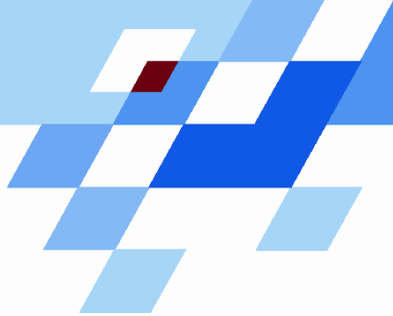


Wintersemester 2006/07

Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

(alias **Einführung in die Programmierung)**

(Vorlesung)

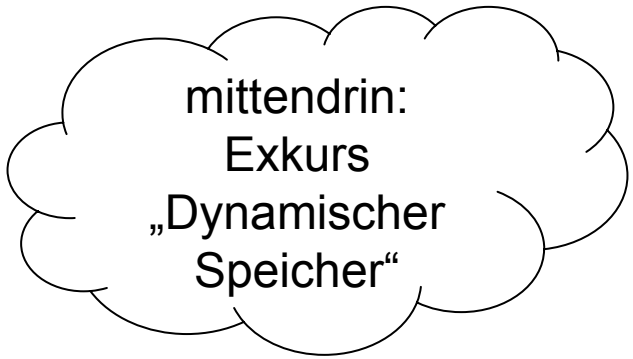
Prof. Dr. Günter Rudolph

Fachbereich Informatik

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Inhalt

- Definition
- ADT Keller
- ADT Schlange
- ADT Liste
- ADT Binärbaum
- …



Definition:

Abstrakter Datentyp (ADT) ist ein Tripel (T, F, A), wobei

- T eine nicht leere Menge von Datenobjekten
- F eine Menge von Operationen,
- A eine nicht leere Menge von Axiomen,
  die die Bedeutung der Operationen erklären. ■

Abstrakt?

- Datenobjekte brauchen keine konkrete Darstellung (Verallgemeinerung).
- Die Wirkung der Operationen wird beschrieben,
  nicht deren algorithmische Ausprägung.

  → „**WAS, nicht WIE**!“

Beispiel: ADT bool

F: Operationen

true	:	→ bool
false	:	→ bool
not	: bool	→ bool
and	: bool x bool	→ bool
or	: bool x bool	→ bool

Festlegung, welche Funktionen es gibt

A: Axiome

not(false)	= true
not(true)	= false
and(false, false)	= false
and(false, true)	= false
and(true, false)	= false
and(true, true)	= true
or(x, y)	= not(and(not(x), not(y)))

Festlegung, was die Funktionen bewirken

Eigenschaften

- Wenn man ADT kennt, dann kann man ihn überall verwenden.
- Implementierung der Funktionen für Benutzer nicht von Bedeutung.
- Trennung von Spezifikation und Implementierung.
- Ermöglicht späteren Austausch der Implementierung,
  ohne dass sich der Ablauf anderer Programme, die ihn benutzen, ändert!

Nur Operationen geben Zugriff auf Daten!

→ Stichwort: Information Hiding!

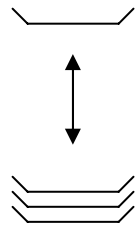
Lineare Datenstrukturen: Keller bzw. Stapel (*engl. stack*)

create	:		→ Keller
push	:	Keller x T	→ Keller
pop	:	Keller	→ Keller
top	:	Keller	→ T
empty	:	Keller	→ bool

empty(create)	= true
empty(push(k, x))	= false
pop(push(k, x))	= k
top(push(k, x))	= x

Aufräumen:
Kiste in Keller,
oben auf Haufen.

Etwas aus Keller holen:
Zuerst Kiste, weil oben auf Haufen.



Stapel
Teller

LIFO:
Last in, first out.

Implementierung: (Version 1)

```
const int maxSize = 100;
struct Keller {
  T  data[maxSize]; // data array
  int sp;           // stack pointer
};
```

```
void create(Keller &k) {
  k.sp = -1;
}
```

```
T top(Keller k) {
  return k.data[k.sp];
}
```

```
bool empty(Keller k) {
  return k.sp == -1;
}
```

```
void push(Keller &k, T x){
  k.data[++k.sp] = x;
}
```

```
void pop(Keller &k) {
  k.sp--;
}
```

Probleme:
Arraygrenzen!

Wann können Probleme auftreten?

Bei **`pop`**, falls Keller leer ist:

→ Stackpointer wird -2, anschließendes **`push`** versucht auf **`data[-1]`** zu schreiben

Bei **`top`**, falls Keller leer ist:

→ es wird undefinierter Wert von **`data[-1]`** zurückgegeben

Bei **`push`**, falls Keller voll ist:

→ es wird versucht auf **`data[maxsize]`** zu schreiben

⇒ **diese Fälle müssen abgefangen werden! Fehlermeldung!**

```
void error(char *info) {
  cerr << info << endl;
  exit(1);
}
```

gibt Fehlermeldung **`info`** aus und bricht das Programm durch **`exit(1)`** **sofort** ab und liefert den Wert des Arguments (hier: 1) an das Betriebssystem zurück

Implementierung: (Version 2, nur Änderungen und Zusätze bei Funktionen)

```
const int maxSize = 100;
struct Keller {
  T  data[maxSize]; // data array
  int sp;           // stack pointer
};
```

unverändert

```
T top(Keller k) {
  if (!empty(k))
    return k.data[k.sp];
  else error("leer");
}
```

```
void push(Keller &k, T x){
  if (!full(k))
    k.data[++k.sp] = x;
  else error("voll");
}
```

```
void pop(Keller &k) {
  if (!empty(k)) k.sp--;
  else error("leer");
}
```

```
bool full(Keller k) {
  return k.sp == maxSize-1;
}
```

Lineare Datenstrukturen: Schlange (*engl. queue*)

FIFO:
First in, first out.

create	:		→ Schlange
enq	:	Schlange x T	→ Schlange
deq	:	Schlange	→ Schlange
front	:	Schlange	→ T
empty	:	Schlange	→ bool

Schlange an der Supermarktkasse:

Wenn Einkauf fertig, dann **hinten** anstellen. Der nächste Kunde an der Kasse steht ganz **vorne** in der Schlange.

empty(create)	= true
empty(enq(s, x))	= false
deq(enq(s, x))	= empty(s) ? s : enq(deq(s), x)
front(enq(s, x))	= empty(s) ? x : front(s)

Eingehende Aufträge werden „geparkt“, und dann nach und nach in der Reihenfolge des Eingangs abgearbeitet.

Implementierung: (Version 1)

```
const int maxSize = 100;
struct Schlange {
  T  data[maxSize]; // data array
  int ep;           // end pointer
};
```

```
void create(Schlange &s){
  s.ep = -1;
}
```

```
void enq(Schlange &s, T x) {
  s.data[++s.ep] = x;
}
```

```
bool empty(Schlange s) {
  return s.ep == -1;
}
```

```
void deq(Schlange &s) {
  for (int i=0; i<s.ep; i++)
    s.data[i] = s.data[i+1];
  s.ep--;
}
```

```
T front(Schlange s) {
  return s.data[0];
}
```

Probleme: Arraygrenzen!

Implementierung: (Version 2, nur Änderungen und Zusätze bei Funktionen)

```
const int maxSize = 100;
struct Schlange {
  T  data[maxSize]; // data array
  int ep;           // end pointer
};
```

unverändert

```
T front(Schlange s) {
  if (!empty(s))
    return s.data[0];
  error("leer");
}
```

```
void enq(Schlange &s, T x) {
  if (!full(s))
    s.data[++s.ep] = x;
  else error("full");
}
```

```
void deq(Schlange &s) {
  if (empty(s)) error("leer");
  for (int i=0; i<s.ep; i++)
    s.data[i] = s.data[i+1];
  s.ep--;
}
```

```
bool full(Schlange s) {
  return
    s.ep == maxSize-1;
}
```

Benutzer des (abstrakten) Datentyps **`Schlange`** wird feststellen, dass

1. fast alle Operationen schnell sind, aber
2. die Operation **`deq`** vergleichsweise langsam ist.

Laufzeit / Effizienz der Operation **`deq`**

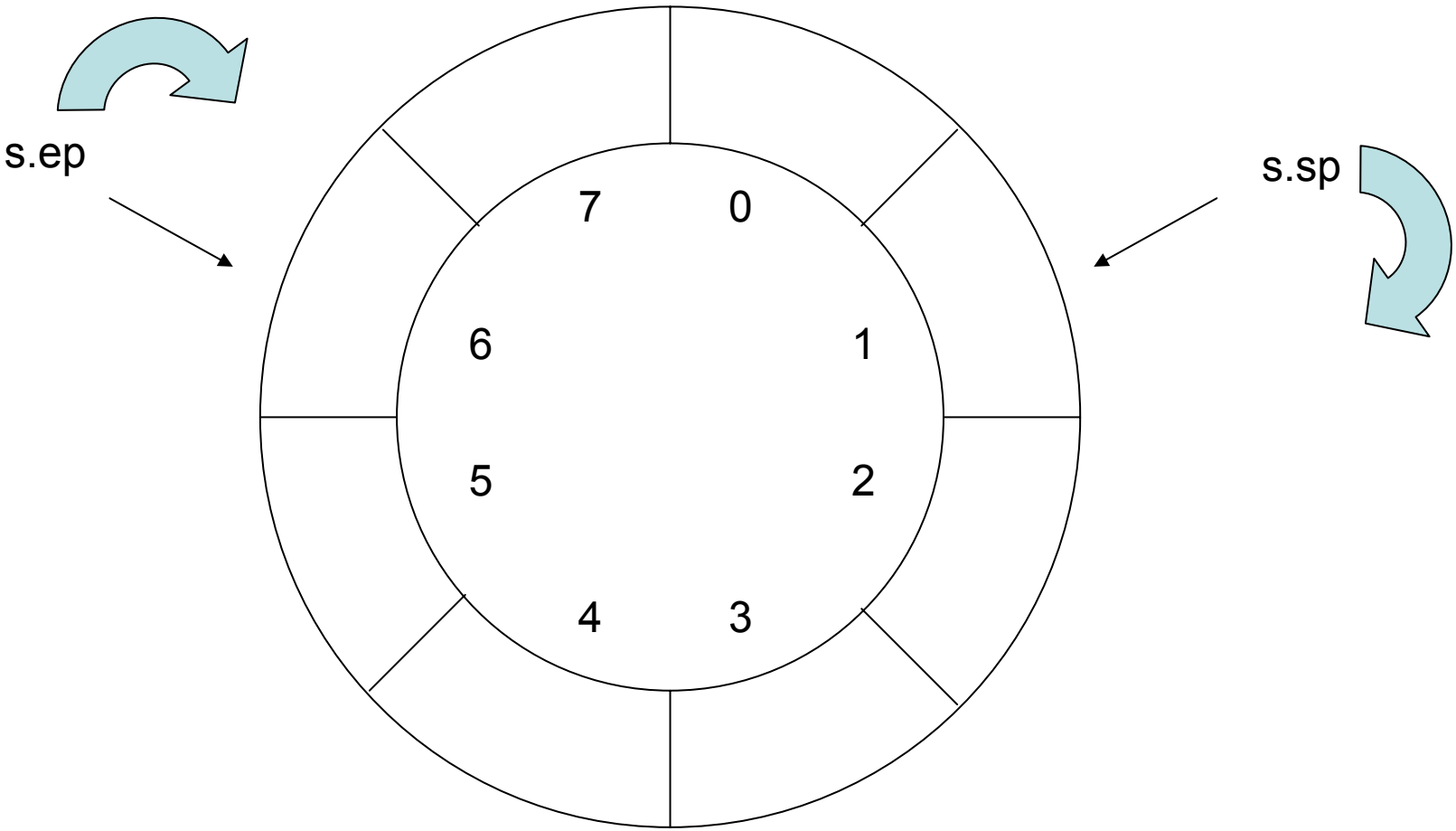
```
void deq(Schlange &s) {
  if (empty(s)) error("leer");
  for (int i=0; i < s.ep; i++)
    s.data[i] = s.data[i+1];
  s.ep--;
}
```

s.ep = Anzahl Elemente in Schlange

s.ep viele Datenverschiebungen

Worst case: (**`maxSize`** – 1) mal

Idee: Array zum Kreis machen; zusätzlich Anfang/Start markieren (s.sp)



Implementierung: (Version 3)

```
const int maxSize = 100;
struct Schlange {
  T  data[maxSize]; // data array
  int sp;           // start pointer
  int ep;           // end pointer
};
```

```
void create(Schlange& s) {
  s.sp = 0; s.ep = maxSize;
}
```

```
bool empty(Schlange s) {
  return s.ep == maxSize;
}
```

```
bool full(Schlange s) {
  int d = s.ep - s.sp;
  return
    (d == -1)||(d == s.ep);
}
```

```
T front(Schlange s) {
  if (!empty(s))
    return s.data[s.sp];
  error("leer");
}
```

Implementierung: (Version 3)

```
void enq(Schlange &s, T x) {
  if (!full(s)) {
    s.ep = (s.ep + 1) % maxSize;
    s.data[s.ep] = x;
  }
  else error("full");
}
```

Laufzeit:

unabhängig von Größe der Schlange

```
void deq(Schlange &s) {
  if (empty(s)) error("leer");
  else if (s.sp == s.ep) create(s);
  else s.sp = (s.sp + 1) % maxSize;
}
```

Laufzeit:

unabhängig von Größe der Schlange

Unbefriedigend bei der Implementierung:

Maximale festgelegte Größe des Kellers bzw. der Schlange!

→ Liegt an der unterliegenden Datenstruktur Array:

Array ist **statisch**, d.h.
Größe wird zur Übersetzungszeit **festgelegt**
und ist **während** der **Laufzeit** des Programms **nicht veränderbar**!

Schön wären **dynamische** Datenstrukturen, d.h.
Größe wird zur Übersetzungszeit **nicht festgelegt**
und ist **während** der **Laufzeit** des Programms **veränderbar**!

Wir wissen:
Lebensdauer benannter Objekte bestimmt durch ihren Gültigkeitsbereich!

Wir wollen:
Objekte erzeugen, die unabhängig von ihrem Gültigkeitsbereich existieren!

Exkurs: Dynamischer Speicher

Erzeugen und löschen eines Objekts zur Laufzeit:

1. Operator **`new`** erzeugt Objekt
2. Operator **`delete`** löscht zuvor erzeugtes Objekt

Beispiel: (Erzeugen)

```
int *xp    = new int;
double *yp = new double;

struct PunktT {
  int x, y;
};

PunktT *pp = new PunktT;
```

```
int *xap    = new int[10];
PunktT *pap = new PunktT[10];
```

Beispiel: (Löschen)

```
delete xp;
delete yp;




delete pp;
```

```
delete[] xap;
delete[] pap;
```

Exkurs: Dynamischer Speicher

Bauplan:

Datentyp *Variable = **new** Datentyp; (Erzeugen)

delete Variable; (Löschen)

Bauplan für Arrays:

Datentyp *Variable = **new** Datentyp[Anzahl]; (Erzeugen)

delete[] Variable; (Löschen)

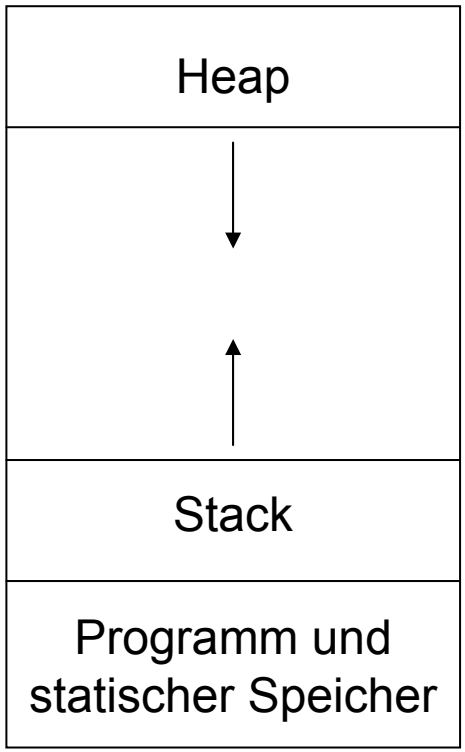
Achtung:

Dynamisch erzeugte Objekte müssen auch wieder gelöscht werden!
Keine automatische Speicherbereinigung!

Exkurs: Dynamischer Speicher

Wo wird Speicher angelegt?

$\Rightarrow$ im **Freispeicher** alias **Heap** alias **dynamischen Speicher**



wächst nach
„unten“

wächst nach
„oben“

wenn Heapgrenze
auf Stackgrenze stösst:

`Out of Memory Error`

$\Downarrow$

Stack bereinigt sich selbst,
für Heap ist Programmierer
verantwortlich!