Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Technik der Informationsverarbeitung

Institutsleitung
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. J. Becker
Prof. Dr.-Ing. E. Sax
Prof. Dr. rer. nat. W. Stork

Übung07: Informationstechnik (IT)

Harald Bucher

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)

Besprechung der Übungsaufgaben 7.01-7.05

Klausur SS2015

Karlsruher Institut für Technologie

- **Schriftliche Prüfung (Vorlesung und Übung)**
  - **01.10.2015 14:00 bis 16:00 Uhr**
    Audimax, Gerthsen, Fasanengarten, Gaede, HS 37
  - **Dauer 2 Stunden**
  - **Hilfsmittel: ein Blatt eigene Notizen (2-seitig, handschriftlich)**
  - Anmeldung
    - Bachelor: Verwendung der Selbstbedienungsfunktion des Studienbüros https://studium.kit.edu/
    - Andere: Direkte Anmeldung durch Abgabe des blauen Zettels oder Entsprechendem (min. eine Woche vorher)
  - **Anmeldezeitraum:** 14.04.2015 – 24.09.2015
    - Nur angemeldete Studenten können an der Klausur teilnehmen
  - **Abmeldeschluss:** 24.09.2015
    - Sie können sich bis zum Austeilen der Prüfungsfragen abmelden
- Probeklausur wird in ILIAS bereitgestellt

Inhalt: Übung07

1. • Verständnisfragen
2. • Arrays & Sortieren
3. • Laufzeitanalyse Insertion-Sort
4. • Tiefensuche

Aufg. 7.01: Verständnisfragen Lsg. (1)

a) Ein Algorithmus ist eine genau definierte Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems oder einer bestimmten Art von Problemen in endlich vielen Schritten.

b) Dynamische Finitheit besagt, dass das Verfahren zu jedem Zeitpunkt nur endlich viel Speicherplatz benötigen darf.

c) Komplexitätstheorie bezeichnet das Verhalten von Algorithmen bezüglich Ressourcenbedarf, wie Rechenzeit und Speicherbedarf.

d) Berechenbarkeitstheorie besagt, dass:

   i. der Algorithmus bei denselben Voraussetzungen das gleiche Ergebnis liefern muss. Falsch

   ii. jeder Schritt des Verfahrens tatsächlich ausführbar sein muss. Falsch

   iii. das Verhalten bezüglich der Terminierung (ob der Algorithmus überhaupt jemals erfolgreich beendet werden kann) erfüllt sein soll. Richtig

Aufg. 7.01: Verständnisfragen Lsg. (2)

e) Ein Algorithmus kann mit Pseudo Code oder Nassi-Shneiderman Diagrammen oder Ablaufdiagrammen beschrieben werden.

f) Der Quicksortalgorithmus benötigt, abgesehen von dem für die Rekursion benötigten Platz auf dem Aufruf-Stack, keinen zusätzlichen Speicherplatz. Richtig

g) Die Laufzeit des Quicksortalgorithmus ist abhängig von der Zerlegung des Feldes (Aufbau des Feldes - Zufall).

h) Merge Sort ist ein Sortieralgorithmus, der auf dem Prinzip Teile und Herrsche basiert.

i) Die Tiefensuche ist geeignet, um Eigenschaften von allen Knoten in einem Graphen auf dem Bildschirm auszugeben. Richtig

Aufg. 7.01: Verständnisfragen Lsg. (3)

j) Nennen Sie vier verschiedene Suchalgorithmen.

Lineare Suche, Binäre Suche, Interpolationssuche, Breitensuche, Tiefensuche

k) Wann heißen zwei Graphen G1 und G2 isomorph?

Zwei Graphen G1 und G2 heißen isomorph, wenn es eine bijektive Abbildung der Knoten- und Kantenmengen von G1 auf die entsprechenden Mengen von G2 gibt, so dass die Inzidenzbeziehungen erhalten bleiben.

l) Welche zusätzlichen Eigenschaften muss ein Graph erfüllen, damit er ein Baum ist?

Ein Baum ist zyklenfrei und zusammenhängend.

Aufg. 7.01: Verständnisfragen Lsg. (1)

m) Beim Optimierungsverfahren Random-Interchange wird ein Austausch auch beibehalten, falls dies zu einer Verschlechterung der Kosten führt. Falsch

n) Beim Optimierungsverfahren Simulated Annealing wird ein Schritt, welcher zu einer Verbesserung führt immer ausgeführt. Richtig

o) Beim Kernighan-Lin-Algorithmus wird eine Vertauschung nicht durchgeführt, wenn Sie zu einer Verschlechterung der Gesamtkosten führt. Falsch

p) Beschreiben Sie das Prinzip der Rekombination (Kreuzung) in Bezug auf Evolutionäre Algorithmen:
Geschlechtliche Fortpflanzung: Zwei Individuen vermischen ihre Erbanlagen und "zeugen" zwei Nachkommen, die die Position ihrer Eltern in der Population übernehmen, d.h. Nachkommen ersetzen ihre Vorfahren.

Aufg. 7.02: Arrays und Sortieren

- Schreiben Sie ein Programm, welches mit Hilfe eines InsertionSort-Algorithmus ein 1-dimensionales Array in aufsteigender Reihenfolge sortiert. Testen Sie anschließend Ihr Programm mit geeigneten Testarrays.
- Der folgende Pseudocode beschreibt den InsertionSort-Algorithmus.
- Hinweis: Beachten Sie, dass bei C++ ein Array an der Stelle 0 beginnt, dies ist nicht im Pseudocode berücksichtigt.

```
1 for j = 2 to length[A]
2 do key = A[j]
     //Füge A[j] ein in die sortierte Folge A[1 .. j – 1].
3    i = j – 1
4    while i > 0 and A[i] > key
5    do A[i + 1] = A[i]
6       i = i – 1
7    A[i + 1] = key
```

Aufg. 7.02: Arrays und Sortieren Lsg. (1)

```
int main() {
  long matrix[10] = {546, 21, 65, 1, 987, 88, 654, 5, 98, 123};
  int i, j, key;

  for( j = 1; j <= 9; j++ ) {
    key = matrix[j];
    i = j - 1;
    while( i > -1 && matrix[i] > key ) {
      matrix[i+1] = matrix[i];
      i = i - 1;
    }
    matrix[i+1] = key;
  }

  for( i = 0; i <= 9; i++ )
    cout << setw( 4 ) << matrix[i];
  cout << endl;

  return 0;
}
```

Startet bei 1, da Array bei 0 beginnt

Jedes Element nach dem Ersten

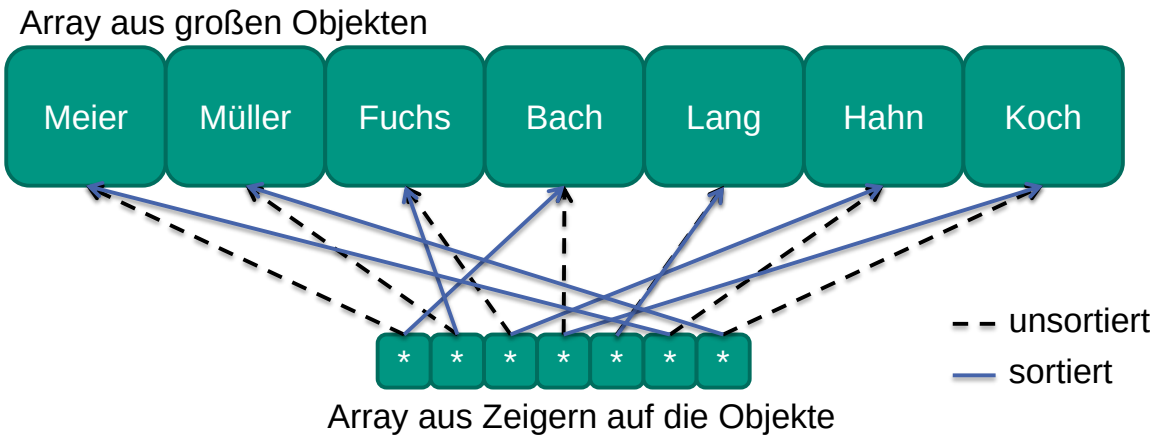
Schiebt die größeren Elemente nach hinten im Array

Fügt das Element an der richtigen Stelle ein

Arrayausgabe

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
   1   5  21  65  88  98 123 546 654 987
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```


Einschub: Sortieren von Zeigern

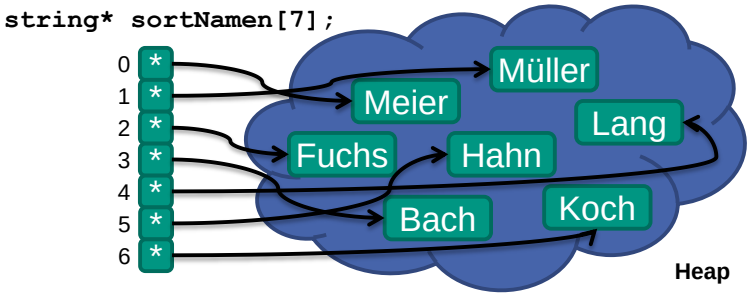


- Nur Veränderung der Zeiger, anstatt die großen Objekte im Array zu verschieben
- Für einzelne dynamisch erzeugte Objekte auf dem Heap ist kein anderes Sortierverfahren anwendbar

Beispiel: Sortieren dynamischer Objekte (1)

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <string>

using namespace std;

class NamenSortieren {
private:
  string* sortNamen[7];
  int laenge;

public:
  void sortieren();
  void erzeugen();
  void ausgeben();
};
```

```
void NamenSortieren::erzeugen() {
  sortNamen[0] = new string( "Meier" );
  sortNamen[1] = new string( "Mueller" );
  sortNamen[2] = new string( "Fuchs" );
  sortNamen[3] = new string( "Bach" );
  sortNamen[4] = new string( "Lang" );
  sortNamen[5] = new string( "Hahn" );
  sortNamen[6] = new string( "Koch" );
  laenge = 7;
}
```



Beispiel: Sortieren dynamischer Objekte (2)

```
void NamenSortieren::sortieren() {
  string* temp = NULL;

  for( int i = 0; i < laenge - 1; i++ ) {
    for( int j = laenge - 1; j >= i + 1; j-- ) {
      if( *sortNamen[j] < *sortNamen[j-1] ) {
        temp = sortNamen[j];
        sortNamen[j] = sortNamen[j-1];
        sortNamen[j-1] = temp;
      }
    }
  }
}
```

BubbleSort-Algorithmus zum Sortieren

Vergleich des Inhalts, worauf das Element im Zeigerarray zeigt

nur verändern der Zeiger im Zeigerarray (Adressen werden vertauscht)

```
void NamenSortieren::ausgeben() {
  cout << left;
  for( int i = 0; i < laenge; i++ )
    cout << setw( 10 ) << *sortNamen[i];

  cout << endl;
}
```

Linksbündig ausgeben

Ausgabe der Namen über Dereferenzierung

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Meier      Mueller    Fuchs      Bach       Lang       Hahn       Koch
Bach       Fuchs      Hahn       Koch       Lang       Meier      Mueller
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

Aufg. 7.03: Laufzeitanalyse Insertion Sort

- In dieser Übung soll die Laufzeit vom "Sortieren durch Einfügen" bzw. Insertion Sort jeweils für den worst- und bestcase bestimmt werden. Hierzu soll anhand des nachstehenden Pseudo-Codes die Gesamtlaufzeit *T(n)* in beiden Fällen ermittelt und jeweils eine obere asymptotische Schranke bestimmt werden. Dabei nimmt man den Wert *n* für die Länge des zu sortierenden Arrays *A*. Noch zu beachten ist, dass c_i die Kosten der Codezeile *i* darstellt.

```
INSERTIONSORT(A)
1 for j = 2 to laenge(A)
2 do key = A[j]
     //Füge A[j] in die sortierte Folge A[1 .. j - 1] ein.
3    i = j - 1
4    while i > 0 and A[i] > key
5    do A[i + 1] = A[i]
6       i = i - 1
7    A[i + 1] = key
```


Aufg. 7.03: Laufzeitanalyse Insertion Sort Lsg.

```
INSERTIONSORT(A)
1 for j = 2 to laenge(A)
2 do key = A[j]
3    i = j - 1
4    while i > 0 and A[i] > key
5    do A[i + 1] = A[i]
6       i = i - 1
7    A[i + 1] = key
```

				Array A			
				1	2	3	4
j	i	key		8	6	4	2
2	1						

Hinweis:

$$\sum_{j=1}^{n}(j)=\frac{n\cdot(n+1)}{2}$$

Aufg. 7.03: Laufzeitanalyse Insertion Sort Lsg. (1)

- Best-Case Betrachtung — n = Länge des Array
  - Array ist vorsortiert → keine Verschiebungen notwendig
  - Schleife von Zeile 1-7 wird n-1 mal ausgeführt
    - Und Zeile 1 noch einmal zusätzlich wenn die Schleife abgebrochen wird
  - Schleife in Zeile 4 wird sofort abgebrochen, da immer A[i] < key
    - Innere Schleife (Zeile 5 & 6) wird daher nie ausgeführt

				Array A			
				1	2	3	4
j	i	key		2	4	6	8
2	1	4		2	4	6	8
3	2	6		2	4	6	8
4	3	8		2	4	6	8

```
INSERTIONSORT(A)
1 for j = 2 to laenge(A)
2 do key = A[j]
3    i = j - 1
4    while i > 0 and A[i] > key
5    do A[i + 1] = A[i]
6       i = i - 1
7    A[i + 1] = key
```

Zeile	Kostenkoeffizient	Zeit (bestcase)
1	c_1	n
2	c_2	n-1
3	c_3	n-1
4	c_4	n-1
5	c_5	0
6	c_6	0
7	c_7	n-1

Aufg. 7.03: Laufzeitanalyse Insertion Sort Lsg. (2)

- Worst-Case Betrachtung
  - Array ist rückwärts sortiert
    - Verschiebungen immer notwendig
  - Nur Änderungen in der inneren Schleife
    - Zeile 4 – 6 neu zu betrachten

				Array A			
				1	2	3	4
j	i	key		8	6	4	2
2	1	6		8	8	4	2
2	0	6		6	8	4	2
3	2	4		6	8	8	2
3	1	4		6	6	8	2
3	0	4		4	6	8	2
4	3	2		4	6	8	8
4	2	2		4	6	6	8
4	1	2		4	4	6	8
4	0	2		2	4	6	8

$$Z_4 = j \qquad \sum_{j=2}^{n} Z_4 = \sum_{j=2}^{n} j = \left(\sum_{j=1}^{n} j\right) - 1$$

$$= \frac{n \cdot (n+1)}{2} - 1 = \frac{n^2 + n}{2} - 1$$

$$Z_5 = Z_6 = j - 1 \qquad \sum_{j=2}^{n} Z_{5,6} = \sum_{j=2}^{n} (j-1) = \sum_{k=1}^{n-1} (k) =$$

$$(k = j - 1) \qquad = \frac{(n-1) \cdot n}{2} = \frac{n^2 - n}{2}$$

Zeile	Kostenkoeffizient	Zeit (worstcase)
1	c_1	n
2	c_2	n-1
3	c_3	n-1
4	c_4	$(n^2+n)/2 - 1$
5	c_5	$(n^2-n)/2$
6	c_6	$(n^2-n)/2$
7	c_7	n-1

Aufg. 7.03: Laufzeitanalyse Insertion Sort Lsg. (3)

```
INSERTIONSORT(A)
1 for j = 2 to laenge(A)
2 do key = A[j]
     //Füge A[j] in die sortierte Folge A[1 .. j – 1] ein.
3    i = j – 1
4    while i > 0 and A[i] > key
5    do A[i + 1] = A[i]
6       i = i – 1
7    A[i + 1] = key
```

Worstcase:
$T(n) = O(n^2)$

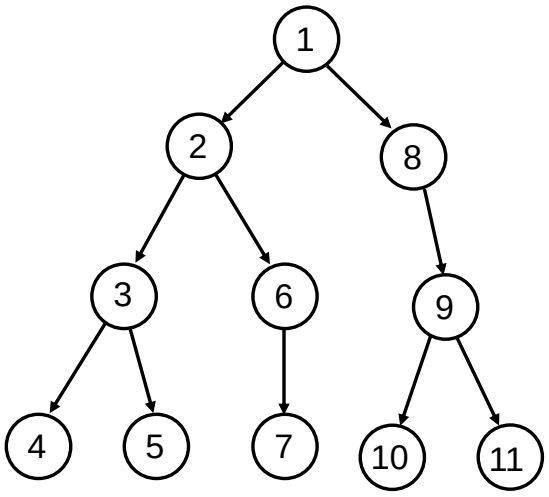
Bestcase:
$T(n) = O(n)$

Zeile	Kostenkoeffizient	Zeit (worstcase)	Zeit (bestcase)
1	c_1	n	n
2	c_2	n-1	n-1
3	c_3	n-1	n-1
4	c_4	$(n^2+n)/2 - 1$	n-1
5	c_5	$(n^2-n)/2$	0
6	c_6	$(n^2-n)/2$	0
7	c_7	n-1	n-1

Allgemeine Tiefensuche

- Gegeben ist ein Graph, sowie ein Anfangsknoten im Graphen, gesucht ist ein Knoten mit einer bestimmten Eigenschaft
- Besuche der Reihe nach alle Knoten, die über Kanten erreichbar sind
  - Also: zunächst den ersten vom Anfangsknoten erreichbaren Knoten
  - Dann: den ersten von diesem Knoten aus erreichbaren, und so weiter
  - Wenn kein Knoten mehr erreichbar ist, kehre zum letzten Punkt zurück, an dem es noch weitere Kanten gab und weiter wieder mit Dann
  - Wenn vom Anfangsknoten alle Kanten abgesucht wurden, ist der gesamte erreichbare Teil des Graphen abgesucht

Beispiel:



Aufg. 7.04: Tiefensuche

a) Gegeben ist die folgende Adjazenzmatrix. Wenden Sie darauf den Algorithmus der Tiefensuche an und zeichnen Sie den daraus resultierenden Suchbaum (Startknoten A). Markieren Sie dabei (mit einer fortlaufenden Zahl) im jeweiligen Knoten den Zeitpunkt des Entdeckens des Knotens und den Zeitpunkt, wann der Knoten vollständig bearbeitet worden ist. Knoten mit einem kleineren Buchstaben (A ist kleiner als B) werden dabei zuerst gefunden.

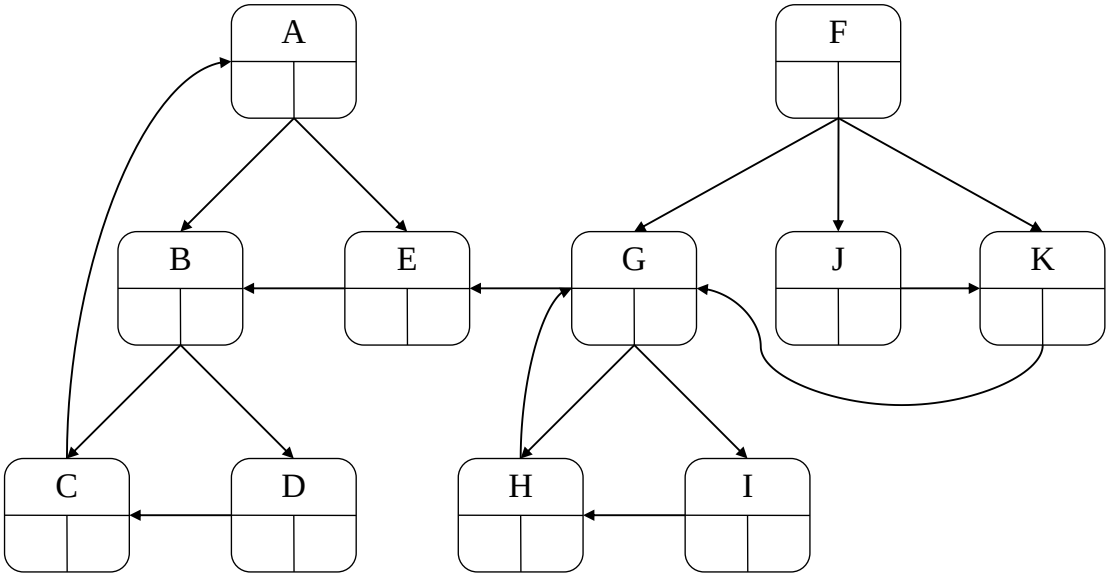
Aufg. 7.04: Tiefensuche

a) Gegeben ist die folgende Adjazenzmatrix:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
G	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
H	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

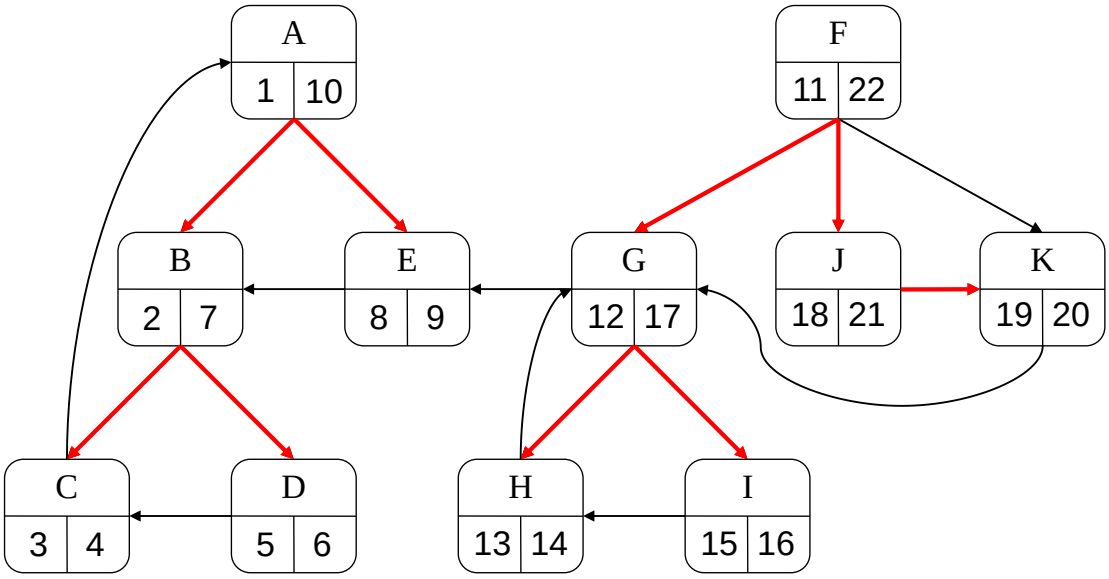
Aufg. 7.04: Tiefensuche Lsg. (1)

- Umsetzung in einen Graph



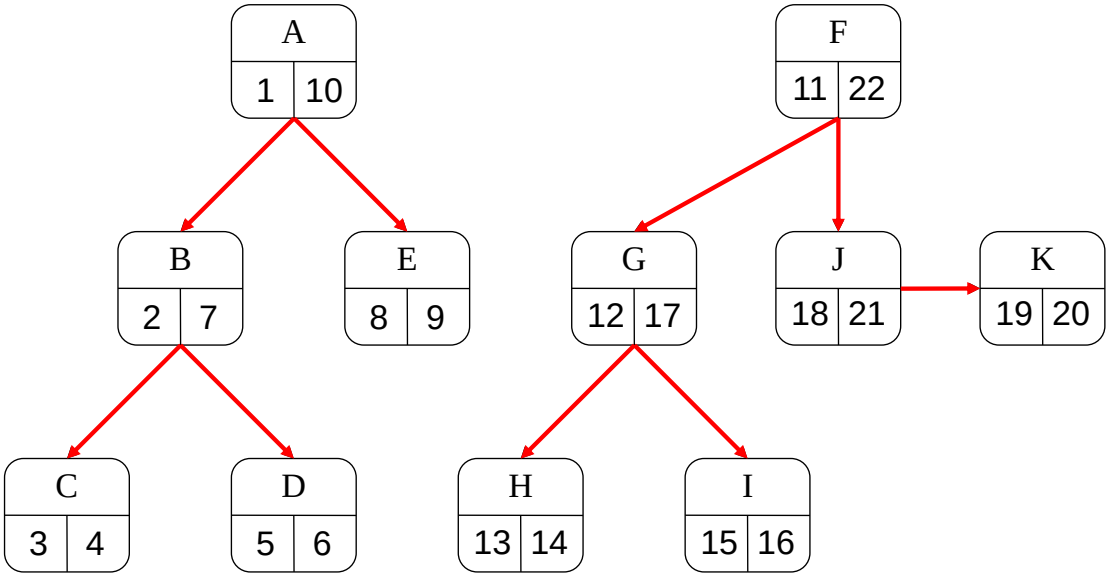
Aufg. 7.04: Tiefensuche Lsg. (2)

- Anwendung der Tiefensuche



Aufg. 7.04: Tiefensuche Lsg. (3)

- Tiefensuchwald



Aufg. 7.05: Atmel AVR32 – Memory Map

Adresse	Gerät	Name
0xFFFE0000	USB	USB 2.0 Interface - USB
0xFFFE1000	HMATRIX	HSB Matrix - HMATRIX
0xFFFE1400	HFLASHC	Flash Controller - HFLASHC
0xFFFF0000	PDCA	Peripheral DMA Controller - PDCA
0xFFFF0800	INTC	Interrupt controller - INTC
0xFFFF0C00	PM	Power Manager - PM
0xFFFF0D00	RTC	Real Time Counter - RTC
0xFFFF0D30	WDT	Watchdog Timer - WDT
0xFFFF0D80	EIM	External Interrupt Controller - EIM
0xFFFF1000	GPIO	General Purpose Input/Output Controller - GPIO
0xFFFF1400	USART0	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter - USART0
0xFFFF1800	USART1	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter - USART1
0xFFFF1C00	USART2	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter - USART2
0xFFFF2400	SPI0	Serial Peripheral Interface - SPI0
0xFFFF2C00	TWI	Two-wire Interface - TWI
0xFFFF3000	PWM	Pulse Width Modulation Controller - PWM
0xFFFF3400	SSC	Synchronous Serial Controller - SSC
0xFFFF3800	TC	Timer/Counter - TC
0xFFFF3C00	**ADC**	**Analog to Digital Converter - ADC**
0xFFFF4000	ABDAC	Audio Bitstream DAC - ABDAC

- Analog-Digital-Converter
  - Basisadresse: 0xFFFF3C00
  - Größe (in Bytes): **0x400** = 0xFFFF4000 – 0xFFFF3C00 = 1024

Aufg. 7.05: Atmel AVR32 – AD-Wandler (I)

Offset	Register	Name	Access	Reset State
0x00	Control-Register	CR	Write-only	0x00000000
0x04	Mode-Register	MR	Read/Write	0x00000000
0x10	Channel-Enable-Register	CHER	Write-only	0x00000000
0x14	Channel-Disable-Register	CHDR	Write-only	0x00000000
0x18	Channel-Status-Register	CHSR	Read-only	0x00000000
0x1C	**Status-Register**	**SR**	**Read-only**	**0x000C0000**
0x20	**Last-Converted-Data-Register**	**LCDR**	**Read-only**	**0x00000000**
...	...	...	...	...
0xFC	Version-Register	VERSION	Read-only	Device-specific

- Status-Register (SR)
  - Enthält Status-Informationen über die Puffer des Wandlers
  - Bit 16 zeigt an, ob neue Daten vom Wandler erzeugt wurden
- Last-Converted-Data-Register (LCDR)
  - Speichert den Wert der letzten AD-Wandlung
  - wird nach jeder Konvertierung überschrieben

- Direkter Zugriff auf Register mit Zeigern:
  - ADC.Registeradresse = ADC.Basisadresse + ADC.Offset

Aufg. 7.05: Atmel AVR32 – AD-Wandler (II)

25.7.6 Status Register

Name: SR

Access Type: Read-only

Offset: 0x1C

Reset Value: 0x000C0000

31	30	29	28	27	26	25	24
–	–	–	–	–	–	–	–
23	22	21	20	19	18	17	16
–	–	–	–	RXBUFF	ENDRX	GOVRE	DRDY
15	14	13	12	11	10	9	8
OVRE7	OVRE6	OVRE5	OVRE4	OVRE3	OVRE2	OVRE1	OVRE0
7	6	5	4	3	2	1	0
EOC7	EOC6	EOC5	EOC4	EOC3	EOC2	EOC1	EOC0

- DRDY: Data Ready
  - Bit 16 im Register → 17. Stelle von rechts
  - Dieses Bit wird gesetzt, wenn ein neuer Wert im Register LCDR verfügbar ist. Es wird gelöscht, wenn LCDR gelesen wird.

Aufg. 7.05: Atmel AVR32 - AD-Wandler Ansteuerung

Offset	Register	Name	Access	Reset State
0x00	Control-Register	CR	Write-only	0x00000000
0x04	Mode-Register	MR	Read/Write	0x00000000
0x10	Channel-Enable-Register	CHER	Write-only	0x00000000
0x14	Channel-Disable-Register	CHDR	Write-only	0x00000000
0x18	Channel-Status-Register	CHSR	Read-only	0x00000000
0x1C	**Status-Register**	**SR**	**Read-only**	**0x000C0000**
0x20	**Last-Converted-Data-Register**	**LCDR**	**Read-only**	**0x00000000**
...	...	...	...	...
0xFC	Version-Register	VERSION	Read-only	Device-specific

- ADC
  - Basisadresse: 0xFFFF3C00
  - Status-Register-Adresse: Basisadresse + Offset (0x1C)
  - LDCR-Adresse: Basisadresse + Offset (0x20)
  - Neuer Wert in LCDR: Bit 16 in SR gesetzt

Aufg. 7.05: Atmel AVR32 - AD-Wandler Ansteuerung Lsg.

- LCDR auslesen, wenn neuer Wert verfügbar:

```
// …
int main(){
     volatile uint32_t* adc_basis = 0xFFFF3C00; // Zeiger auf den ADC
     uint32_t sr_offset = 0x0000001C; // Offset zum Status-Register des ADC
     uint32_t lcdr_offset = 0x00000020; // Offset zum Daten-Register des ADC
     uint32_t sr_value, lcdr_value, data_ready;

     while(1) {   // typisch für "embedded": Endlosschleife
        sr_value = *( adc_basis + sr_offset );// * = Adresse auflösen
        data_ready = sr_value & 0x00010000; // Bit 16 ausmaskieren

        // Wenn data_ready nicht Null ist, steht ein neuer Wert in LCDR!
        if ( data_ready ) {
           lcdr_value = *( adc_basis + lcdr_offset );// * = Adresse auflösen
           // Tue etwas mit lcdr_value
           // …
        }
        // …
     }
}
```

`volatile` hindert den Compiler daran, die Variable für den weiteren Programmverlauf wegzuoptimieren.
Dies ist nötig, da sich der Register-Wert, der über die Adresse aufgelöst wird, unabh. vom Programm ändern kann. In diesem konkreten Fall ändert der ADC sein Status-Register zur Laufzeit unabh. vom Programm, sobald z.B. eine Wandlung abgeschlossen ist.

Referenz

- Referenz
  - Vorlesung — Algorithmen, Sortieralgorithmen, Optimierungsalgorithmen

Ausblick

- Fragestunde vor der Klausur
  - Fragen vor der Klausur, Klärung offener Punkte
  - Fragen bitte vorab per Email bis **spätestens 1 Woche vor Termin**
  - Termin und Hörsaal wird über ILIAS noch bekannt gegeben

- Klausur
  - **01.10.2015 14:00 bis 16:00 Uhr**
    Audimax, Gerthsen, Fasanengarten, Gaede, HS 37
  - **Anmeldebeginn:** 14.04.15
    Anmeldeende: 24.09.15
    Abmeldeende: 24.09.15 (bzw. bis vor Austeilen der Klausur)
  - Hörsaalverteilung per Aushang und auf der Lernplattform nach Abmeldeende
  - Viel Erfolg!

- Projektpraktikum im WS 2015/16
  - Eigenständiger Kurs
  - Einführungstermin und Passwort werden über die Lernplattform bekanntgegeben (ca. 2 Wochen vor Vorlesungsbeginn)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Harald Bucher
Karlsruher Institut für Technology (KIT) – ITIV
harald.bucher@kit.edu

Tiefensuche

- Die Tiefensuche (Depth First Search – DFS) exploriert den Graphen zuerst in die Tiefe, wenn möglich. Sie untersucht zuerst die Kanten des zuletzt entdeckten Knotens. Erst wenn diese alle abgearbeitet sind, wird zum letzten Knoten zurückgekehrt (eine Art Backtracking).

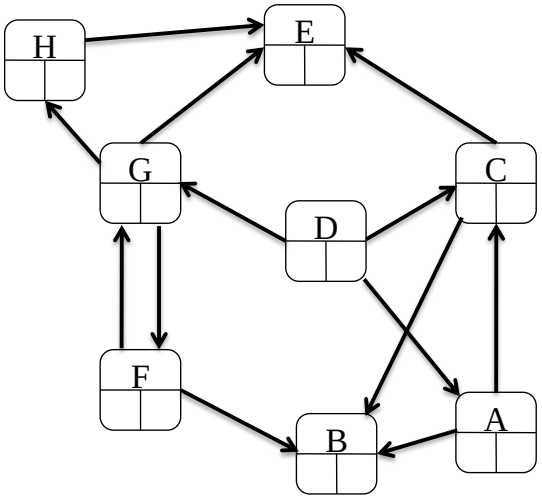
- DFS für einen geg. Graphen G = (V,E) und Startknoten S:
  - Verwendet eine Einfärbung der Knoten
    - weiß == noch nicht begonnen
    - grau == in Bearbeitung
    - schwarz == abgeschlossen

- Führt die Entdeckungszeit **`starttime[u]`** und die Bearbeitungsendzeit **`endtime[u]`** mit

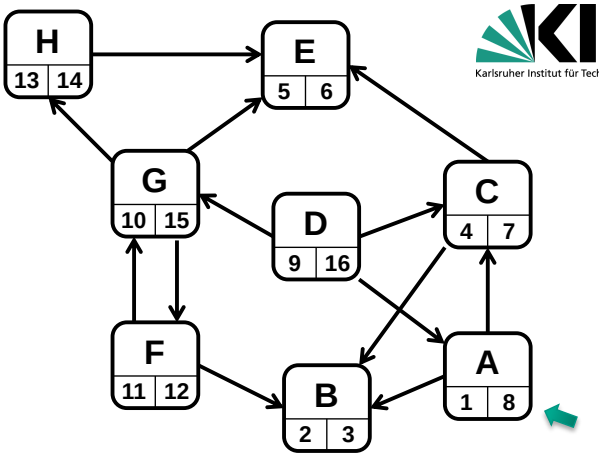
Zwischenübung01: Tiefensuche

Wenden Sie den Pseudocode der Tiefensuche auf den folgenden Graphen an und geben Sie den daraus resultierenden Graphen mit der Entdeckungszeit und der Bearbeitungsendzeit an. Die Knoten werden dabei entsprechend ihrer alphabetischen Reigenfolge gefunden.

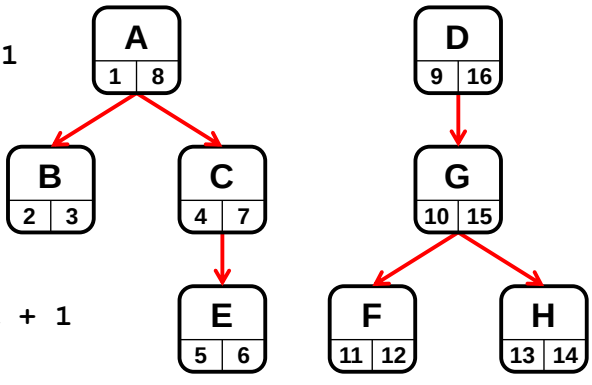
```
DepthFirstSearch( G )
  for alle Knoten u in G
  do farbe[u] = weiss
     vater[u] = NIL
  zeit = 0
  for alle Knoten u in G
  do if farbe[u] == weiss
     then DFS-VISIT( u )

DFS-VISIT( u )
  farbe[u] = grau; zeit = zeit + 1
  startTime[u] = zeit
  for alle Knoten v aus Adj[u]
  do if farbe[v] == weiss
     then vater[v] = u
          DFS-VISIT( v )
  farbe[u] = schwarz; zeit = zeit + 1
  endTime[u] = zeit
```



Tiefensuche Animation



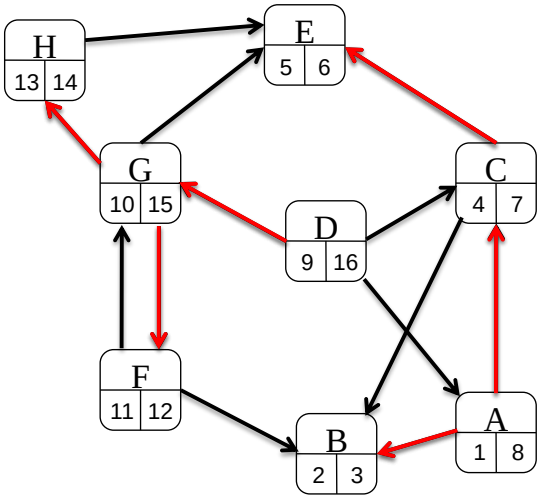

```
DepthFirstSearch( G )
  for alle Knoten u in G
  do farbe[u] = weiss
     vater[u] = NIL
  zeit = 0
  for alle Knoten u in G
  do if farbe[u] == weiss
     then DFS-VISIT( u )

DFS-VISIT( u )
  farbe[u] = grau; zeit = zeit + 1
  startTime[u] = zeit
  for alle Knoten v aus Adj[u]
  do if farbe[v] == weiss
     then vater[v] = u
          DFS-VISIT( v )
  farbe[u] = schwarz; zeit = zeit + 1
  endTime[u] = zeit
```



Zwischenübung01: Tiefensuche Lsg. (1)

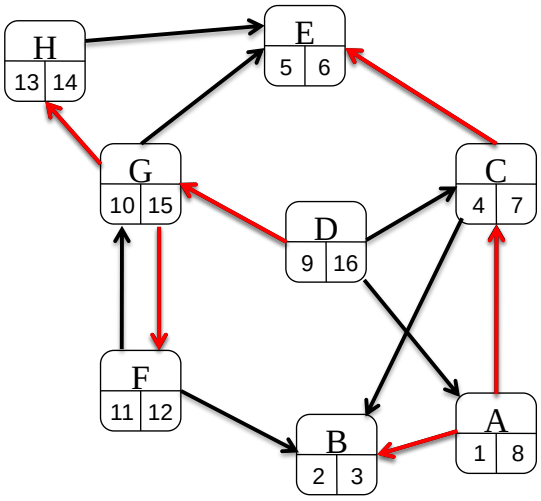
Wenden Sie den Pseudocode der Tiefensuche auf den folgenden Graphen an und geben Sie den daraus resultierenden Graphen mit der Entdeckungszeit und der Bearbeitungsendzeit an. Die Knoten werden dabei entsprechend ihrer alphabetischen Reigenfolge gefunden.

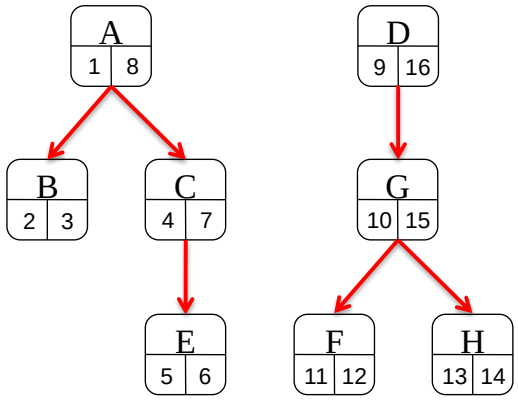
```
DepthFirstSearch( G )
  for alle Knoten u in G
  do farbe[u] = weiss
     vater[u] = NIL
  zeit = 0
  for alle Knoten u in G
  do if farbe[u] == weiss
     then DFS-VISIT( u )

DFS-VISIT( u )
  farbe[u] = grau; zeit = zeit + 1
  startTime[u] = zeit
  for alle Knoten v aus Adj[u]
  do if farbe[v] == weiss
     then vater[v] = u
          DFS-VISIT( v )
  farbe[u] = schwarz; zeit = zeit + 1
  endTime[u] = zeit
```



Zwischenübung01: Tiefensuche Lsg. (2)

Wenden Sie den Pseudocode der Tiefensuche auf den folgenden Graphen an und geben Sie den daraus resultierenden Graphen mit der Entdeckungszeit und der Bearbeitungsendzeit an. Die Knoten werden dabei entsprechend ihrer alphabetischen Reigenfolge gefunden.





= Tiefensuchwald

Aufg. 7.04: Tiefensuche (1)

- Der folgende Pseudocode beschreibt die Tiefensuche:

```
DepthFirstSearch( G )
  for alle Knoten u in G
  do farbe[u] = weiss
     vater[u] = NIL
  zeit = 0
  for alle Knoten u in G
  do if farbe[u] == weiss
     then DFS-VISIT( u )

DFS-VISIT( u )
  farbe[u] = grau; zeit = zeit + 1
  startTime[u] = zeit
  for alle Knoten v aus Adj[u]
  do if farbe[v] == weiss
     then vater[v] = u
          DFS-VISIT( v )
  farbe[u] = schwarz; zeit = zeit + 1
  endTime[u] = zeit
```

Initialisierung

Für alle Knoten `u` im Graphen `G`

Falls der Knoten `u` noch nicht untersucht wurde

Für alle mit dem aktuellen Knoten `u` verbundenen Knoten (Adjazenz)

Rekursiver Aufruf