbrechen */
    }

    ... /* Programm kann jetzt von eingabe lesen */
    ... /* z. B. mit c = getc(eingabe) */
}
```

### ■ Schließen eines E/A-Kanals

```
int fclose(FILE *fp)
```

➤ schließt E/A-Kanal `fp`

## 4 Zeichenweise Lesen und Schreiben

### ■ Lesen eines einzelnen Zeichens

◆ von der Standardeingabe

```
int getchar( )
```

- lesen das nächste Zeichen
- geben das gelesene Zeichen als `int`-Wert zurück
- geben bei Eingabe von `CTRL-D` bzw. am Ende der Datei `EOF` als Ergebnis zurück

◆ von einem Dateikanal

```
int getc(FILE *fp )
```

### ■ Schreiben eines einzelnen Zeichens

◆ auf die Standardausgabe

```
int putchar(int c)
```

◆ auf einen Dateikanal

```
int putc(int c, FILE *fp )
```

- schreiben das im Parameter `c` übergeben Zeichen
- geben gleichzeitig das geschriebene Zeichen als Ergebnis zurück



## 4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

### ■ Beispiel: copy-Programm

```
#include <stdio.h> Teil 1: Dateien öffnen

int main() {
    FILE *quelle;
    FILE *ziel;
    char quelldatei[256], zieldatei[256];
    int c; /* gerade kopiertes Zeichen */

    printf("Quelldatei und Zieldatei eingeben: ");
    scanf("%s %s\n", quelldatei, zieldatei);

    if ((quelle = fopen(quelldatei, "r")) == NULL) {
        perror(quelldatei); /* Fehlermeldung ausgeben */
        exit(1); /* Programm abbrechen */
    }

    if ((ziel = fopen(zieldatei, "w")) == NULL) {
        perror(zieldatei); /* Fehlermeldung ausgeben */
        exit(1); /* Programm abbrechen */
    }

    /* ... */
}
```

## 4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (3)

... Beispiel: copy-Programm  
— Fortsetzung

```
/* ... */  
  
while ( (c = getc(quelle)) != EOF ) {  
    putchar(c, ziel);  
}  
  
fclose(quelle);  
fclose(ziel);  
}
```

Teil 2: kopieren

## 5 Formatierte Ausgabe — Funktionen

### ■ Bibliotheksfunktionen — Prototypen (Schnittstelle)

```
int printf(char *format, /* Parameter */ ... );  
int fprintf(FILE *fp, char *format, /* Parameter */ ... );  
int sprintf(char *s, char *format, /* Parameter */ ...);  
int snprintf(char *s, int n, char *format, /* Parameter */ ...);
```

Die statt ... angegebenen Parameter werden entsprechend der Angaben im `format`-String ausgegeben

- bei `printf` auf der Standardausgabe
- bei `fprintf` auf dem Dateikanal `fp`  
(für `fp` kann auch `stdout` oder `stderr` eingesetzt werden)
- `sprintf` schreibt die Ausgabe in das `char`-Feld `s`  
(achtet dabei aber nicht auf das Feldende  
-> potentielle Sicherheitsprobleme!)
- `snprintf` arbeitet analog, schreibt aber maximal nur `n` Zeichen  
(`n` sollte natürlich nicht größer als die Feldgröße sein)

## 5 Formatierte Ausgabe — Formatangaben

- Zeichen im `format`-String können verschiedene Bedeutung haben
  - normale Zeichen: werden einfach auf die Ausgabe kopiert
  - Escape-Zeichen: z. B. `\n` oder `\t`, werden durch die entsprechenden Zeichen (hier Zeilenvorschub bzw. Tabulator) bei der Ausgabe ersetzt
  - Format-Anweisungen: beginnen mit `%`-Zeichen und beschreiben, wie der dazugehörige Parameter in der Liste nach dem `format`-String aufbereitet werden soll

### ■ Format-Anweisungen

- `%d, %i` `int` Parameter als Dezimalzahl ausgeben
- `%f` `float` oder `double` Parameter wird als Fließkommazahl (z. B. 271.456789) ausgegeben
- `%e` `float` oder `double` Parameter wird als Fließkommazahl in 10er-Potenz-Schreibweise (z. B. 2.714567e+02) ausgegeben
- `%c` `char`-Parameter wird als einzelnes Zeichen ausgegeben
- `%s` `char`-Feld wird ausgegeben, bis `'\0'` erreicht ist

## 5 Formatierte Eingabe — Funktionen

### ■ Bibliotheksfunktionen — Prototypen (Schnittstelle)

```
int scanf(char *format, /* Parameter */ ...);  
int fscanf(FILE *fp, char *format, /* Parameter */ ...);  
int sscanf(char *s, const char *format, /* Parameter */ ...);
```

- ◆ Die Funktionen lesen Zeichen von `stdin` (`scanf`), `fp` (`fscanf`) bzw. aus dem `char`-Feld `s`.
- ◆ `format` gibt an, welche Daten hiervon extrahiert und in welchen Datentyp konvertiert werden sollen
- ◆ Die folgenden Parameter sind Zeiger auf Variablen der passenden Datentypen (bzw. `char`-Felder bei Format `%s`), in die die Resultate eingetragen werden
- ◆ relativ komplexe Funktionalität, hier nur Kurzüberblick für Details siehe Manual-Seiten

## 5 Formatierte Eingabe — Bearbeitung der Eingabe-Daten

- *White space* (Space, Tabulator oder Newline \n) bildet jeweils die Grenze zwischen Daten, die interpretiert werden
  - *white space* wird in beliebiger Menge einfach überlesen
  - Ausnahme: bei Format-Anweisung `%c` wird auch *white space* eingelesen
- Alle anderen Daten in der Eingabe müssen zum **format**-String passen oder die Interpretation der Eingabe wird abgebrochen
  - wenn im format-String normale Zeichen angegeben sind, müssen diese exakt so in der Eingabe auftauchen
  - wenn im Format-String eine Format-Anweisung (`%...`) angegeben ist, muß in der Eingabe etwas hierauf passendes auftauchen
    - ↳ diese Daten werden dann in den entsprechenden Typ konvertiert und über den zugehörigen Zeiger-Parameter der Variablen zugewiesen
- Die **scanf**-Funktionen liefern als Ergebnis die Zahl der erfolgreich an die Parameter zugewiesenen Werte
- Detail siehe Manual-Seite (`man scanf`)

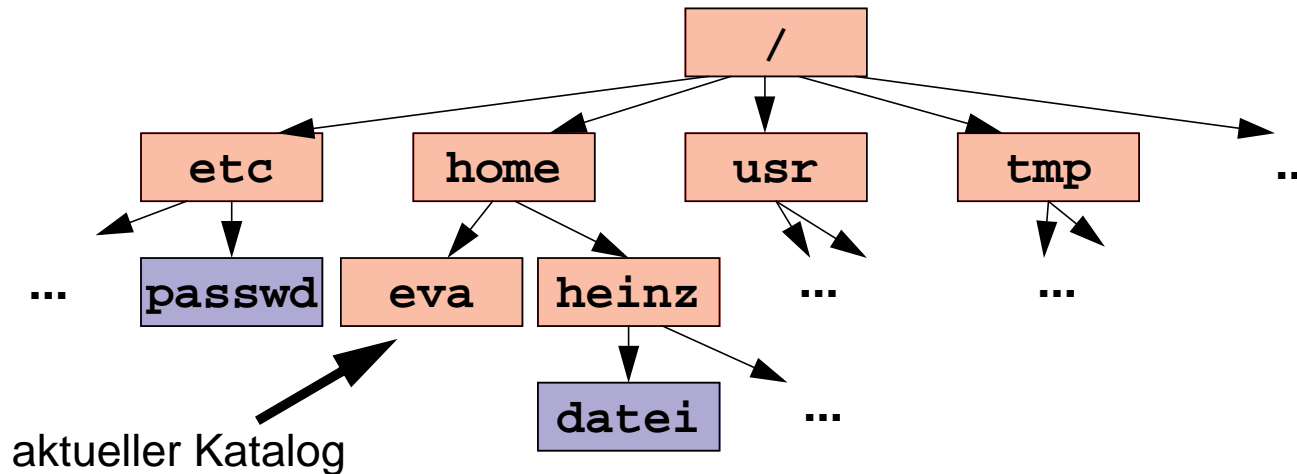
# I.4 Dateisystem am Beispiel Linux/UNIX

---

- Datei
  - ◆ einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
  - ◆ beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
  - ◆ dynamisch erweiterbar
  
- Katalog
  - ◆ baumförmig strukturiert
    - Knoten des Baums sind Kataloge
    - Blätter des Baums sind Verweise auf Dateien
  - ◆ jedem UNIX-Prozess ist zu jeder Zeit ein aktueller Katalog (*Current working directory*) zugeordnet
  
- Partitionen
  - jede Partition enthält einen eigenen Dateibaum
  - Bäume der Partitionen werden durch "mounten" zu einem homogenen Dateibaum zusammengebaut (Grenzen für Anwender nicht sichtbar!)

# 1 Pfadnamen

## ■ Baumstruktur



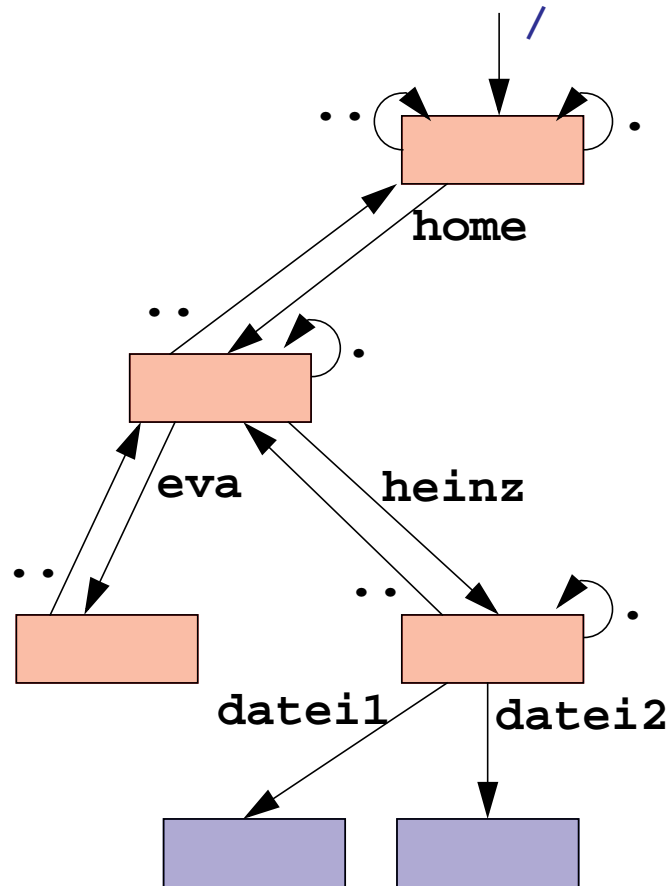
## ■ Pfade

- ◆ z.B. „/home/heinz/datei“, „/tmp“, „../heinz/datei“
- ◆ „/“ ist Trennsymbol (*Slash*); beginnender „/“ bezeichnet Wurzelkatalog; sonst Beginn implizit mit dem aktuellem Katalog



# 1 Pfadnamen (2)

## ■ Eigentliche Baumstruktur



▲ benannt sind nicht Dateien und Kataloge, sondern die Verbindungen (*Links*) zwischen ihnen

- ◆ Kataloge und Dateien können auf verschiedenen Pfaden erreichbar sein  
z. B. ../heinz/datei1 und /home/heinz/datei1
- ◆ Jeder Katalog enthält
  - einen Verweis auf sich selbst (.) und
  - einen Verweis auf den darüberliegenden Katalog im Baum (..)
  - Verweise auf Dateien

## 2 Programmierschnittstelle für Kataloge

---

### ■ Kataloge verwalten

#### ◆ Erzeugen

```
int mkdir( const char *path, mode_t mode );
```

#### ◆ Löschen

```
int rmdir( const char *path );
```

### ■ Kataloge lesen (Schnittstelle der C-Bibliothek)

#### ➤ Katalog öffnen:

```
DIR *opendir( const char *path );
```

#### ➤ Katalogeinträge lesen:

```
struct dirent *readdir( DIR *dirp );
```

#### ➤ Katalog schließen:

```
int closedir( DIR *dirp );
```

## 2 Kataloge (2): opendir / closedir

### ■ Funktionsschnittstelle:

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

DIR *opendir(const char *dirname);

int closedir(DIR *dirp);
```

### ■ Argument von opendir

◆ **dirname**: Verzeichnisname

### ■ Rückgabewert: Zeiger auf Datenstruktur vom Typ **DIR** oder **NULL**

## 2 Kataloge (3): readdir

### ■ Funktionsschnittstelle:

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

struct dirent *readdir(DIR *dirp);
```

### ■ Argumente

◆ `dirp`: Zeiger auf `DIR`-Datenstruktur

### ■ Rückgabewert: Zeiger auf Datenstruktur vom Typ `struct dirent` oder `NULL` wenn fertig oder Fehler (`errno` vorher auf 0 setzen!)

### ■ Probleme: Der Speicher für `struct dirent` wird von der Funktion `readdir` beim nächsten Aufruf wieder verwendet!

- wenn Daten aus der Struktur (z. B. der Dateiname) länger benötigt werden, reicht es nicht, sich den zurückgegebenen Zeiger zu merken sondern es müssen die benötigten Daten kopiert werden

## 2 Kataloge (4): struct dirent

- Definition unter Linux (/usr/include/bits/dirent.h)

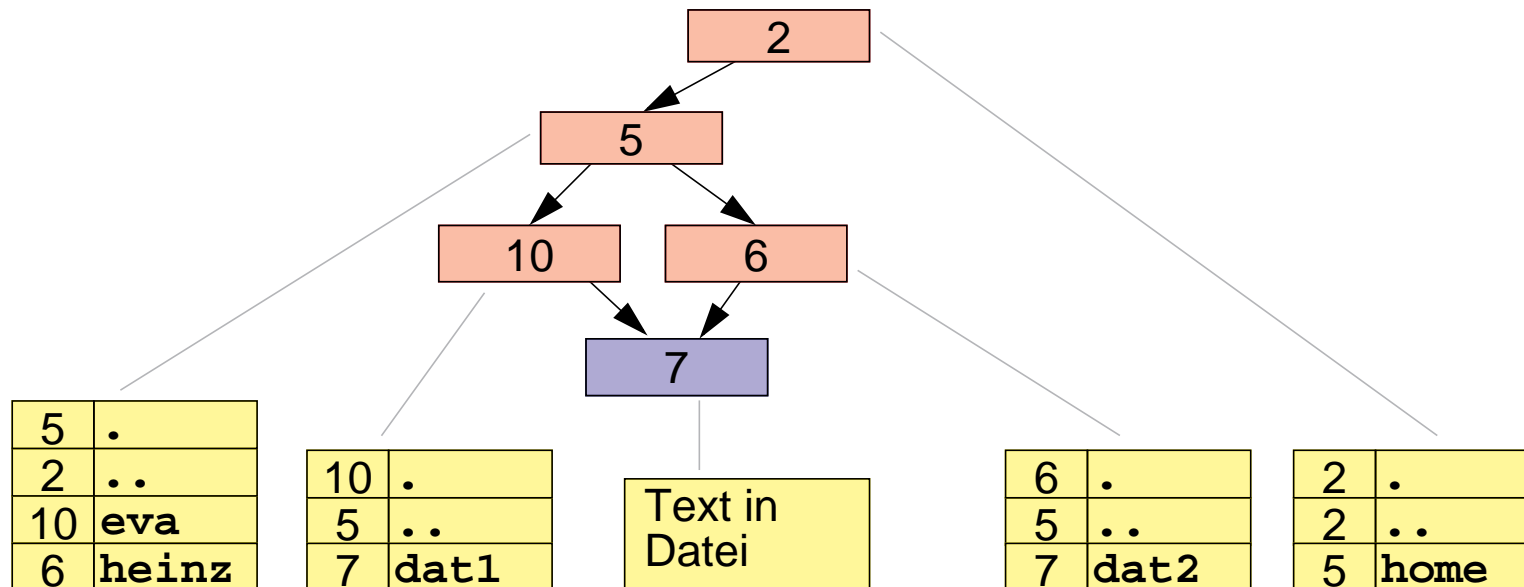
```
struct dirent {
    __ino_t d_ino;
    __off_t d_off;
    unsigned short int d_reclen;
    unsigned char d_type;
    char d_name[256];
};
```

## 3 Programmierschnittstelle für Dateien

- siehe C-Ein/Ausgabe (Schnittstelle der C-Bibliothek)
- C-Funktionen (fopen, printf, scanf, getchar, fputs, fclose, ...) verbergen die "eigentliche" Systemschnittstelle und bieten mehr "Komfort"
  - Systemschnittstelle: open, close, read, write

## 4 Inodes

- Attribute (Zugriffsrechte, Eigentümer, etc.) einer Datei und Ortsinformation über ihren Inhalt werden in **Inodes** gehalten
  - ◆ Inodes werden pro Partition nummeriert (*Inode number*)
- Kataloge enthalten lediglich Paare von Namen und Inode-Nummern
  - ◆ Kataloge bilden einen hierarchischen Namensraum über einem eigentlich flachen Namensraum (durchnummerierte Dateien)



## 4 Inodes (2)

---

- Inhalt eines Inode
  - ◆ Dateityp: Katalog, normale Datei, Spezialdatei (z.B. Gerät)
  - ◆ Eigentümer und Gruppe
  - ◆ Zugriffsrechte
  - ◆ Zugriffszeiten: letzte Änderung (*mtime*), letzter Zugriff (*atime*), letzte Änderung des Inodes (*ctime*)
  - ◆ Anzahl der Hard links auf den Inode
  - ◆ Dateigröße (in Bytes)
  - ◆ Adressen der Datenblöcke des Datei- oder Kataloginhalts

## 5 Inodes — Programmierschnittstelle: stat / lstat

- liefert Datei-Attribute aus dem Inode

- Funktionsschnittstelle:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
int stat(const char *path, struct stat *buf);
int lstat(const char *path, struct stat *buf);
```

- Argumente:

- ◆ **path**: Dateiname

- ◆ **buf**: Zeiger auf Puffer, in den Inode-Informationen eingetragen werden

- Rückgabewert: 0 wenn OK, -1 wenn Fehler

- Beispiel:

```
struct stat buf;
stat("/etc/passwd", &buf); /* Fehlerabfrage ... */
printf("Inode-Nummer: %d\n", buf.st_ino);
```