UNIVERSITÄT DORTMUND

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

Kapitel 8: Abstrakte Datentypen

Inhalt

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

mittendrin: Exkurs „Dynamischer Speicher“ ☑

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!

Kapitel 8: Abstrakte Datentypen

Vorüberlegungen für ADT Schlange mit dynamischen Speicher:

Wir können bei der Realisierung der Schlange
statt statischen (Array) nun dynamischen Speicher verwenden …

Ansatz: **new int[oldsize+1]** … bringt uns das weiter?

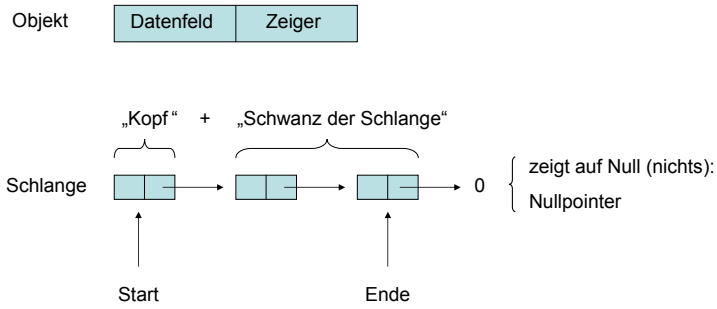
→ Größe kann zwar zur Laufzeit angegeben werden, ist aber dann fixiert!

Falls maximale Größe erreicht, könnte man

1. größeres Array anlegen
2. Arraywerte ins größere Array **kopieren** und
3. kleineres Array löschen.

} **ineffizient!**

Vorüberlegungen für ADT Schlange mit dynamischen Speicher:



Implementierung: (Version 4)

```
struct Objekt {
  T data;           // Datenfeld
  Objekt *tail;     // Zeiger auf Schwanz der Schlange
};
struct Schlange {
  Objekt *sp;       // Start
  Objekt *ep;       // Ende
};
```

```
Schlange *create() {
  Schlange *s = new Schlange;
  s->ep = 0;
  return s;
}
```

← Speicher für Schlange **allokieren**
← Initialisierung!
← Rückgabe des Zeigers auf Schlange

```
bool empty(Schlange *s) {
  return s->ep == 0;
}
```

← `true` falls `s->ep == 0`, sonst `false`

Implementierung: (Version 4)

```
struct Objekt {
  T data;           // Datenfeld
  Objekt *tail;     // Zeiger auf Schwanz der Schlange
};
struct Schlange {
  Objekt *sp;       // Start
  Objekt *ep;       // Ende
};
```

```
T front(Schlange *s) {
  if (!empty(s))
    return (s->sp)->data;
  error("leer");
}
```

Was bedeutet `s->sp->data` ?
identisch zu `(*(*s).sp).data`

```
void clear(Schlange *s) {
  while (!empty(s)) deq(s);
}
```

vorderstes Element entfernen
bis Schlange leer

Implementierung: (Version 4)

```
struct Objekt {
  T data;           // Datenfeld
  Objekt *tail;     // Zeiger auf Schwanz der Schlange
};
struct Schlange {
  Objekt *sp;       // Start
  Objekt *ep;       // Ende
};
```

```
void enq(Schlange *s, T x) {
  Objekt *obj = new Objekt;
  obj->data = x;
  obj->tail = 0;
  if (empty(s)) s->sp = obj;
  else s->ep->tail = obj;
  s->ep = obj;
}
```

neues Objekt anlegen (dyn. Speicher)
neues Objekt initialisieren
neues Objekt vorne, falls Schlange leer
sonst hinten anhängen
Aktualisierung des Endezeigers

Implementierung: (Version 4)

```
struct Objekt {
  T data;           // Datenfeld
  Objekt *tail;     // Zeiger auf Schwanz der Schlange
};
struct Schlange {
  Objekt *sp;       // Start
  Objekt *ep;       // Ende
};
```

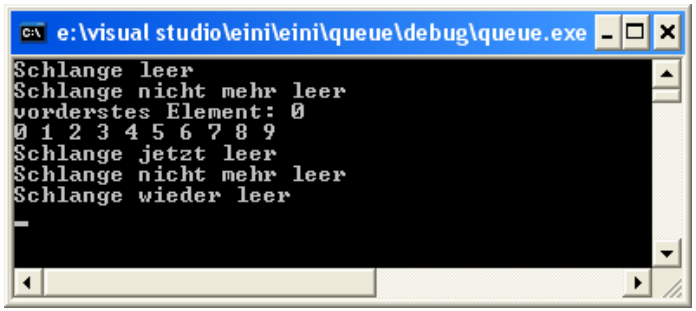
```
void deq(Schlange *s) {
  if (empty(s))error("leer");
  Objekt *obj = s->sp;
  s->sp = s->sp->tail;
  if (s->sp == 0) s->ep = 0;
  delete obj;
}
```

Zeiger auf zu löschendes Objekt retten
Startzeiger auf 2. Element setzen
falls kein 2. Element, dann Schlange leer
ehemals 1. Element löschen

Testprogramm!

```
int main() {
  Schlange *s = create();
  if (empty(s)) cout << "Schlange leer" << endl;
  for (int i = 0; i < 10; i++) enq(s, i);
  if (!empty(s)) cout << "Schlange nicht mehr leer" << endl;
  cout << "vorderstes Element: " << front(s) << endl;
  while (!empty(s)) {
    cout << front(s) << " ";
    deq(s);
  }
  cout << endl;
  if (empty(s)) cout << "Schlange jetzt leer" << endl;

  for (i = 0; i < 100; i++) enq(s,i);
  if (!empty(s)) cout << "Schlange nicht mehr leer" << endl;
  clear(s);
  if (empty(s)) cout << "Schlange wieder leer" << endl;
}
```

ADT Liste (1. Version)

```
struct Liste {
  T data;
  Liste *next;
};
```

Liste wird nur durch einen Zeiger auf ihren Listenkopf repräsentiert

Operationen:

create	:	→ Liste	
empty	: Liste	→ bool	
append	: T x Liste	→ Liste	hängt am Ende an
prepend	: T x Liste	→ Liste	vor Kopf einfügen
clear	:	→ Liste	
is_elem	: T x Liste	→ bool	ist Element enthalten?

ADT Liste (1. Version)

```
struct Liste {
  T data;
  Liste *next;
};
```

Liste wird nur durch einen Zeiger auf ihren Listenkopf repräsentiert

```
Liste *create() {
  return 0;
}
```

Laufzeit:
unabhängig von Listenlänge

```
bool empty(Liste *liste) {
  return liste == 0;
}
```

Laufzeit:
unabhängig von Listenlänge

```
void clear(Liste *liste) {
  if (empty(liste)) return;
  clear(liste->next);
  delete liste;
}
```

rekursives Löschen von „hinten“ nach „vorne“

Laufzeit:
proportional zur Listenlänge

ADT Liste (1. Version)

```
struct Liste {
  T data;
  Liste *next;
};
```

```
bool is_elem(T x, Liste *liste) {
  if (liste == 0) return false;
  if (liste->data == x) return true;
  return is_elem(x, liste->next);
}
```

rekursiver Durchlauf von „vorne“ nach „hinten“

Laufzeit:
proportional zur Listenlänge

```
Liste *prepend(T x, Liste *liste) {
  Liste *L = new Liste;
  L->data = x;
  L->next = liste;
  return L;
}
```

Laufzeit:
unabhängig von Listenlänge

ADT Liste (1. Version)

```
struct Liste {
  T data;
  Liste *next;
};
```

```
Liste *append(T x, Liste *liste) {
  Liste *tmp = liste;
  Liste *L = new Liste;
  L->data = x;
  L->next = 0;
  if (liste == 0) return L;
  while (liste->next != 0)
    liste = liste->next;
  liste->next = L;
  return tmp;
}
```

Zeiger auf Listenkopf retten

iterativer Durchlauf von „vorne“ nach „hinten“

Laufzeit:
proportional zur Listenlänge

ADT Liste (1. Version)

Zusammenfassung:

1. Laufzeit von clear proportional zur Listenlänge
   → kann nicht verbessert werden, weil ja jedes Element gelöscht werden muss
   → unproblematisch, weil nur selten aufgerufen
2. Laufzeit von is_elem proportional zur Listenlänge
   → kann bei dieser **Datenstruktur** nicht verbessert werden
   → später verbessert durch ADT BinärBaum
3. Laufzeit von append proportional zur Listenlänge
   → kann durch Veränderung der **Implementierung** verbessert werden
   → zusätzlicher Zeiger auf das Ende der Liste

ADT Liste (2. Version)

```
struct Liste {
  Element *head;
  Element *foot;
};
struct Element {
  T data;
  Element *next;
};
```

Liste besteht aus 2 Zeigern:
Zeiger auf Listenkopf (Anfang)
Zeiger auf Listenfuß (Ende)

Nutzdaten
Zeiger auf nächstes Element

```
Liste *create() {
  Liste *L = new Liste;
  L->head = L->foot = 0;
  return L;
}
```

Laufzeit:
unabhängig von Listenlänge

```
bool empty(Liste *liste) {
  return liste->foot == 0;
}
```

Laufzeit:
unabhängig von Listenlänge

ADT Liste (2. Version)

```
struct Liste {
  Element *head;
  Element *foot;
};
struct Element {
  T data;
  Element *next;
};
```

```
bool is_elem(T x, Liste *liste) {
  if (empty(liste)) return false;
  Element *elem = liste->head;
  while (elem != 0) {
    if (elem->data == x) return true;
    elem = elem->next;
  }
  return false;
}
```

iterativer Durchlauf von
„vorne“ nach „hinten“

Laufzeit:
proportional zur Listenlänge

→ keine Verbesserung (OK)

ADT Liste (2. Version)

```
struct Liste {
  Element *head;
  Element *foot;
};
struct Element {
  T data;
  Element *next;
};
```

```
void clear(Liste *liste) {
  if (empty(liste)) return;
  Element *elem = liste->head;
  liste->head = elem->next;
  clear(liste);
  delete elem;
}
```

rekursives Löschen von
„hinten“ nach „vorne“

Laufzeit:
proportional zur Listenlänge

→ keine Verbesserung (OK)

ADT Liste (2. Version)

```
struct Liste {
  Element *head;
  Element *foot;
};
struct Element {
  T data;
  Element *next;
};
```

```
Liste *prepend(T x, Liste *liste) {
  Element *elem = new Element;
  elem->data = x;
  elem->next = liste->head;
  if (empty(liste)) liste->foot = elem;
  liste->head = elem;
  return liste;
}
```

Laufzeit:
unabhängig von Listenlänge

ADT Liste (2. Version)

```
struct Liste {
  Element *head;
  Element *foot;
};
struct Element {
  T data;
  Element *next;
};
```

```
Liste *append(T x, Liste *liste) {
  Element *elem = new Element;
  elem->data = x;
  elem->next = 0;
  if (empty(liste)) liste->head = elem;
  else liste->foot->next = elem;
  liste->foot = elem;
}
```

Laufzeit:
unabhängig von Listenlänge

→ Verbesserung!

ADT Liste (2. Version)

Zusammenfassung:

1. Laufzeit von clear proportional zur Listenlänge
   → kann nicht verbessert werden, weil ja jedes Element gelöscht werden muss
   → unproblematisch, weil nur selten aufgerufen
2. Laufzeit von is_elem proportional zur Listenlänge
   → kann bei dieser **Datenstruktur** nicht verbessert werden
   → verbessern wir gleich durch ADT BinärBaum
3. Laufzeit von append unabhängig von Listenlänge
   → war proportional zur Listenlänge in 1. Version
   → Verbesserung erzielt durch Veränderung der **Implementierung**

ADT Binäre Bäume

Vorbemerkungen:

Zahlenfolge (z. B. 17, 4, 36, 2, 8, 19, 40, 6, 7, 37) soll gespeichert werden, um später darin suchen zu können

Man könnte sich eine Menge A vorstellen mit Anfrage: Ist 40 ∈ A ?

Mögliche Lösung: Zahlen in einer Liste speichern und nach 40 suchen …

… aber: **nicht effizient**,
weil im schlechtesten Fall alle Elemente überprüft werden müssen!

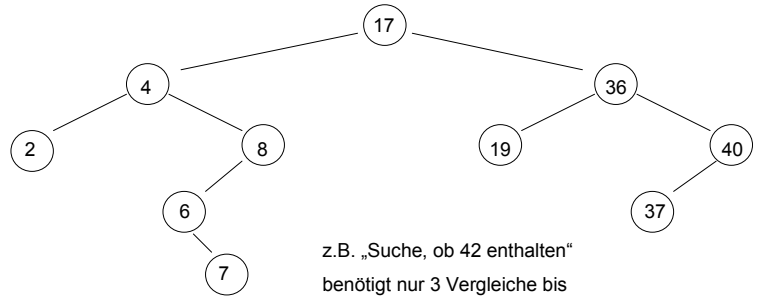
Bessere Lösungen?

ADT Binäre Bäume

Beispiel:

Zahlenfolge 17, 4, 36, 2, 8, 19, 40, 6, 7, 37

kleiner	: nach links
größer	: nach rechts



z.B. „Suche, ob 42 enthalten“

benötigt nur 3 Vergleiche bis zur Entscheidung `false`