TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

ALGORITHMEN UND DATENSTRUKTUREN

ÜBUNG 6: LISTEN & BÄUME

Eric Kunze

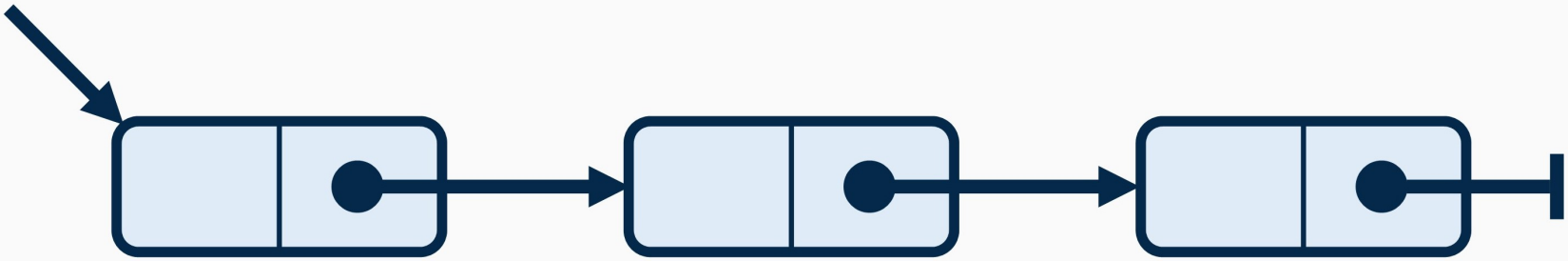
eric.kunze@tu-dresden.de

TU Dresden, 11. November 2021

VERKETTETE LISTEN

Wir betrachten *verkettete* Listen.

- Listenelemente
- Verkettungen



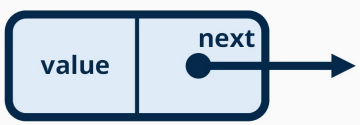
VERKETTETE LISTEN

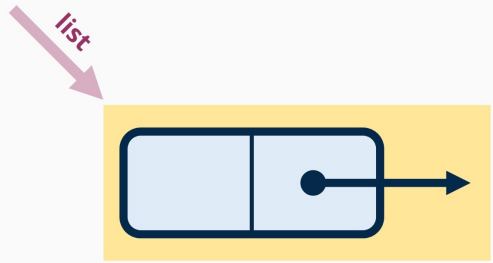
```
1 typedef struct element *list;
2 struct element {int value; list next};
```

- `struct element` definiert einen neuen Datentypen
- `int value` ist der Wert des Listenelements
- `typedef` definiert nur einen Alias
  - Wir dürfen jeden Pointer auf ein `struct element` auch einfach `list` nennen.
- `list next` ist ein Element vom Typ `list`
  - ein Pointer auf ein `struct element` (das nächste Listenelement)

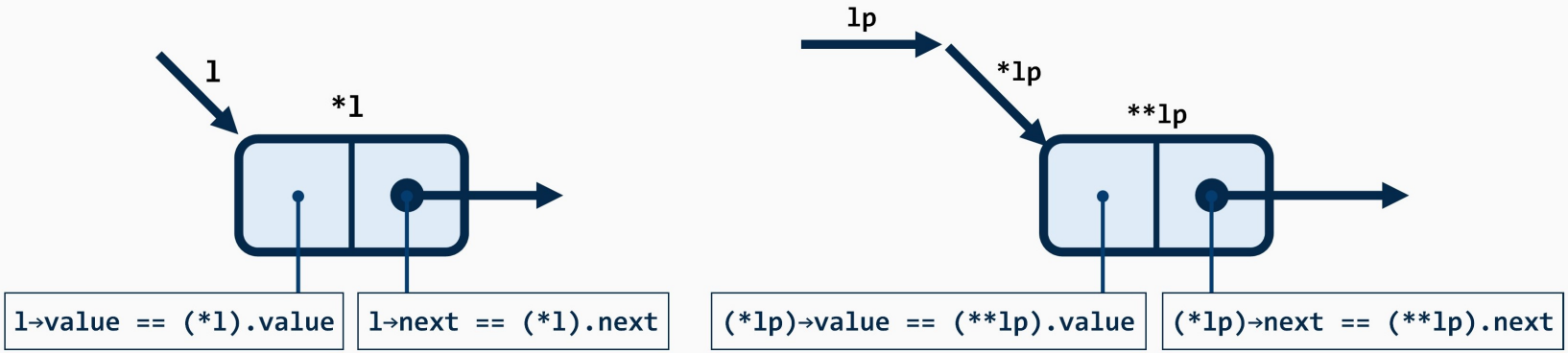
```
struct element { int value; list next }
```

```
typedef struct element *list
```





DIE OPERATOREN &, *, ->, .

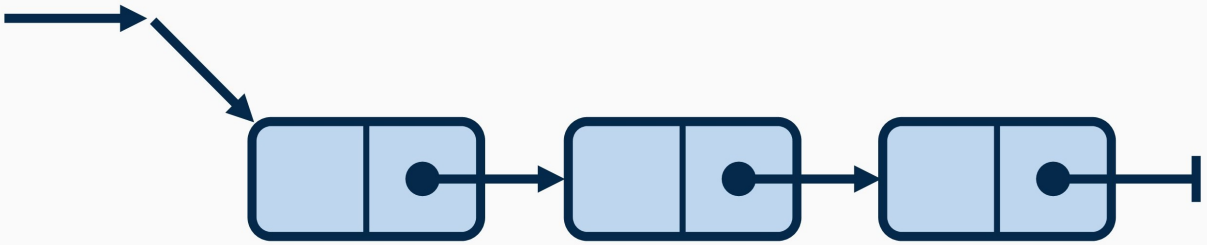


Die Operatoren & und * binden schwächer als . und ->.

- `l->value == (*l).value`
- `&l->next == &((*l).next)`

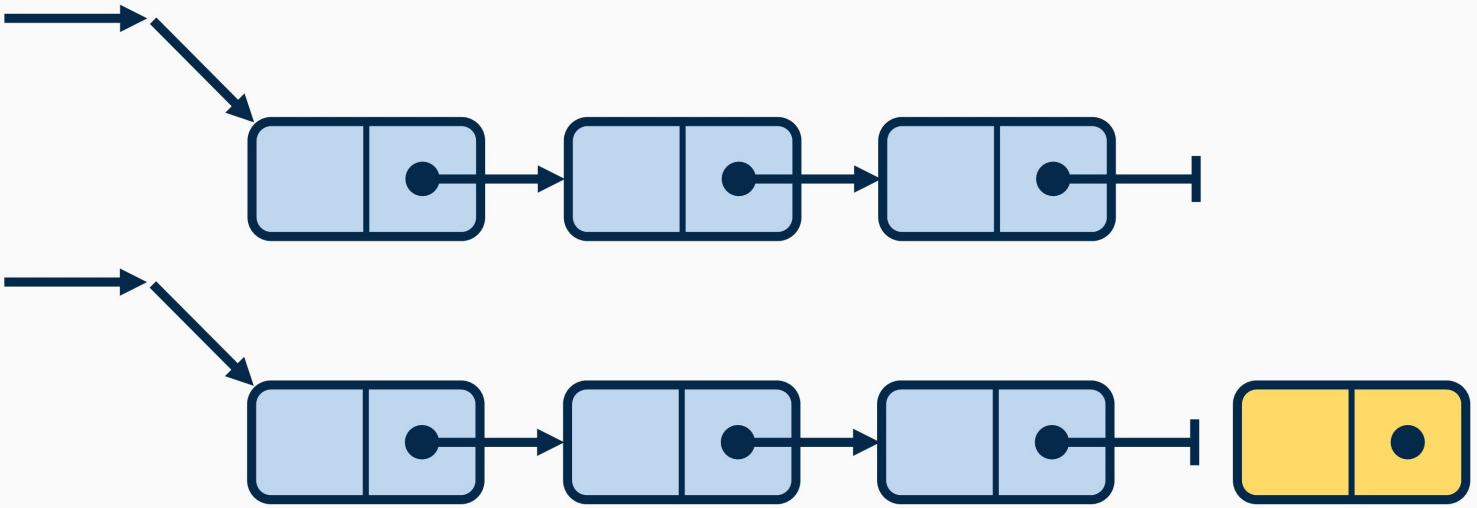
AUFGABE 1 — TEIL (A)

Anfügen an eine Liste



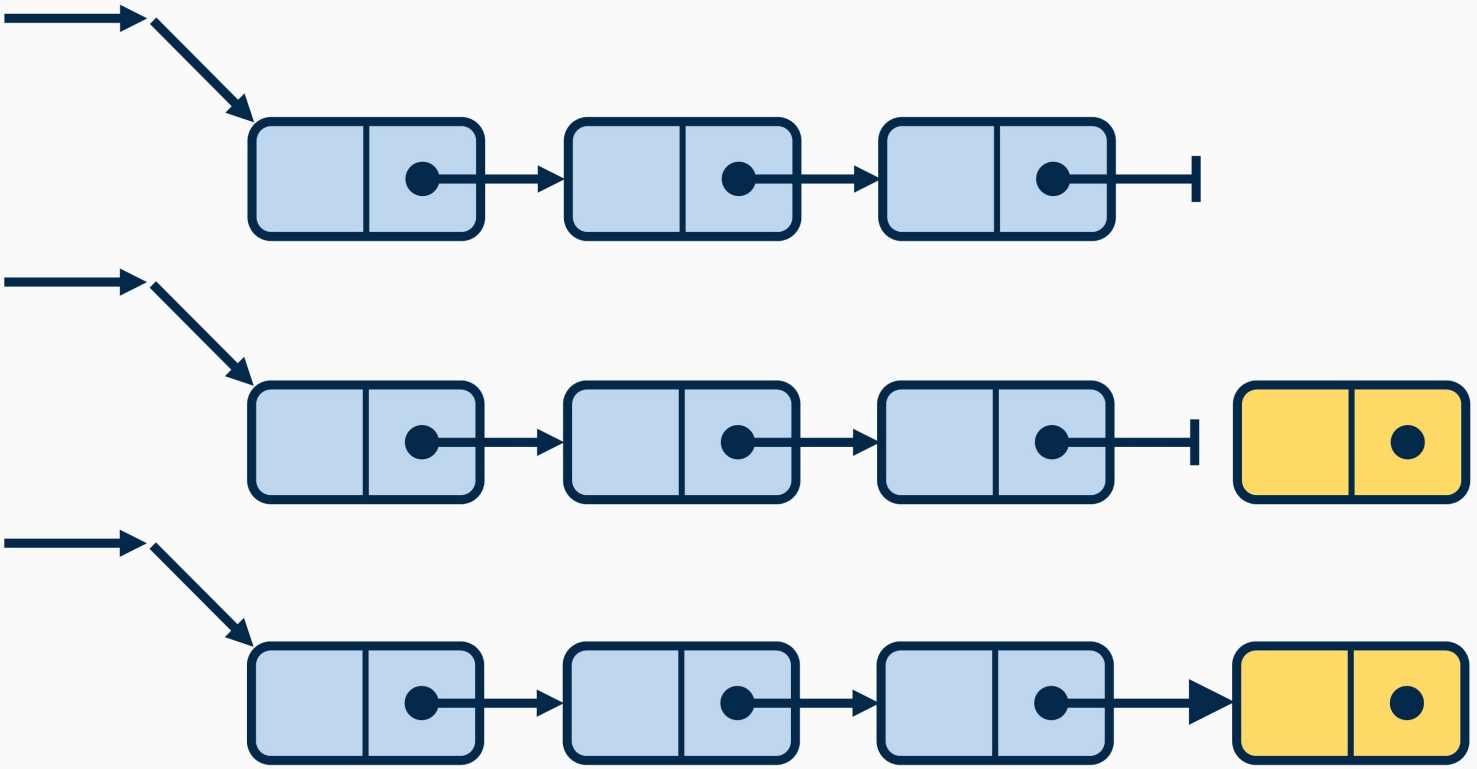
AUFGABE 1 — TEIL (A)

Anfügen an eine Liste



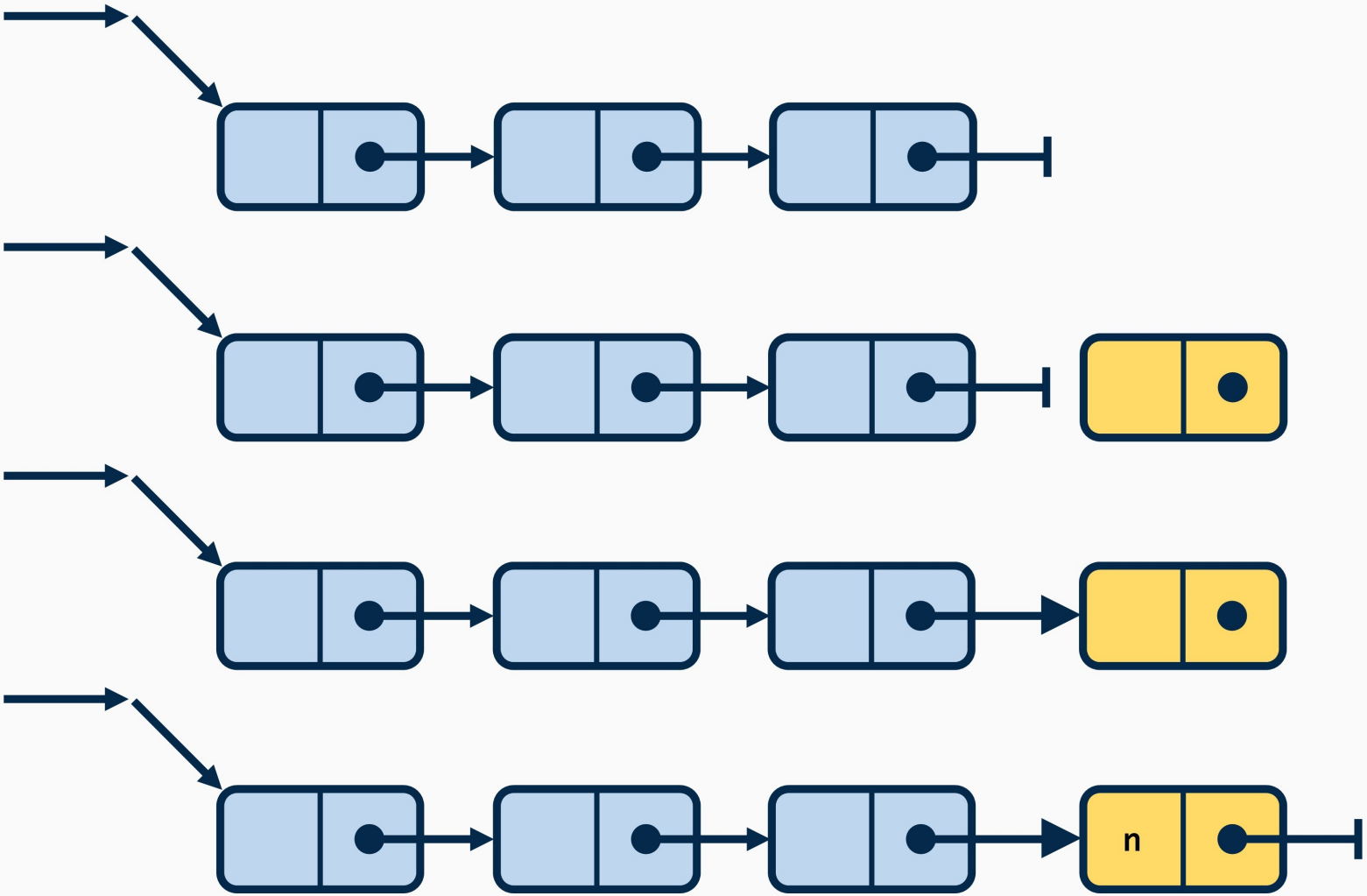
AUFGABE 1 — TEIL (A)

Anfügen an eine Liste

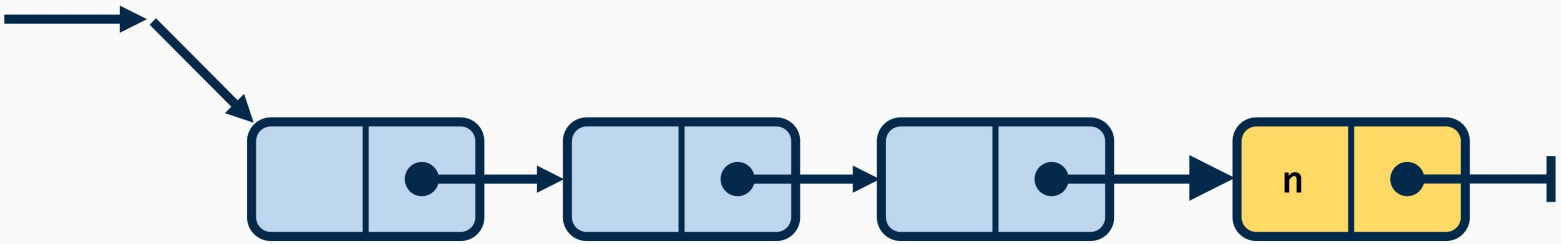


AUFGABE 1 — TEIL (A)

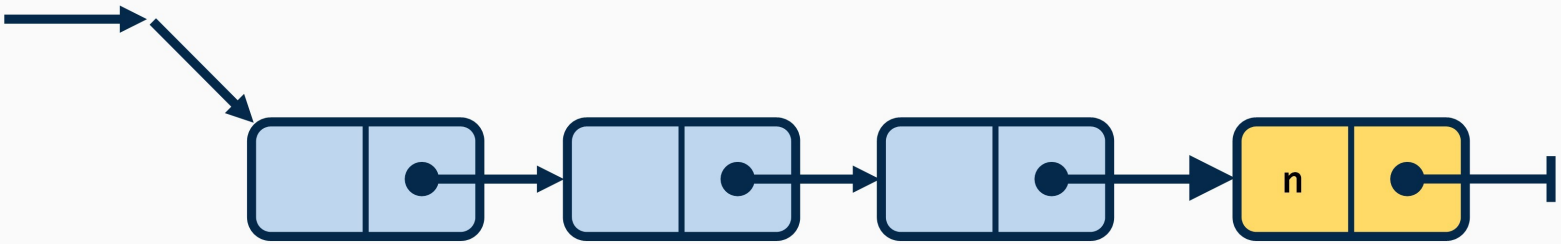
Anfügen an eine Liste



Anfügen an eine Liste



Anfügen an eine Liste



- Gehe zum Ende der Liste
- Allokiere neuen Speicherplatz und verknüpfe mit neues Element mit bisheriger Liste
  - Nachfolger-Pointer des bisherigen letzen Listenelements auf auf neues Listenelement zeigen lassen
- Fülle das Listenelement mit Schlüsselwert und Nachfolger (= `NULL`)

AUFGABE 1 — TEIL (A)

Anfügen an eine Liste

- Gehe zum Ende der Liste
- Allokiere neuen Speicherplatz und verknüpfe mit neues Element mit bisheriger Liste
  - Nachfolger-Pointer des bisherigen letzen Listenelements auf auf neues Listenelement zeigen lassen
- Fülle das Listenelement mit Schlüsselwert und Nachfolger (= `NULL`)

Anfügen an eine Liste

- Gehe zum Ende der Liste
- Allokiere neuen Speicherplatz und verknüpfe mit neues Element mit bisheriger Liste
  - Nachfolger-Pointer des bisherigen letzen Listenelements auf auf neues Listenelement zeigen lassen
- Fülle das Listenelement mit Schlüsselwert und Nachfolger (= `NULL`)

```
1  void append(list *lp, int n){
2      while(*lp != NULL)
3          lp = &((*lp)->next) ;
4      (*lp) = malloc(sizeof(struct element));
5      (*lp)->key  = n;
6      (*lp)->next = NULL;
7  }
```

AUFGABE 1 — TEIL (A)

Liste erstellen (mit `append`)

- erzeuge leere Liste
- hänge Listenelemente an leere Liste an (durch Aufrufe von `append`)

AUFGABE 1 — TEIL (A)

Liste erstellen (mit `append`)

- erzeuge leere Liste
- hänge Listenelemente an leere Liste an (durch Aufrufe von `append`)

```
1  list l = NULL;
2  append(&l, 4);
3  append(&l, 2);
4  append(&l, 0);
```

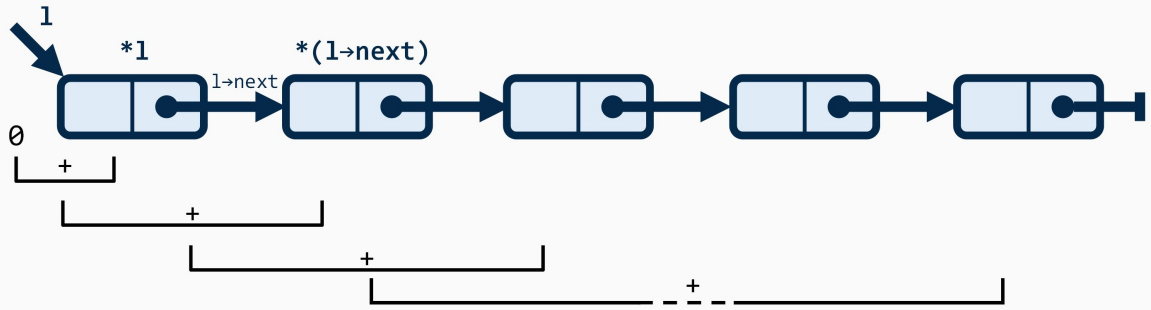
AUFGABE 1 — TEIL (B)

Summe einer Liste — iterativ

- addiere Schlüsselwerte in Hilfsvariable `result` auf
- laufe Liste entlang → Pointer immer weiter „schalten“

Summe einer Liste — iterativ

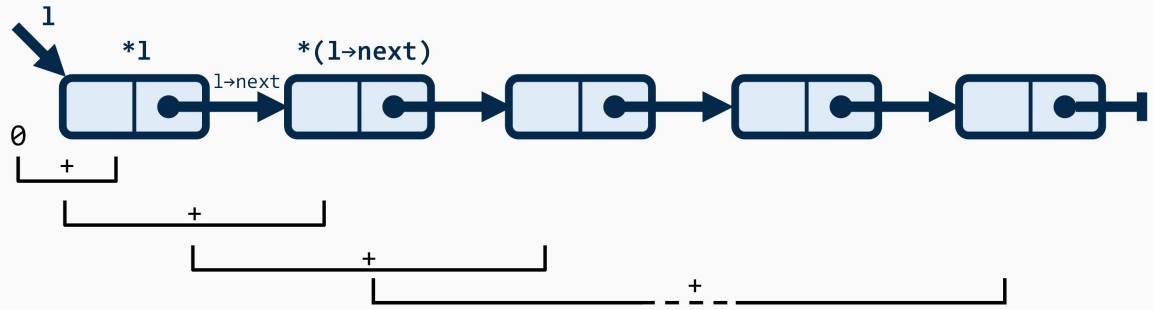
- addiere Schlüsselwerte in Hilfsvariable `result` auf
- laufe Liste entlang → Pointer immer weiter „schalten“



AUFGABE 1 — TEIL (B)

Summe einer Liste — iterativ

- addiere Schlüsselwerte in Hilfsvariable `result` auf
- laufe Liste entlang → Pointer immer weiter „schalten“




```
1  int sum_it(list l) {
2    int result = 0;
3    while (l != NULL) {
4      result = result + l->value;
5      l = l->next;    // "start"zeiger weiterschalten
6    }
7    return result;
8  }
```

AUFGABE 1 — TEIL (B)

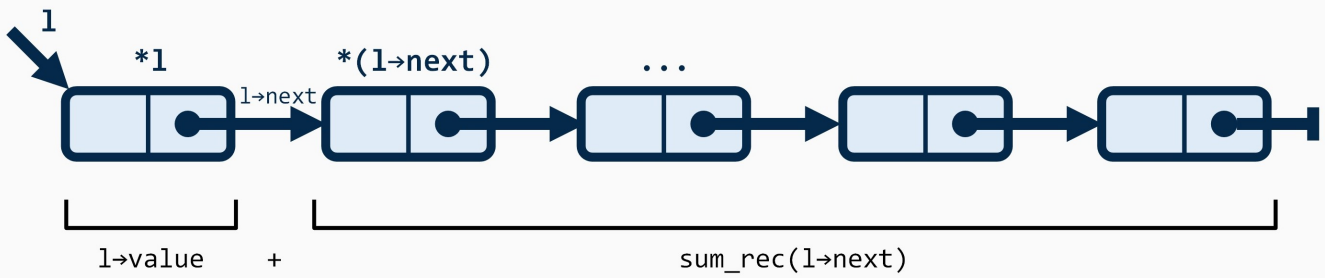
Summe einer Liste — rekursiv

- definiere Basisfall: leere Liste → Rückgabewert `0`
- rufe Funktion rekursiv auf — mit `next`-Pointer als neuen Startpointer

AUFGABE 1 — TEIL (B)

Summe einer Liste — rekursiv

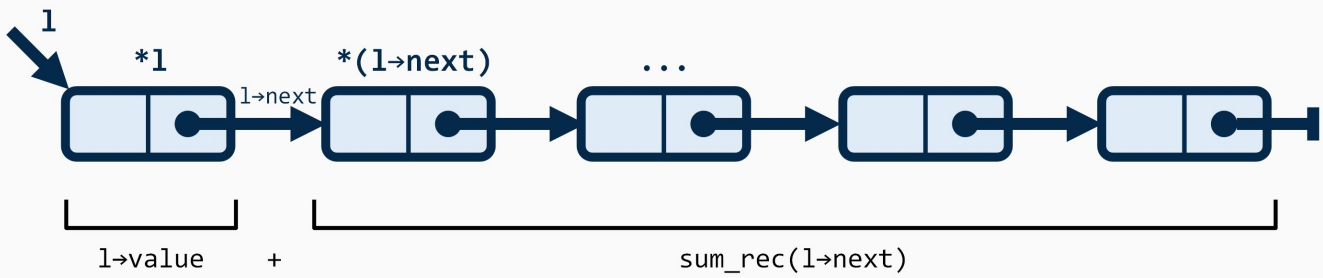
- definiere Basisfall: leere Liste → Rückgabewert `0`
- rufe Funktion rekursiv auf — mit `next`-Pointer als neuen Startpointer



AUFGABE 1 — TEIL (B)

Summe einer Liste — rekursiv

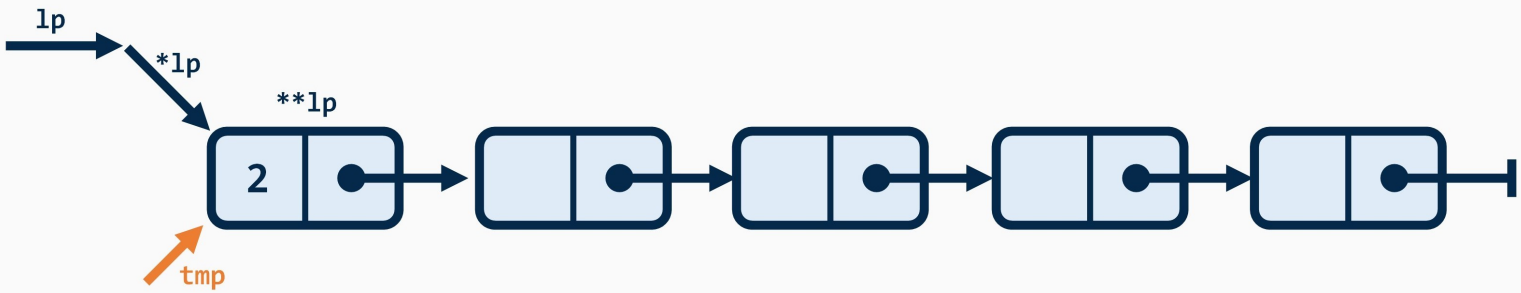
- definiere Basisfall: leere Liste → Rückgabewert `0`
- rufe Funktion rekursiv auf — mit `next`-Pointer als neuen Startpointer




```
1  int sum_rec(list l) {
2    if (l == NULL) return 0;
3      /* nach letztem element nichts mehr addieren */
4    return l->value + sum_rec(l->next);
5      /* nimm key und addiere summe der restliste */
6  }
```

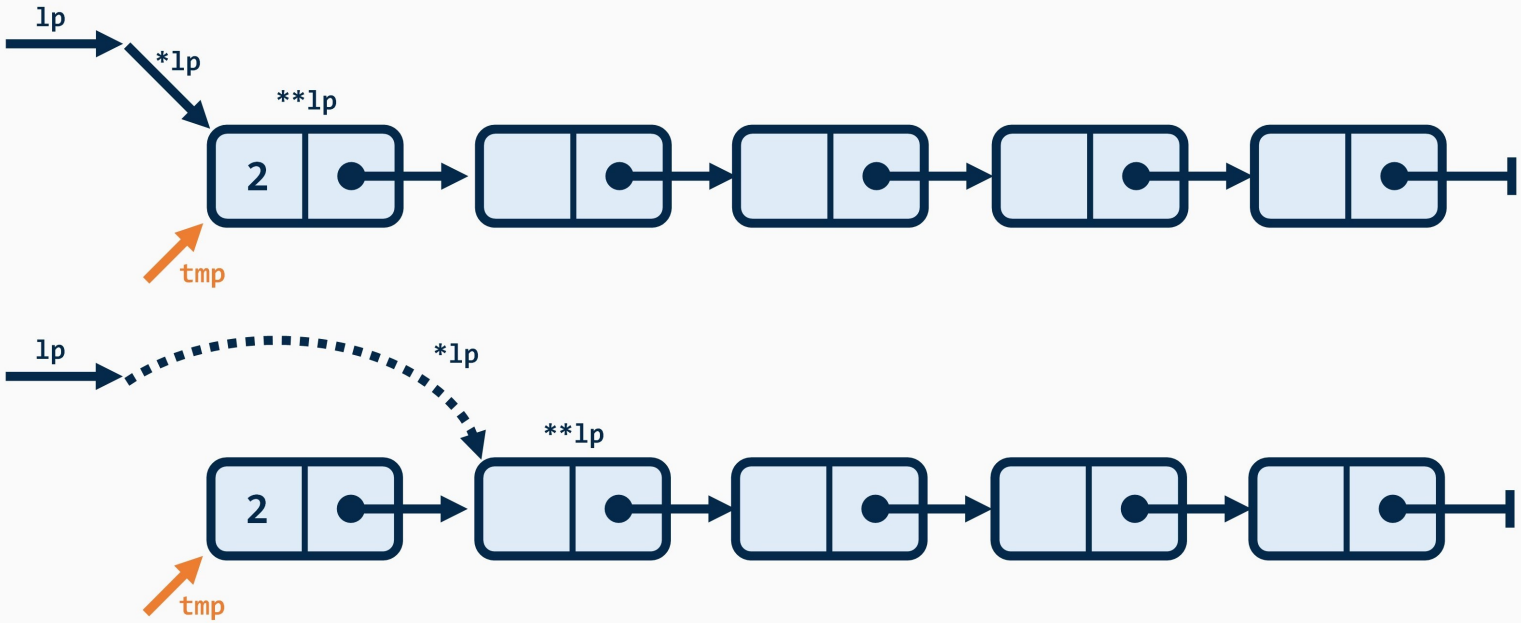
AUFGABE 1 — TEIL (C)

Löschen von Elementen

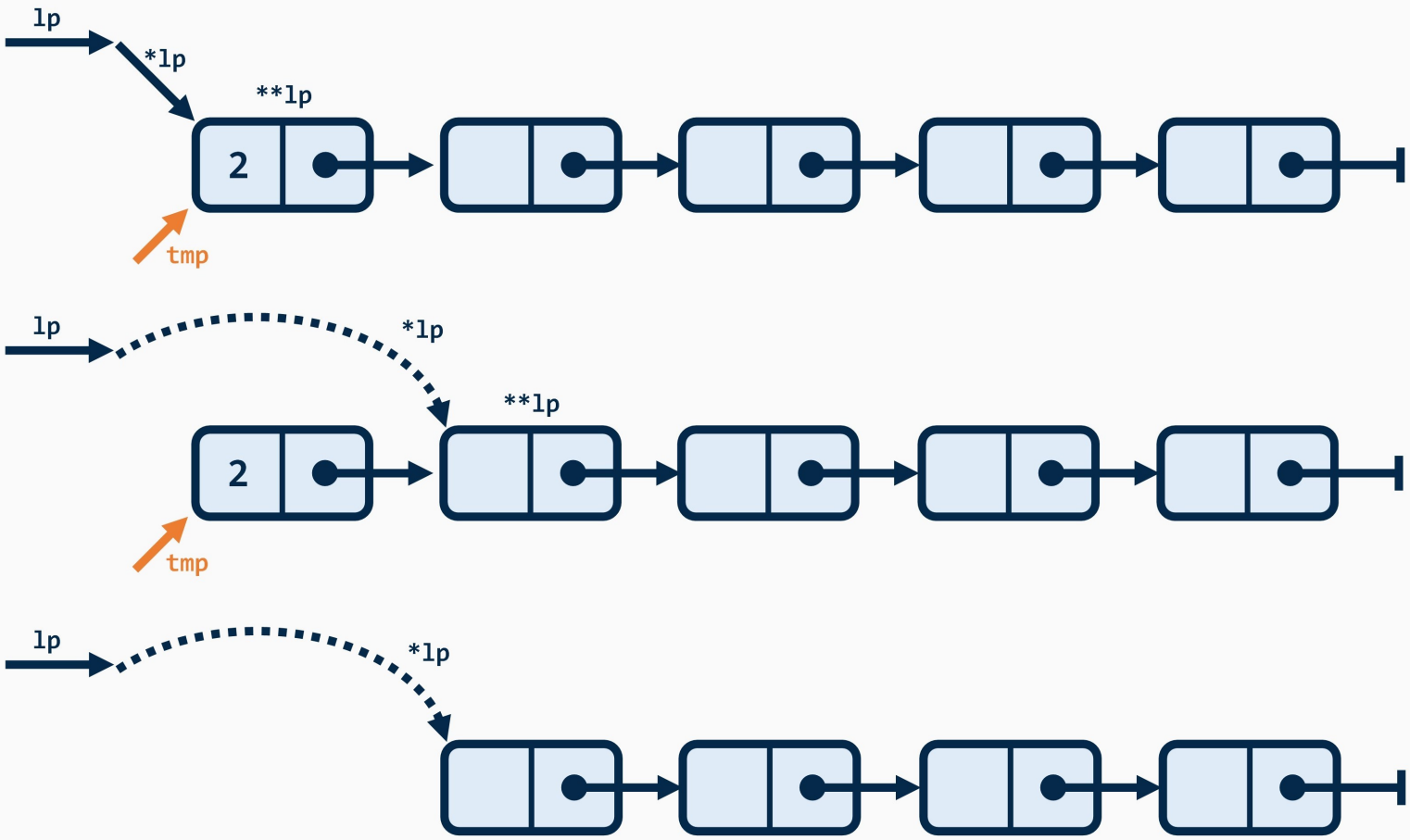


AUFGABE 1 — TEIL (C)

Löschen von Elementen



Löschen von Elementen



Löschen von Elementen — iterativ

- laufe Liste entlang, solange nicht am Ende angekommen
- zeigt `*lp` auf einen geraden Schlüssel → *löschen*
  - merke Zugriff auf `*lp` (zu löschen) in `tmp`
  - überspringe zu löschendes Element
  - befreie zu löschendes Element (Zugriff via `tmp`)

Löschen von Elementen — iterativ

- laufe Liste entlang, solange nicht am Ende angekommen
- zeigt `*lp` auf einen geraden Schlüssel → *löschen*
  - merke Zugriff auf `*lp` (zu löschen) in `tmp`
  - überspringe zu löschendes Element
  - befreie zu löschendes Element (Zugriff via `tmp`)

```
1  void rmEvens_it(list *lp) {
2      while (lp != NULL && *lp != NULL) {
3          if ((*lp)->value % 2 == 0) {
4              list tmp = *lp;
5              *lp = (*lp)->next;
6              free(tmp);
7          } else
8              lp = &(*lp)->next;
9      }
10 }
```

Löschen von Elementen — rekursiv

- Basisfall: keine Liste oder Liste leer → tue nichts
- Fallunterscheidung bzgl. Schlüsselwert
  - gerade: löschen & Speicher befreien wie in iterativer Variante
  - ungerade: überspringe dieses Element
- verfahre so weiter mit der Restliste

Löschen von Elementen — rekursiv

- Basisfall: keine Liste oder Liste leer → tue nichts
- Fallunterscheidung bzgl. Schlüsselwert
  - gerade: löschen & Speicher befreien wie in iterativer Variante
  - ungerade: überspringe dieses Element
- verfahre so weiter mit der Restliste

```
1  void rmEvens_rec(list *lp) {
2      if (lp == NULL || *lp == NULL) return ;
3      if ((*lp)->value % 2 == 0) {
4          list tmp = *lp;
5          *lp = (*lp)->next;
6          free(tmp);
7      } else
8          lp = &(*lp)->next;
9      rmEvens_rec(lp);
10 }
```

Next Level:
Bäume

DATENSTRUKTUREN

```
1    typedef struct element *list;
2    struct element { int value; list next; };
```

DATENSTRUKTUREN

```
1  typedef struct element *list;
2  struct element { int value; list next; };
```

```
1  typedef struct node *tree;
2  struct node { int key; tree left, right; };
```

AUFGABE 2 — TEIL (A)

Verknüpfen zweier Bäume mit einem neuen Wurzelnoten

AUFGABE 2 — TEIL (A)

Verknüpfen zweier Bäume mit einem neuen Wurzelnoten

- lege neuen Wurzelknoten an
- verknüpfe Wurzelknoten mit bestehenden Bäumen
- fülle neue Wurzel mit Inhalt

AUFGABE 2 — TEIL (A)

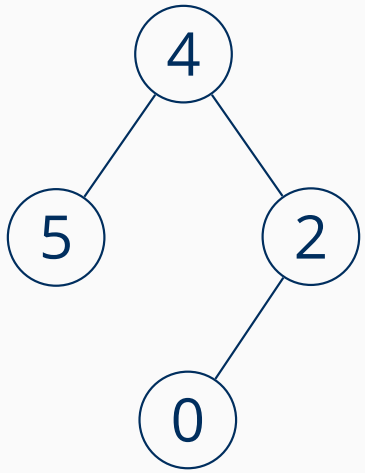
Verknüpfen zweier Bäume mit einem neuen Wurzelnoten

- lege neuen Wurzelknoten an
- verknüpfe Wurzelknoten mit bestehenden Bäumen
- fülle neue Wurzel mit Inhalt

```
1  tree createNode(int n, tree l, tree r) {
2    tree t   = malloc(sizeof(struct node));
3    t->left  = l;
4    t->right = r;
5    t->key   = n;
6    return t;
7  }
```

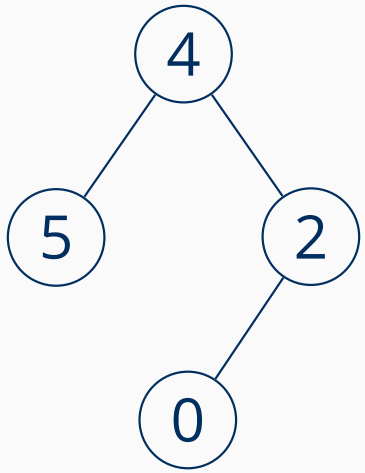
AUFGABE 2 — TEIL (A)

Beispielbaum:



AUFGABE 2 — TEIL (A)

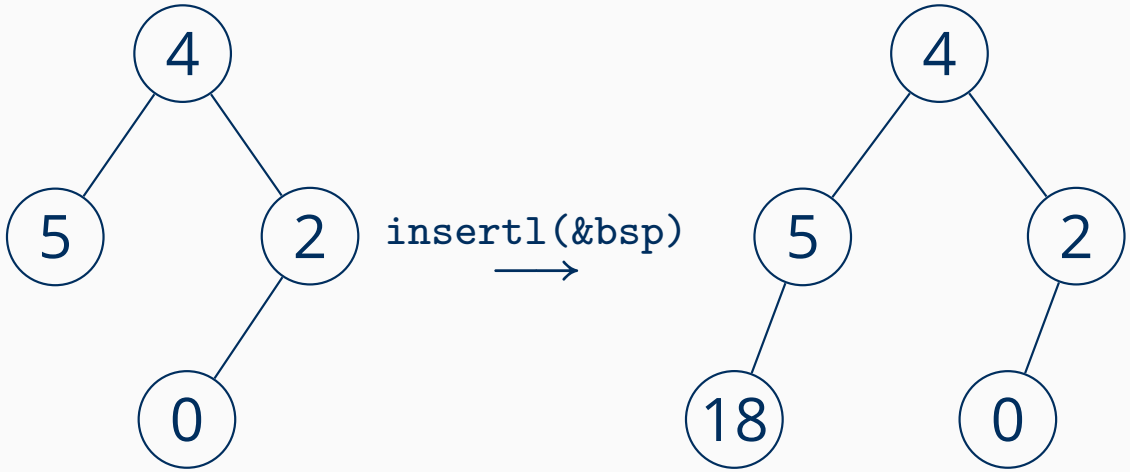
Beispielbaum:




```
tree bsp =
createNode(4,
createNode(5, NULL, NULL),
createNode(2,
createNode(0, NULL, NULL),
NULL));
```

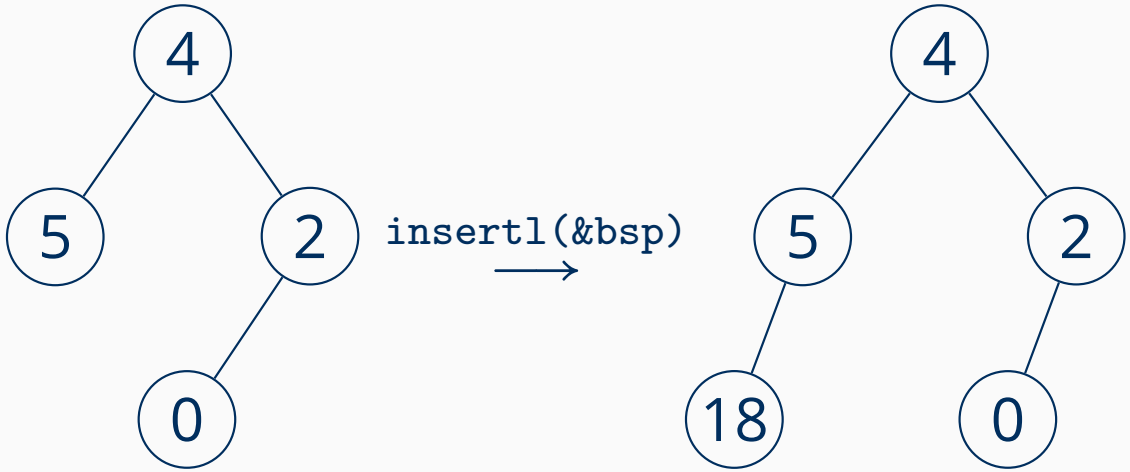
AUFGABE 2 — TEIL (B)

Beispiel:



AUFGABE 2 — TEIL (B)

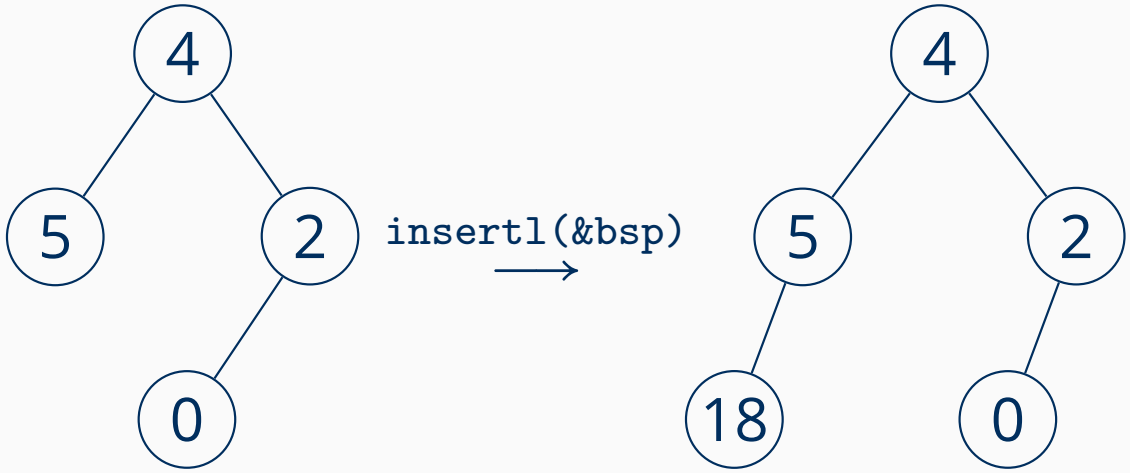
Beispiel:



- solange kein Blatt erreicht: füge in den linken Teilbaum ein
- am Blatt: ein neuen Knoten einfügen (`createNode`)

AUFGABE 2 — TEIL (B)

Beispiel:



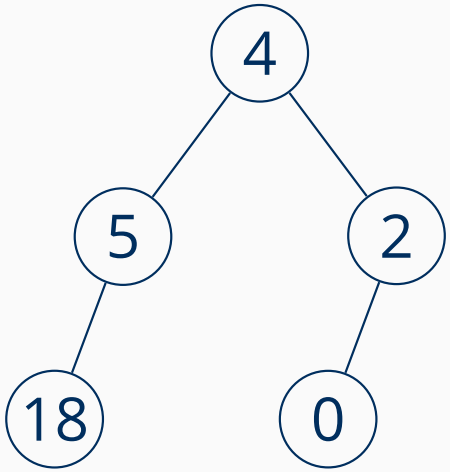
- solange kein Blatt erreicht: füge in den linken Teilbaum ein
- am Blatt: ein neuen Knoten einfügen (`createNode`)

```
1  void insertl(tree *tp, int n) {
2    if (*tp != NULL)
3    insertl(&((*tp)->left), n);
4    else
5    *tp = createNode(n, NULL, NULL);
6  }
```

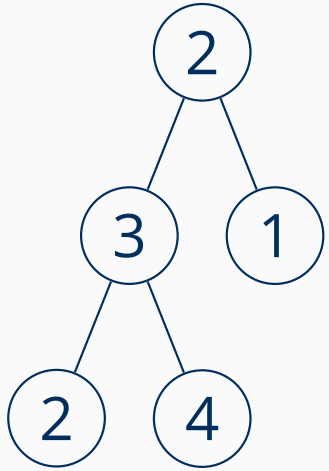
AUFGABE 2 — TEIL (C)

Beispiele:

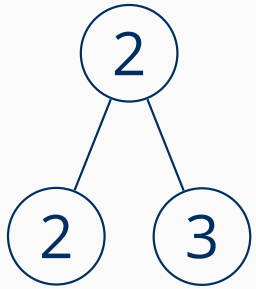
bsp



s



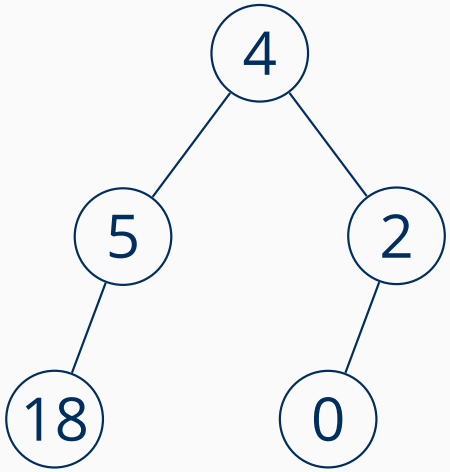
t



AUFGABE 2 — TEIL (C)

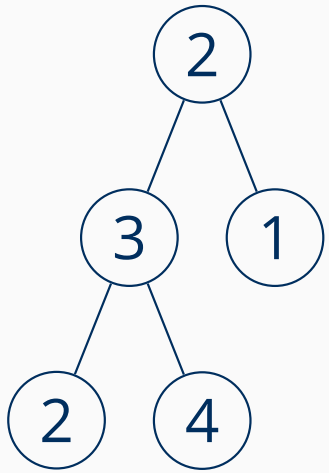
Beispiele:

bsp



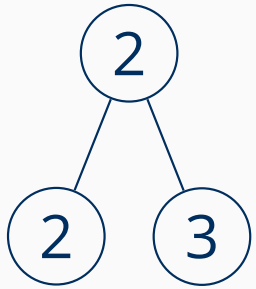
`leafprod(bsp) = 0`

s



`leafprod(s) = 8`

t



`leafprod(t) = 6`

AUFGABE 2 — TEIL (C)

- leerer Baum: `leafprod = 1`
- Rekursion: berechne `leafprod` in linkem und rechtem Teilbaum

AUFGABE 2 — TEIL (C)

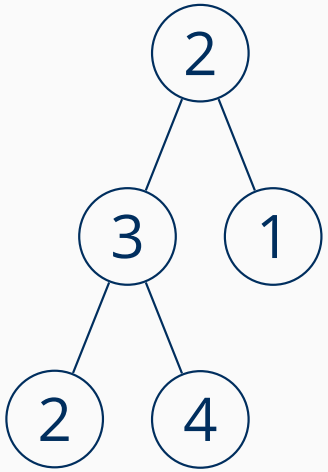
- leerer Baum: `leafprod = 1`
- Rekursion: berechne `leafprod` in linkem und rechtem Teilbaum

```
1  int leafprod(tree t){
2    if (t == NULL)
3    return 1;
4    if (t->left == NULL && t->right == NULL)
5    return t->key;
6    return leafprod(t->left) * leafprod(t->right);
7  }
```

AUFGABE 2 — TEIL (D)

Man übernehme nur gerade Elemente!

Beispiel:

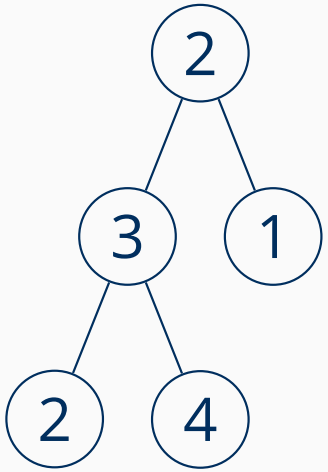


`treeToList(s)` ⟶ `[2, 4, 2]`

AUFGABE 2 — TEIL (D)

Man übernehme nur gerade Elemente!

Beispiel:



`treeToList(s)` $\longrightarrow$ `[2, 4, 2]`

Inorder – Durchlauf:

- traversiere durch linken Teilbaum
- Wurzel gerade? → anhängen an Liste mit `append`
- traversiere durch rechten Teilbaum

AUFGABE 2 — TEIL (D)

```
1    void append(list *lp, int n)
```

AUFGABE 2 — TEIL (D)

```
1    void append(list *lp, int n)
```

```
1    void treeToList_rec(tree t, list *lp){
2      if (t == NULL) return ;
3      treeToList_rec(t->left, lp);
4      if (t->key % 2 == 0)
5      append(lp, t->key);
6      treeToList_rec(t->right, lp);
7    }
```

AUFGABE 2 — TEIL (D)

```
1    void append(list *lp, int n)
```

```
1    void treeToList_rec(tree t, list *lp){
2      if (t == NULL) return ;
3      treeToList_rec(t->left, lp);
4      if (t->key % 2 == 0)
5      append(lp, t->key);
6      treeToList_rec(t->right, lp);
7    }
```

```
1    list treeToList(tree t){
2      list l = NULL;
3      treeToList_rec(t,&l);
4      return l;
5    }
```