Arrays, Strings, Referenzen, Pass-By-Value

Der Zufallssurfer / Pagerank

3. JAVA II

Arrays - Motivation

Programm: (Eingaben unterstrichen)

```
Wie viele Tage? 7
Regenmenge Tag 0? 8
Regenmenge Tag 1? 12
Regenmenge Tag 2? 13
Regenmenge Tag 3? 9
Regenmenge Tag 4? 80
Regenmenge Tag 5? 7
Regenmenge Tag 6? 100

Mittelwert: 32.714285714285715
Ausnahmeereignisse: 2
```

Wo liegt das Problem?

Jede Eingabe zweifach benötigt

- Berechnung des Durchschnittes
- Zählen, wie viele Tage weit über dem Mittelwert lagen

Wir könnten jeden Wert in einer Variablen speichern

- Anzahl benötigter Variablen vorher aber unbekannt.

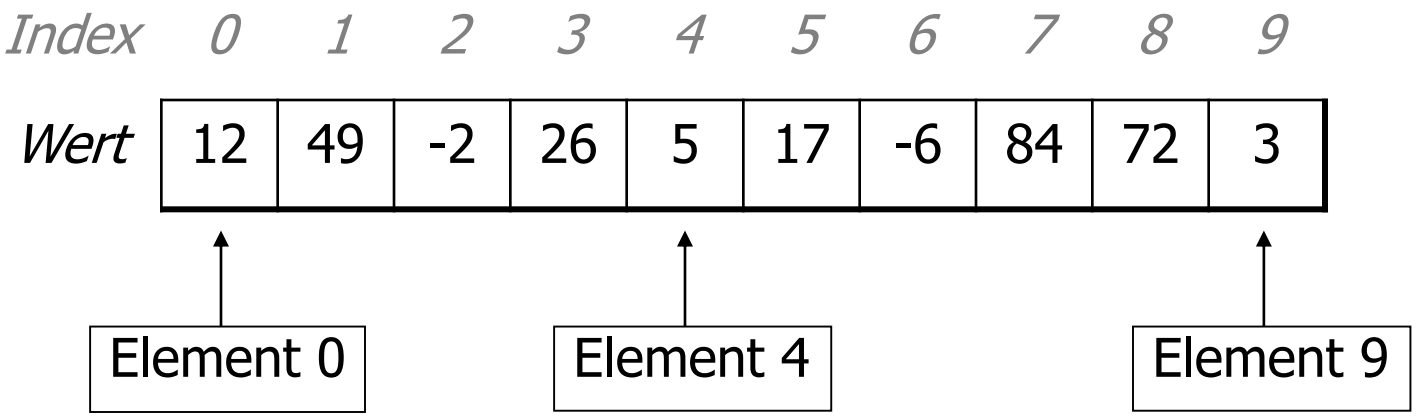
→Wir benötigen ein Array.

Arrays

Array: Objekt, welches mehrere Wertes desselben Typs speichert

Element: Ein Wert an einem Index des Arrays.

Index: Position eines Elements im Array. Startet bei 0.

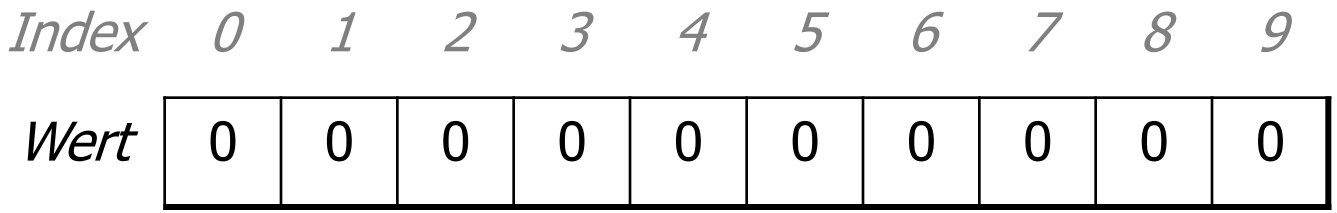


Array Deklaration

```
Typ[] Name = new Typ[Länge];
```

Beispiel:

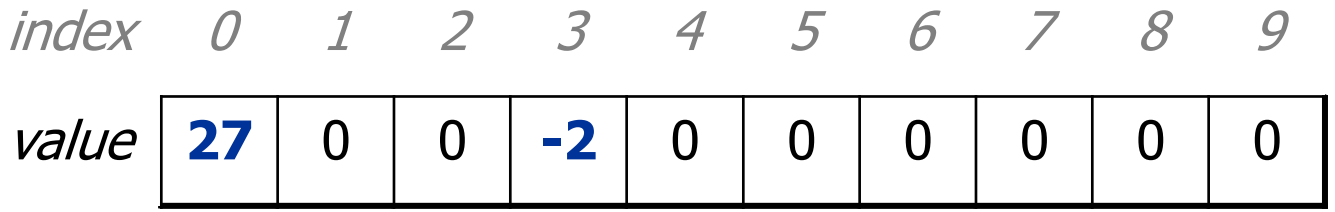
```
int[] werte = new int[10];
```



Elementzugriff

```
name[index]                 // Zugriff
name[index] = value;        // Modifikation
```

Beispiel




```
werte[0] = 27;
werte[3] = -2;
```

```
System.out.println(werte[0]);
if (werte[3] < 0) {
    System.out.println("Element 3 is negative.");
}
```

Arrays

Arrays sind grundsätzlich *dynamisch* erzeugt

```
int [] b; // array von ints
b = new int[10]; // Grösse 10: Indizes von 0..9
...
b = new int[20]; // kann neu zugewiesen werden
```

Die Grösse eines Arrays kann also zur Laufzeit festgelegt werden.

- Ein Array wächst jedoch nicht automatisch

Arrays sind nicht primitiv

Arrays tragen *Metadaten* mit sich herum:

```
int[] sq = new int[7];
for (int i=0; i < sq.length; i++) {
    sq[i]=i*i;
}
sq[8] = 64;
```

java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException

Es funktioniert sogar `print(sq);` mit

```
static void print (int a[]) {
        for (int i=0; i < a.length; ++i)
                System.out.println("a[" + i + "]=" +a[i]);
}
```

Regenmengen: Eingabe

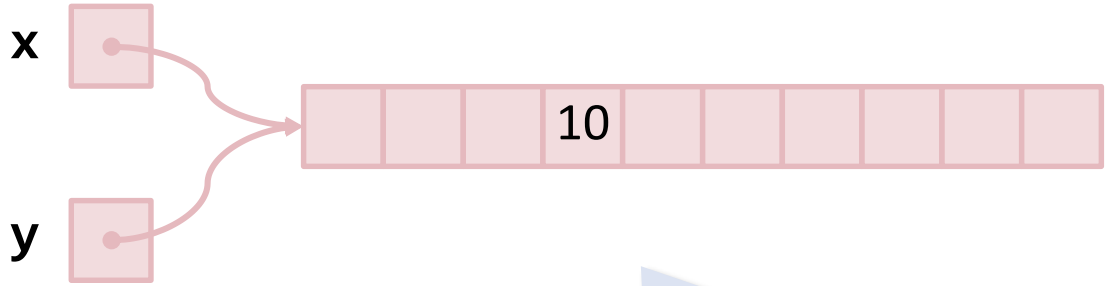
```
Scanner scanner = new Scanner(System.in);
System.out.print("Wie viele Tage? ");
int tage = scanner.nextInt();

int werte[] = new int[tage];
int sum = 0;

for (int i = 0; i<tage; ++i) {
  System.out.print("Regenmenge Tag "+i+ "? ");
  werte[i] = scanner.nextInt();
  sum += werte[i];
}
scanner.close();
```

Regenmengen: Berechnung und Ausgabe

```
int ausnahmen = 0;
double mean = (double)sum / tage;
for (int i= 0; i< tage; ++i) {
  if (werte[i] > 2 * mean)
    ausnahmen++;
}
System.out.println("Mittelwert: " + mean);
System.out.println("Ausnahmeereignisse:" + ausnahmen);
```

Arrays sind Zeiger

```
int [] x = new int[10];
int [] y;
y = x;          // was passiert hier?
y[3] = 10;      // und hier?
```



Wann gilt also `y == x` ?

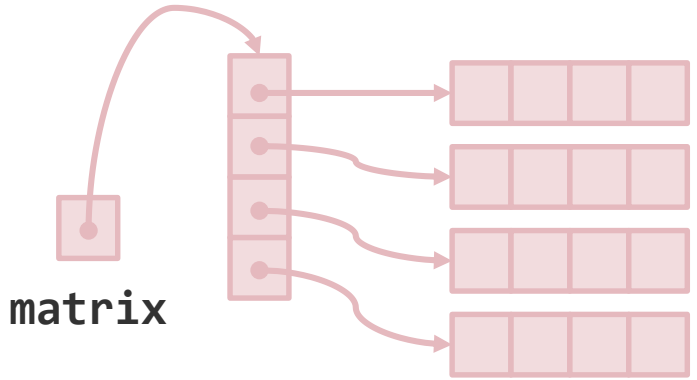
Arrays sind Zeiger auf Speicherobjekte: Vorsicht bzgl. Kopiersemantik ("Aliaseffekt") und beim Vergleich zweier Array-Variablen.

Mehrdimensionale Arrays

```
float [][] matrix = new float [4][4];
for (int r=0; r < matrix.length; ++r)
   for (int c=0; c < matrix[r].length; ++c)
      {
         if (r==c) matrix[r][c] = 1;
         else matrix[r][c] = 0;
      }
```

matrix[x] ist ein float[] somit geht auch
matrix[x] = new float[y];

Eine mehrdimensionales Array
ist (hinter den Kulissen)
also ein Array von Referenzen!



Strings

String: Ein Objekt, welches eine Zeichenkette speichert.

String kann auch ohne new erzeugt werden:

```
String name = "text";
String name = expression;
```

Beispiel:

```
String name = "Informatik II";
int x = 3;
int y = 5;
String point = "(" + x + ", " + y + ")";
```

Indizes

Zeichen in einem String sind auch mit 0-basierten Indizes erreichbar

```
String name = "Informatik";
```

index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
char	I	n	f	o	r	m	a	t	i	k

Index des ersten Zeichens : 0

Index des letzten Zeichens: Länge der Zeichenkette minus 1

Jedes Zeichen hat Typ `char`

Zeichenketten vergleichen

Relationale Operatoren wie == und != funktionieren auf Strings nicht wie erwartet

```
Scanner scanner = new Scanner(System.in);
String n1 = scanner.next();
String n2 = scanner.next();
if (n1 == n2)
  System.out.println(n1 + "==" +n2);
else if (n1 != n2)
  System.out.println(n1 + "!=" + n2);
}
```

Eingabe: `Info` `Info`

Ausgabe: `Info != Info`

`String` Methoden

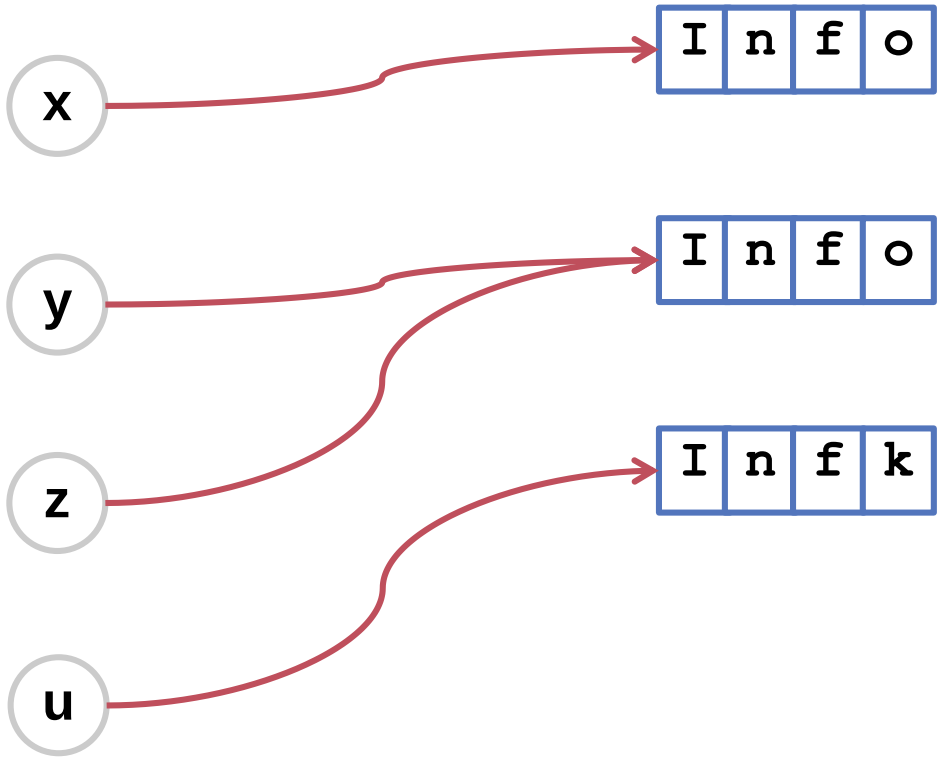
(String)methoden werden mit der Punkt-Notation aufgerufen

```
String super = "Info II";
System.out.println(super.length());   // 7
```

Zeichenkettenvergleiche

Variablen sind Referenzen auf Werte im Speicher

```
x == x          → true
x == y          → false
y == z          → true
x == u          → false

x.equals(y)     → true
y.equals(z)     → true
x.equals(u)     → false
```



Auszug aus der Java API

compareTo

public int compareTo(String anotherString)

Compares two strings lexicographically.

Parameters:

anotherString - the String to be compared.

Returns:

The value 0 if the argument string is equal to this string; a value less than 0 if this string is lexicographically less than the string argument; and a value greater than 0 if this string is lexicographically greater than the string argument.

Pass-By-Value ()

In Java gibt es **nur pass-by-value***. Das bedeutet, jeder Parameter der übergeben wird, wird grundsätzlich kopiert!

Die Tatsache, dass man den Inhalt eines Objektes oder eines Arrays in einer aufgerufenen Methode ändern kann, hat nichts mit einer pass-by-reference Semantik zu tun! Das liegt lediglich daran, dass Objekte und Arrays als Referenzen repräsentiert sind und somit die Kopie einer Referenz übergeben wird.

Pass by Value

```
static void tryswap(int x, int y) {
   System.out.println("2: x=" + x + ", y=" + y);
   int temp = x;
   x = y;
   y = temp;
   System.out.println("3: x=" + x + ", y=" + y);
}

public static void main(String[] args) {
   int i = 1;
   int j = 2;
   System.out.println("1: i=" + i + ", j=" + j);
   tryswap(i,j);
   System.out.println("4: i=" + i + ", j=" + j);
}
```

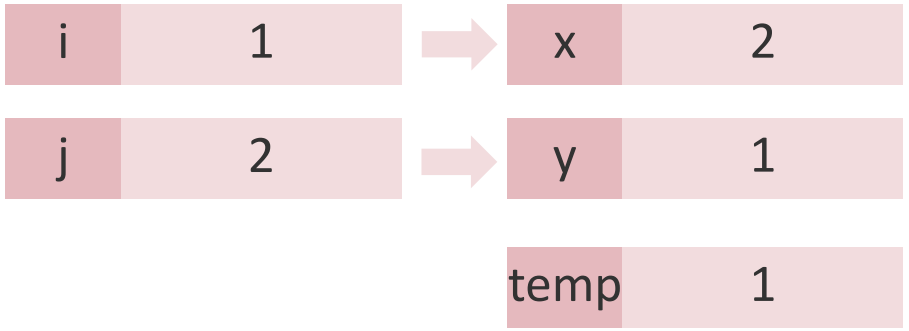
Ausgabe:

1: i=1, j=2

2: x=1, y=2

3: x=2, y=1

4: i=1, j=2



Pass by Value

```
static void tryRename(String x) {
   System.out.println("2: x= " + x);
   x = "Niklas";
   System.out.println("3: x= " + x);
}

public static void main(String[] args){
   String name = "Hannes";
   System.out.println("1: name= " + name);
   tryRename(name);
   System.out.println("4: name= " + name);
}
```

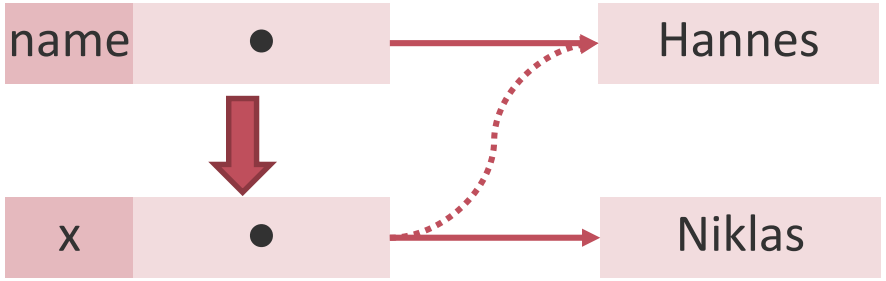
Ausgabe:

1: name= Hannes

2: x= Hannes

3: x= Niklas

4: name= Hannes



From the Java API

The String class represents character strings. All string literals in Java programs, such as "abc", are implemented as instances of this class.

Strings are constant; their values cannot be changed after they are created. String buffers support mutable strings. Because String objects are immutable they can be shared. For example:

```
String str = "abc";
```

is equivalent to:

```
char data[] = {'a', 'b', 'c'};
String str = new String(data);
```

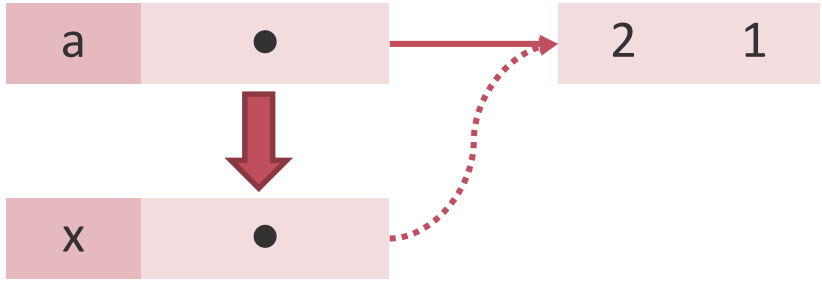
Pass by Value

```
static void modify(int[] x) {
    if (x.length != 2) throw new RuntimeException();
    int temp = x[0];
    x[0] = x[1];
    x[1] = temp;
}

public static void main(String[] args) {
    int[] a = new int[2];
    a[0] = 1;
    a[1] = 2;
    System.out.println("1: a[0] = " + a[0]
                       + ", a[1] = " + a[1]);
    modify(a);
    System.out.println("2: a[0] = " + a[0]
                       + ", a[1] = " + a[1]);
}
```

Ausgabe:

1: a[0] = 1, a[1] = 2

2: a[0] = 2, a[1] = 1



System.in, System.out, System.error

Beim Aufruf eines Programmes* werden ein Ausgabe-, ein Fehlerausgabe- und ein Eingabestrom instanziert.

```
System.out, System.err
```

Ausgabe und Fehlerausgabe unterscheiden sich oft nur marginal

Typische Verwendung `System.out.print()`

Eingabestrom

```
System.in
```

liest typischerweise Zeichen von der Tastatur und liefert Buchstaben.

Typische Verwendung über `java.util.Scanner`

*genauer: beim Start der Virtuellen Maschine

Wiederholung Zufallszahlen: LCG

Methode zum Ziehen einer Zufallszahl $L \in \{0, \dots, m-1\}$

mit $\mathbb{P}(L = x) = \frac{1}{m}$ für jedes $x \in \{0, \dots, m-1\}$

```
static final long m = 2147483647;
static final long b = 12345;
static final long a = 1103515245;
static long u = System.currentTimeMillis();
u = (u * a + b) % m;
```

Wiederholung Zufallszahlen: Uniform

Uniform: Methode zum Ziehen einer Zahl $U \in [0,1)$ mit

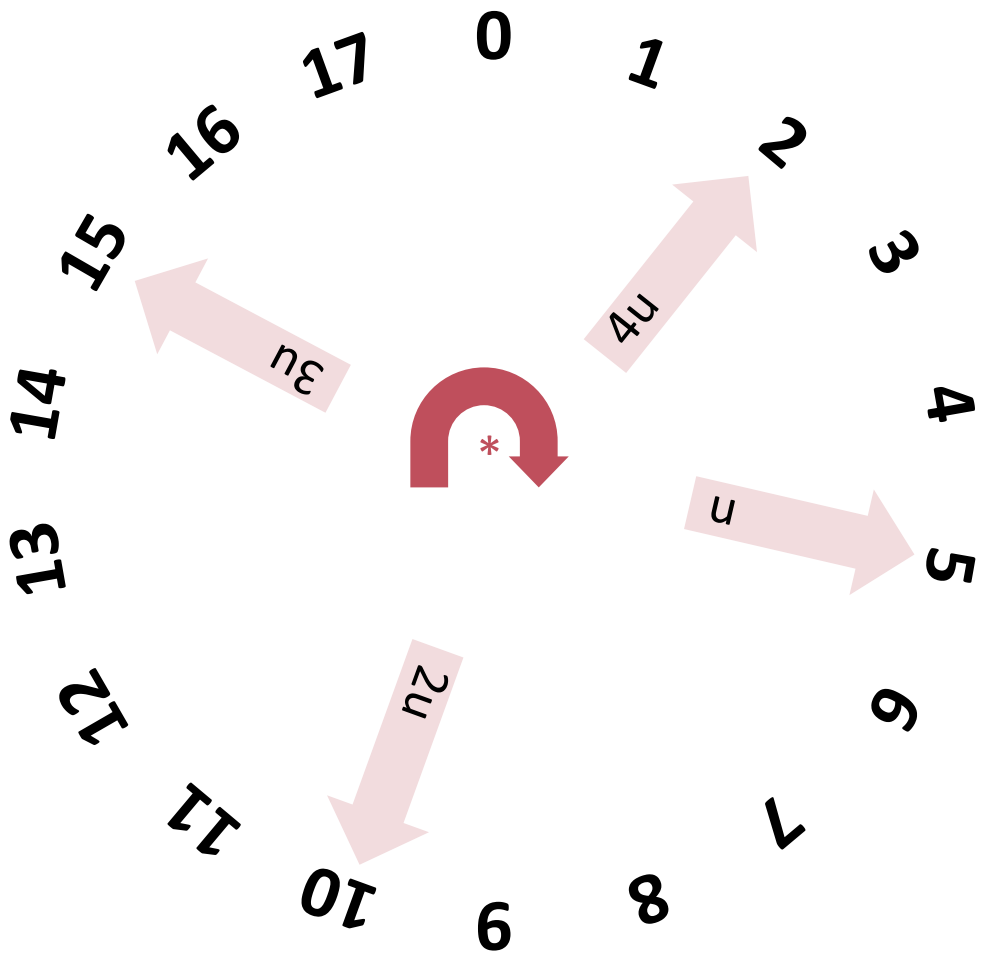
$\mathbb{P}(U \in [l,r)) = r - l$ for $0 \leq l < r < 1$

Von LCG zu Uniform $\{0, \dots, m-1\} \to [0,1)$: $L \mapsto L/m$

```
public static double Uniform(){
      u = (u * a + b) % m;
      return(double)u/m;
}
```

Was macht (n*a) % m ?

n	Zyklenlänge
1	18
2	9
3	6
4	8
5	18
6	3
…	…



Zufallszahlen: fairer Würfel

Uniform(): gibt $U \in [0,1)$ zurück mit

$$\mathbb{P}(U \in [l,r)) = r - l$$

Dice(): soll $Y \in \{1, \ldots, 6\}$ zurückgeben, so dass

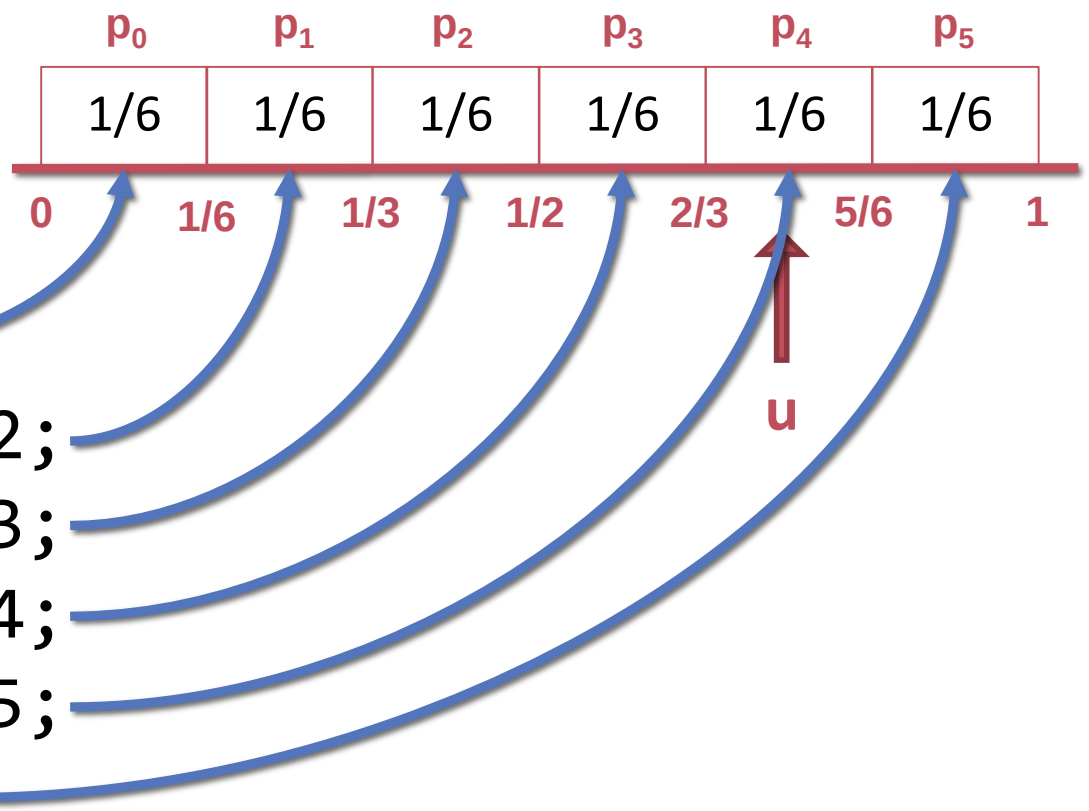
$$\mathbb{P}(Y = k) = \frac{1}{6}, \text{für jedes } k \in \{1, \ldots, 6\}$$

Wie machen wir das?

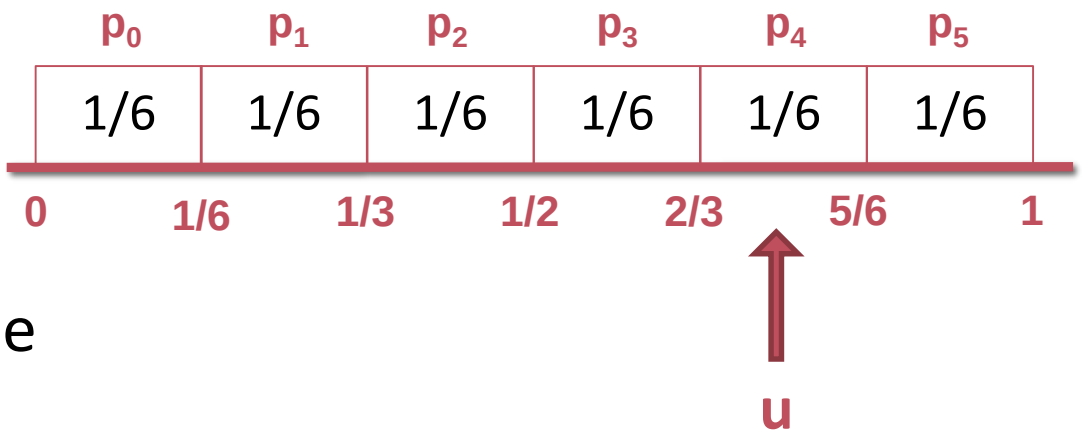
Wir wissen, dass $\mathbb{P}\left(X \in [0, \frac{1}{6})\right) = 1/6$, $\mathbb{P}\left(X \in [\frac{1}{6}, \frac{2}{6})\right) = \frac{1}{6}, etc.$

Uniform → Dice: erste Idee

```
static int Dice(){
  double u = Uniform();
  if (u < 1.0/6) return 1;
  else if (u < 1.0/3) return 2;
  else if (u < 1.0/2) return 3;
  else if (u < 2.0/3) return 4;
  else if (u < 5.0/6) return 5;
  else return 6;
}
```



Uniform → Dice kürzer



Beobachtung: Unterteilung in gleiche Intervalle

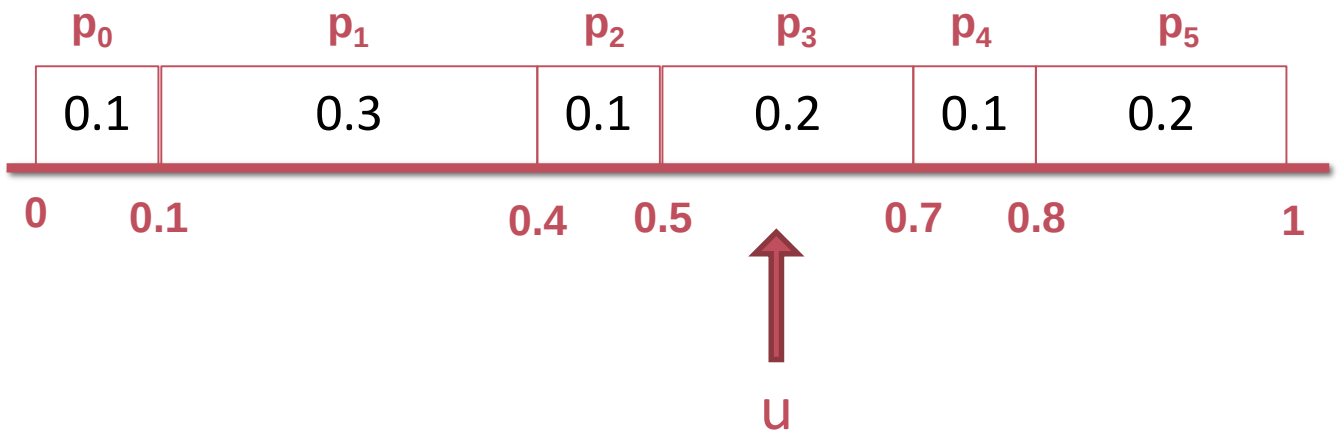
Diskretisierung wie folgt: Transformiere [0,1) nach [1,7), dann Runden nach unten:

```
static int Dice(){
      double u = Uniform();
      return (int)(u*6+1);
}
```

Werfen eines **unfairen** Würfels

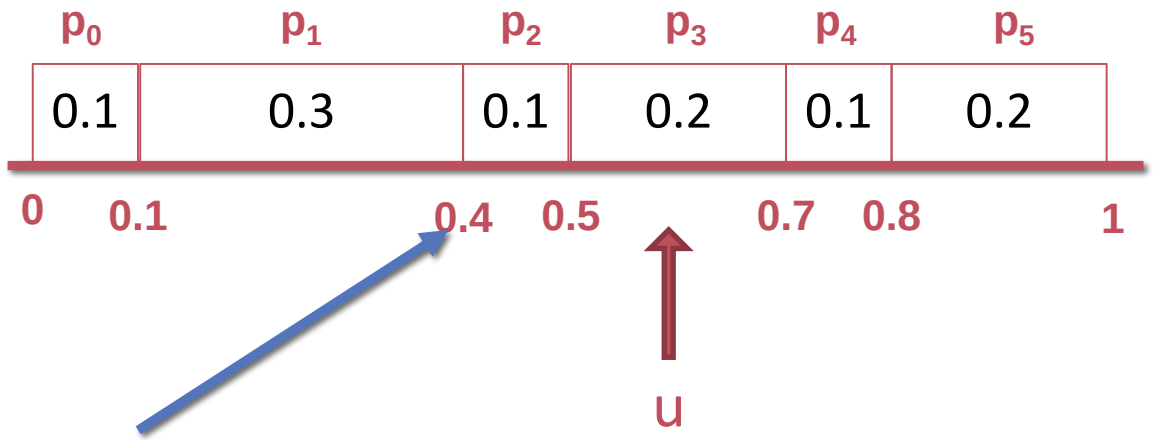
Die lange Lösung von oben war nicht so übel: Angenommen es soll ein unfairer 6-seitiger Würfel simuliert werden mit

$$\mathbb{P}(X = 0) = 0.1$$
$$\mathbb{P}(X = 1) = 0.3$$
$$\mathbb{P}(X = 2) = 0.1$$
$$\mathbb{P}(X = 3) = 0.2$$
$$\mathbb{P}(X = 4) = 0.1$$
$$\mathbb{P}(X = 5) = 0.2$$



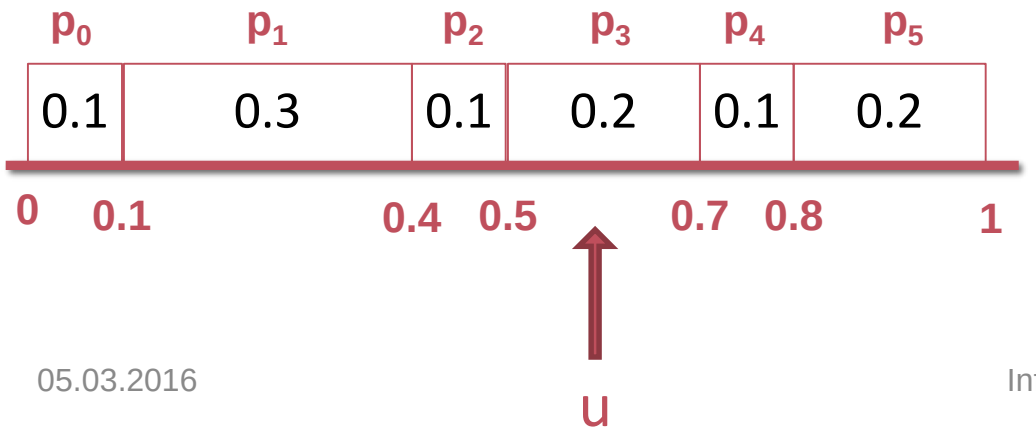
Uniform → **Unfair**Dice

```
static int UnfairDice(){
  double u = Uniform();


  if (u < 0.1) return 0;
  else if (u < 0.4) return 1; // 0.4 = 0.1 + 0.3
  else if (u < 0.5) return 2; // 0.5 = 0.4 + 0.1
  else if (u < 0.7) return 3; // 0.7 = 0.5 + 0.2
  else if (u < 0.8) return 4; // 0.8 = 0.7 + 0.1
  else return 5;              // 1 = 0.8 + 0.2
}
```



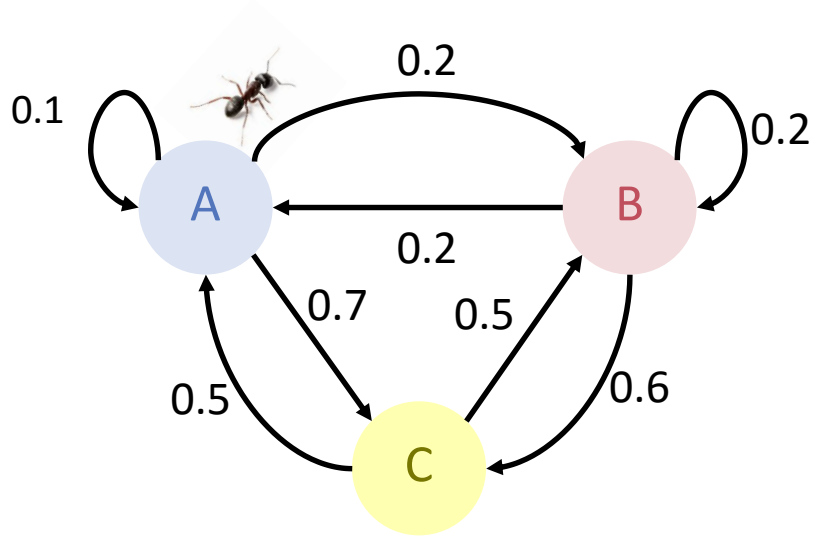
Und nun das ganze **generisch**:

```
static int UnfairDice(){
   double u = Uniform();
   if (u < 0.1) return 0;
   else if (u < 0.4) return 1;
   else if (u < 0.5) return 2;
   else if (u < 0.7) return 3;
   else if (u < 0.8) return 4
}
```




```
double[] p = {0.1,0.3,0.1,0.2,0.1,0.2};
int dice = UnfairDice(p);

static int UnfairDice(double[] p){
   double u = LCG.Uniform();
   double sum = p[0];
   int res= 0;
   while (res < p.length-1 && sum<u) {
      res++;
      sum += p[res];
   }
   return res;
}
```

Anwendung: Die Reise der Ameise.



Ameise startet in Nest A

Mit den angegebenen W'ten geht die Ameise in jedem Schritt zu einem anderen Nest oder bleibt.

In welchem Nest ist sie am häufigsten?

Diese Matrix nennt man Übergangsmatrix oder Wahrscheinlichkeitsmatrix.

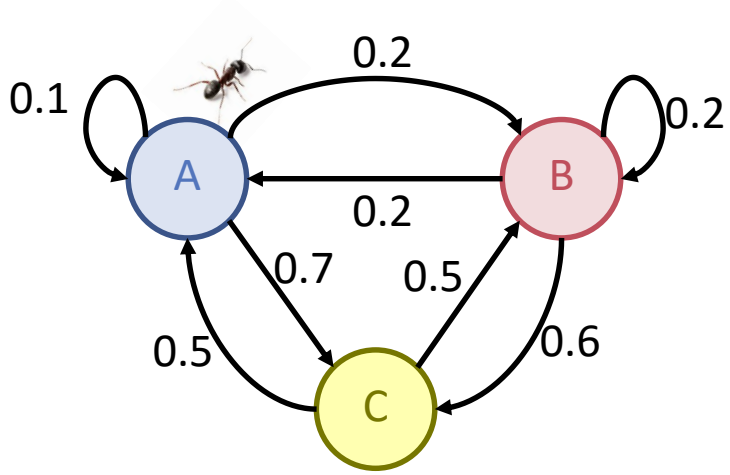
Start \ Ziel	A	B	C
A	0.1	0.2	0.7
B	0.2	0.2	0.6
C	0.5	0.5	0

- Was sagt Ihre Intuition?

Wie simuliert man das?

```
int[] count = new int[3];
double[][] P={ {0.1, 0.2, 0.7},
               {0.2, 0.2, 0.6},
               {0.5, 0.5, 0} };
int loc = 0; // 0=A, 1=B, 2=C

for (int i = 0; i<steps; ++i){
   ++count[loc];
   loc = UnfairDice(P[loc]);
}
```

P	A	B	C
A	0.1	0.2	0.7
B	0.2	0.2	0.6
C	0.5	0.5	0



Direkte Berechnung statt Simulation

Starte mit $\mu_0 = (1, 0, 0)$; d.h. Ameise ist zu Beginn mit W't 1 bei A.

W'ten, nach einem Schritt bei A, B or C zu sein

Ein Schritt

$$\mu_1 = \mu_0 \cdot P = (0.1, 0.2, 0.7);$$

Nächster Schritt

$$\mu_2 = \mu_1 \cdot P = (0.4, 0.41, 0.19);$$

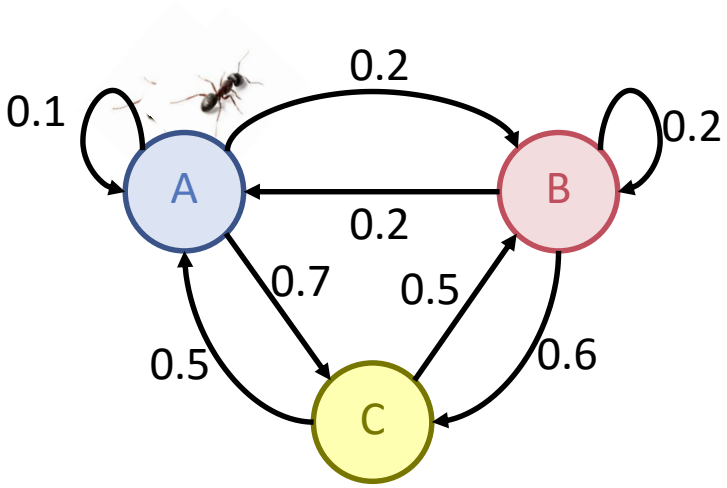
u.s.w.

W'ten, nach zwei Schritten bei A, B or C zu sein

$$\mu_\infty = \mu_0 \, P \cdot \ \ldots \cdot P = (0.289\ 0.318\ 0.393)$$

W'ten **nach sehr vielen Schritten** bei A, B oder C zu sein.

P	A	B	C
A	0.1	0.2	0.7
B	0.2	0.2	0.6
C	0.5	0.5	0



Etwas Mathematik

Unter gewissen Bedingungen weiss man, dass $\mu_0 \, P^n$ für $n \to \infty$ gegen einen W'tsvektor μ_∞ ***konvergiert***.

Für μ_∞ gilt: $\boldsymbol{\mu_\infty = \mu_\infty \cdot P}$

Das ist ein **Eigenwertproblem** und μ_∞ ist der Eigenvektor zum Eigenwert 1.

Wir können $\boldsymbol{\mu_\infty \approx \mu_\infty \cdot P}$ benutzen, um **auf Konvergenz zu prüfen**.

Also: Anwendung von $\mu \leftarrow \mu \cdot P$ bis $\mu \approx \mu \cdot P$

P	A	B	C
A	0.1	0.2	0.7
B	0.2	0.2	0.6
C	0.5	0.5	0

Zusammenfassung und Ausblick

Die Wanderameise ist eine (MCMC - Monte Carlo Markov Chain) Simulationsmethode.

[Monte Carlo, da der Zufall verwendet wird. Markov Chain, da jeder Schritt genau vom Ergebnis des vorigen Schrittes abhängt.]

Lange genug angewendet, liefert sie den Eigenvektor einer Wahrscheinlichkeitsmatrix. Dieser beschreibt die mittlere Aufenthaltswahrscheinlichkeit am entsprechenden Ort.

Diese Simulationsmethode hat sehr viele Anwendungen, unter anderem im sog. *Simulated Annealing* Algorithms (den wir hier nicht vertiefen).

Nächste Woche: Page Rank, ein Algorithmus, der einmal einer heute sehr grossen bekannten Firma zum Durchbruch verholfen hat.

Credits

- Teile dieser Folien inspiriert durch Vorlesungsfolien zu Parallel Programming 2015 von Otmar Hilliges.