

Informatik II

Übung 1

FS 2019

Heutiges Programm

1 Wiederholung Theorie

- Problem und Algorithmus
- Asymptotische Laufzeit

2 Programmierübung

- Unfair Würfeln

Warm-up

- Was ist ein Problem?

Warm-up

- Was ist ein Problem?
- Was ist ein Algorithmus?

Warm-up

- Was ist ein Problem?
- Was ist ein Algorithmus?
 - wohldefinierte Berechnungsvorschrift, welche aus Eingabedaten (input) Ausgabedaten (output) berechnet.

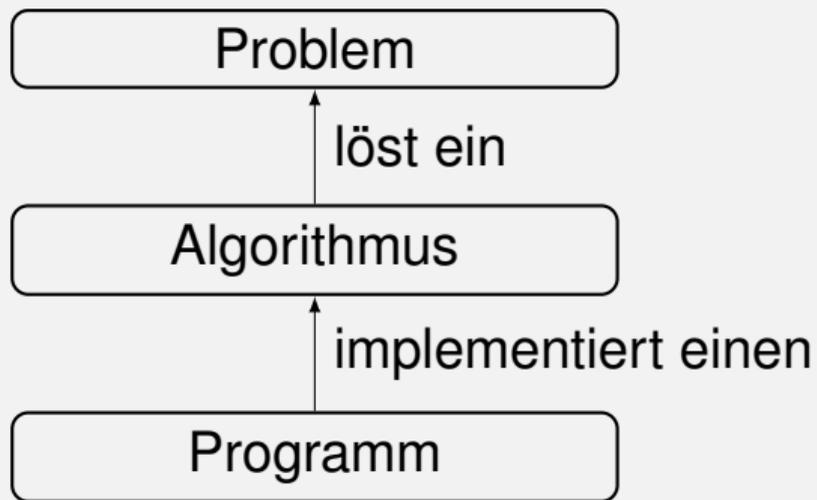
Warm-up

- Was ist ein Problem?
- Was ist ein Algorithmus?
 - wohldefinierte Berechnungsvorschrift, welche aus Eingabedaten (input) Ausgabedaten (output) berechnet.
- Was ist ein Programm?

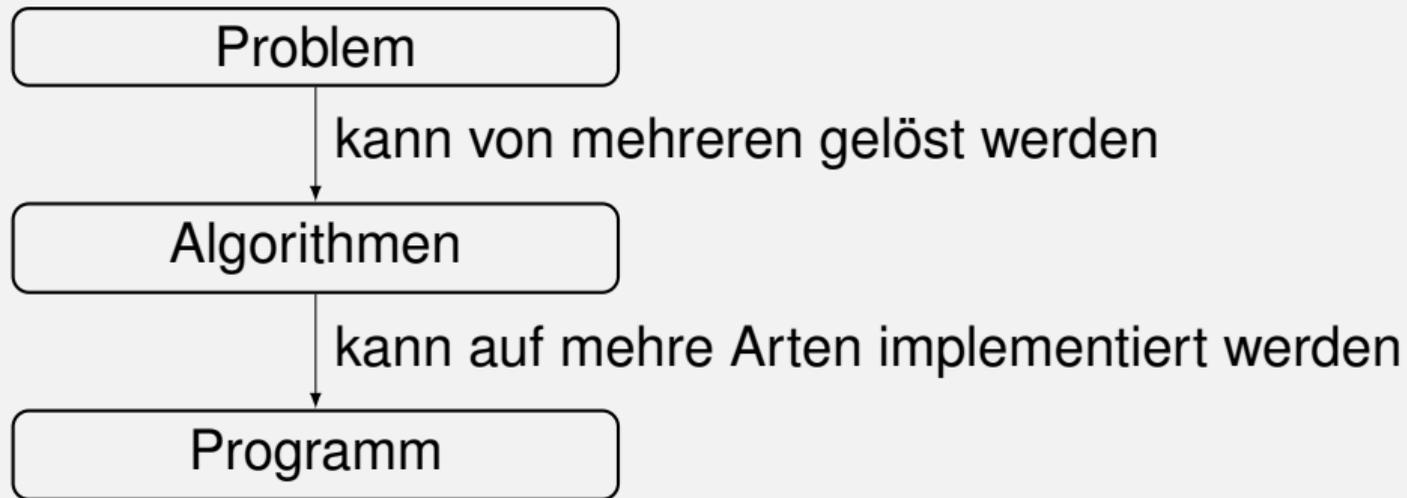
Warm-up

- Was ist ein Problem?
- Was ist ein Algorithmus?
 - wohldefinierte Berechnungsvorschrift, welche aus Eingabedaten (input) Ausgabedaten (output) berechnet.
- Was ist ein Programm?
 - Konkrete Implementation eines Algorithmus.

Warm-up



Warm-up



Effizienz

Problem	Komplexität	Minimale (asymptotische) Kosten über alle Algorithmen, die das Problem lösen.
Algorithmus	Kosten	Anzahl Elementaroperationen
Programm	Laufzeit	Messbarer Wert auf einer konkreten Maschine.

Effizienz

Problem	Komplexität	Minimale (asymptotische) Kosten über alle Algorithmen, die das Problem lösen.
Algorithmus	Kosten	Anzahl Elementaroperationen
Programm	Laufzeit	Messbarer Wert auf einer konkreten Maschine.

- Abschätzen von *Kosten* oder *Laufzeit* abhängig von der Eingabegrösse n .

Asymptotisches Verhalten

- Was sind $\Omega(g(n))$, $\Theta(g(n))$, $\mathcal{O}(g(n))$?

Asymptotisches Verhalten

- Was sind $\Omega(g(n))$, $\Theta(g(n))$, $\mathcal{O}(g(n))$?
- Mengen von Funktionen!

Asymptotisches Verhalten

- Was sind $\Omega(g(n))$, $\Theta(g(n))$, $\mathcal{O}(g(n))$?
- Mengen von Funktionen!

Wiederholung, Mengen A, B :

Teilmenge $A \subseteq B$

echte Teilmenge $A \subsetneq B$

Schnittmenge $A \cap B$

Asymptotisches Verhalten

Gegeben Funktion $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$.

Definition:

$$\mathcal{O}(g) = \{f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R} \mid \exists c > 0, n_0 \in \mathbb{N} : 0 \leq f(n) \leq c \cdot g(n) \forall n \geq n_0\}$$

$$\Omega(g) = \{f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R} \mid \exists c > 0, n_0 \in \mathbb{N} : 0 \leq c \cdot g(n) \leq f(n) \forall n \geq n_0\}$$

$$\Theta(g) = \mathcal{O}(g) \cap \Omega(g)$$

Nützliches für Aufgabenblatt

Theorem

- 1 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = 0 \Rightarrow f \in \mathcal{O}(g), \mathcal{O}(f) \subsetneq \mathcal{O}(g).$
- 2 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = C > 0$ (C konstant) $\Rightarrow f \in \Theta(g).$
- 3 $\frac{f(n)}{g(n)} \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} \infty \Rightarrow g \in \mathcal{O}(f), \mathcal{O}(g) \subsetneq \mathcal{O}(f).$

Nützliches für Aufgabenblatt

Theorem

- 1 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = 0 \Rightarrow f \in \mathcal{O}(g), \mathcal{O}(f) \subsetneq \mathcal{O}(g).$
- 2 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = C > 0$ (C konstant) $\Rightarrow f \in \Theta(g).$
- 3 $\frac{f(n)}{g(n)} \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} \infty \Rightarrow g \in \mathcal{O}(f), \mathcal{O}(g) \subsetneq \mathcal{O}(f).$

Beispiel

- 1 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n^2} = 0 \Rightarrow n \in \mathcal{O}(n^2), \mathcal{O}(n) \subsetneq \mathcal{O}(n^2).$
- 2 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2n}{n} = 2 > 0 \Rightarrow 2n \in \Theta(n).$
- 3 $\frac{n^2}{n} \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} \infty \Rightarrow n \in \mathcal{O}(n^2), \mathcal{O}(n) \subsetneq \mathcal{O}(n^2).$

Beispiele

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch:

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$
- $\mathcal{O}(n) \subseteq \mathcal{O}(n^2)$

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$
- $\mathcal{O}(n) \subseteq \mathcal{O}(n^2)$ ist korrekt

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$
- $\mathcal{O}(n) \subseteq \mathcal{O}(n^2)$ ist korrekt

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$
- $\mathcal{O}(n) \subseteq \mathcal{O}(n^2)$ ist korrekt
- $\Theta(n) \subseteq \Theta(n^2)$

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$
- $\mathcal{O}(n) \subseteq \mathcal{O}(n^2)$ ist korrekt
- $\Theta(n) \subseteq \Theta(n^2)$ ist falsch:

Beispiele

- $n \in \mathcal{O}(n^2)$ korrekt, aber ungenau:
 $n \in \mathcal{O}(n)$ und sogar $n \in \Theta(n)$.
- $3n^2 \in \mathcal{O}(2n^2)$ korrekt, aber unüblich:
Konstanten weglassen: $3n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$.
- $2n^2 \in \mathcal{O}(n)$ ist falsch: $\frac{2n^2}{n} = 2n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty !$
- $\mathcal{O}(n) \subseteq \mathcal{O}(n^2)$ ist korrekt
- $\Theta(n) \subseteq \Theta(n^2)$ ist falsch: $n \notin \Omega(n^2) \supset \Theta(n^2)$

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$?

✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

$\sqrt{n} \notin \Theta(n)$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

$\sqrt{n} \notin \Theta(n)$? ✓

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

$\sqrt{n} \notin \Theta(n)$? ✓

$\mathcal{O}(\sqrt{n}) \subset \mathcal{O}(n)$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

$\sqrt{n} \notin \Theta(n)$? ✓

$\mathcal{O}(\sqrt{n}) \subset \mathcal{O}(n)$? ✓

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

$\sqrt{n} \notin \Theta(n)$? ✓

$\mathcal{O}(\sqrt{n}) \subset \mathcal{O}(n)$? ✓

$2^n \notin \mathcal{O}(\exp(n))$?

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

$\sqrt{n} \notin \Theta(n)$? ✓

$\mathcal{O}(\sqrt{n}) \subset \mathcal{O}(n)$? ✓

$2^n \notin \mathcal{O}(\exp(n))$? ✗

Quiz

$1 \in \mathcal{O}(15)$? ✓ besser $1 \in \mathcal{O}(1)$

$2n + 1 \in \Theta(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \mathcal{O}(n)$? ✓

$\sqrt{n} \in \Omega(n)$? ✗

$n \in \Omega(\sqrt{n})$? ✓

$\sqrt{n} \notin \Theta(n)$? ✓

$\mathcal{O}(\sqrt{n}) \subset \mathcal{O}(n)$? ✓

$2^n \notin \mathcal{O}(\exp(n))$? ✗

Quiz: Eine gute Strategie?

... dann kaufe ich mir eben eine neue Maschine!

Quiz: Eine gute Strategie?

... dann kaufe ich mir eben eine neue Maschine! Wenn ich heute ein Problem der Grösse n lösen kann, dann kann ich mit einer 10 oder 100 mal so schnellen Maschine...¹

Komplexität	(speed $\times 10$)	(speed $\times 100$)
-------------	----------------------	-----------------------

$\log_2 n$		
------------	--	--

n		
-----	--	--

n^2		
-------	--	--

2^n		
-------	--	--

Quiz: Eine gute Strategie?

... dann kaufe ich mir eben eine neue Maschine! Wenn ich heute ein Problem der Grösse n lösen kann, dann kann ich mit einer 10 oder 100 mal so schnellen Maschine...¹

Komplexität	(speed $\times 10$)	(speed $\times 100$)
$\log_2 n$	$n \rightarrow n^{10}$	$n \rightarrow n^{100}$
n		
n^2		
2^n		

Quiz: Eine gute Strategie?

... dann kaufe ich mir eben eine neue Maschine! Wenn ich heute ein Problem der Grösse n lösen kann, dann kann ich mit einer 10 oder 100 mal so schnellen Maschine...¹

Komplexität	(speed $\times 10$)	(speed $\times 100$)
$\log_2 n$	$n \rightarrow n^{10}$	$n \rightarrow n^{100}$
n	$n \rightarrow 10 \cdot n$	$n \rightarrow 100 \cdot n$
n^2		
2^n		

Quiz: Eine gute Strategie?

... dann kaufe ich mir eben eine neue Maschine! Wenn ich heute ein Problem der Grösse n lösen kann, dann kann ich mit einer 10 oder 100 mal so schnellen Maschine...¹

Komplexität	(speed $\times 10$)	(speed $\times 100$)
$\log_2 n$	$n \rightarrow n^{10}$	$n \rightarrow n^{100}$
n	$n \rightarrow 10 \cdot n$	$n \rightarrow 100 \cdot n$
n^2	$n \rightarrow 3.16 \cdot n$	$n \rightarrow 10 \cdot n$
2^n		

Quiz: Eine gute Strategie?

... dann kaufe ich mir eben eine neue Maschine! Wenn ich heute ein Problem der Grösse n lösen kann, dann kann ich mit einer 10 oder 100 mal so schnellen Maschine...¹

Komplexität	(speed $\times 10$)	(speed $\times 100$)
$\log_2 n$	$n \rightarrow n^{10}$	$n \rightarrow n^{100}$
n	$n \rightarrow 10 \cdot n$	$n \rightarrow 100 \cdot n$
n^2	$n \rightarrow 3.16 \cdot n$	$n \rightarrow 10 \cdot n$
2^n	$n \rightarrow n + 3.32$	$n \rightarrow n + 6.64$

¹Um das zu sehen, setzt man jeweils $f(n') = c \cdot f(n)$ ($c = 10$ oder $c = 100$) und löst nach n' auf.

Asymptotische Laufzeiten mit Θ

```
void run(int n){  
    for (int i = 1; i<n; ++i)  
        for (int j = 1; j<n; ++j)  
            op();  
}
```

Wie oft wird `op()` aufgerufen?

Asymptotische Laufzeiten mit Θ

```
void run(int n){  
    for (int i = 1; i<n; ++i)  
        for (int j = i; j<n; ++j)  
            op();  
}
```

Wie oft wird `op()` aufgerufen?

Asymptotische Laufzeiten mit Θ

```
void run(int n){  
    for (int i = 1; i<n; ++i){  
        op();  
        for (int j = i; j<n; ++j)  
            op();  
    }  
}
```

Wie oft wird `op()` aufgerufen?

Asymptotische Laufzeiten mit Θ

```
void run(int n){  
    for(int i = 1; i <= n; ++i)  
        for(int j = 1; j*j <= n; ++j)  
            for(int k = n; k >= 2; --k)  
                op();  
}
```

Wie oft wird `op()` aufgerufen?

2. Programmierübung

Unfairer Würfel

Würfel simulieren

Gegeben: Simulation uniformverteilter
Zufallsvariable `Math.Random()` $\in [0, 1)$.

Gesucht: Simulation eines *fairen* Würfels



Würfel simulieren

`Math.Random()` gibt ein $U \in [0, 1)$ zurück mit

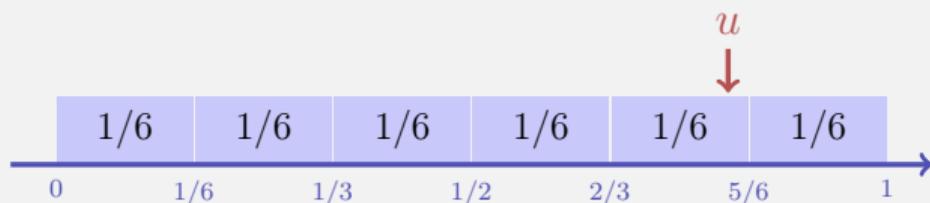
$$\mathbb{P}(U \in [l, r)) = r - l.$$

`Dice()` soll ein $Y \in \{1, \dots, 6\}$ zurückgeben, so dass

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

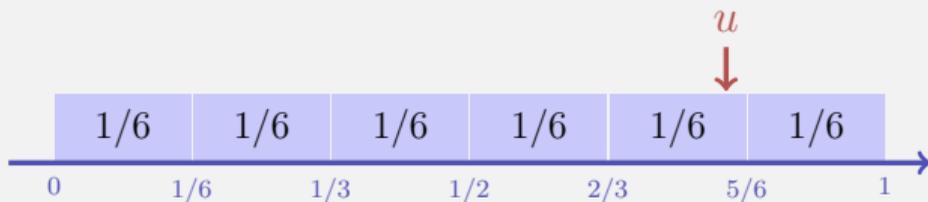


Umständlich, aber korrekt



```
static int Dice(){
    double u = Math.random();
    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;
}
```

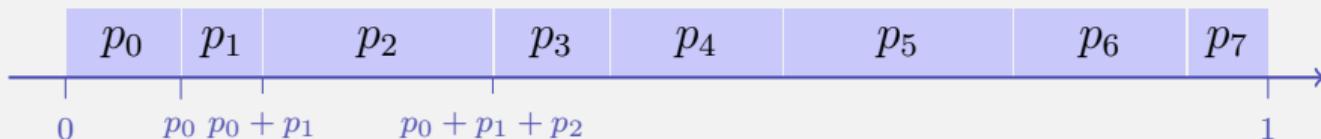
Einfacher



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

Unfair Würfeln

Gegeben: Wahrscheinlichkeitsvektor $p = (p_0, \dots, p_{n-1})$ mit $\sum_{i=0}^{n-1} p_i = 1$ und $p_i \geq 0$ ($0 \leq i < n$).

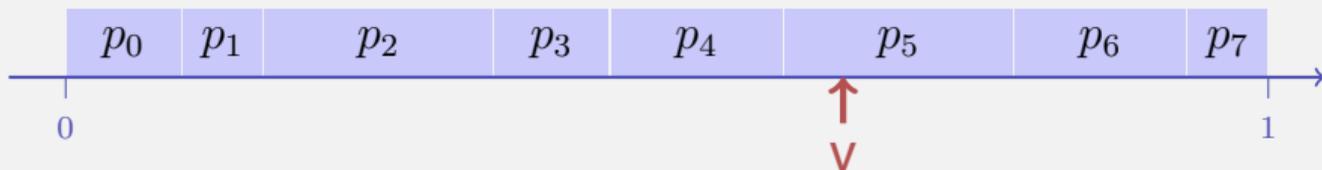


Gesucht: `Sample(p)` soll ein j ($0 \leq j < n$) zurückgeben mit Wahrscheinlichkeit p_j .

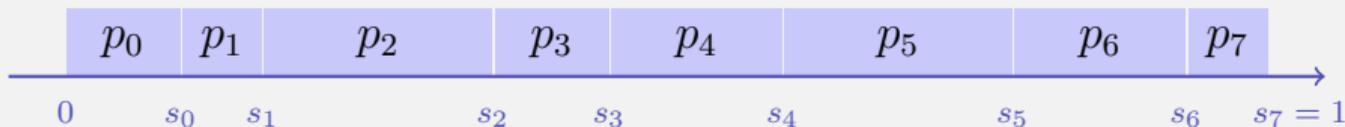
Formal

Ziehe mit einem vorhandenen Zufallszahlengenerator eine Zufallszahl v gleichverteilt aus dem Intervall $[0, 1)$. Aus dieser Zahl v erzeugt man dann eine ganze Zahl $0 \leq S(p, v) < n$ mit folgender Regel

$$S(p, v) = \min\{0 \leq i < n : \sum_{k=0}^i p_k > v\}$$



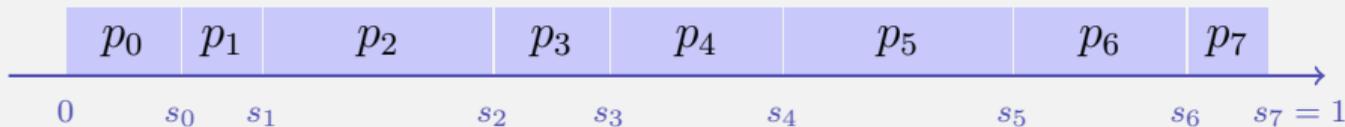
Unfair Würfeln



```
static int Sample(double[] p){  
    double u = Math.random();  
    if (u<p[0]) return 0;  
    if (u<p[0]+p[1]) return 1;  
    if (u<p[0]+p[1]+p[2]) return 2;  
    if (u<p[0]+p[1]+p[2]+p[3]) return 3;  
    ...  
}
```

Zu umständlich: wir brauchen eine Schleife!

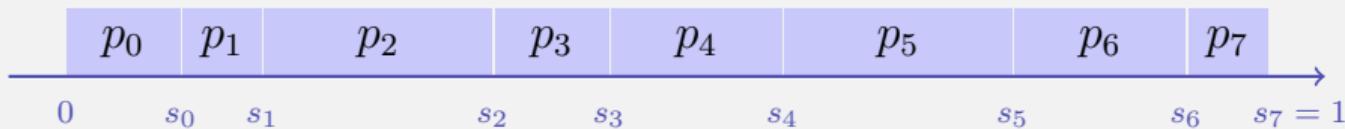
Ein kleiner Trick



```
static int Sample(double[] p){
    double u = Math.random();
    if (u < p[0]) return 0;
    u -= p[0];
    if (u < p[1]) return 1;
    u -= p[1];
    if (u < p[2]) return 2;
    ...
}
```

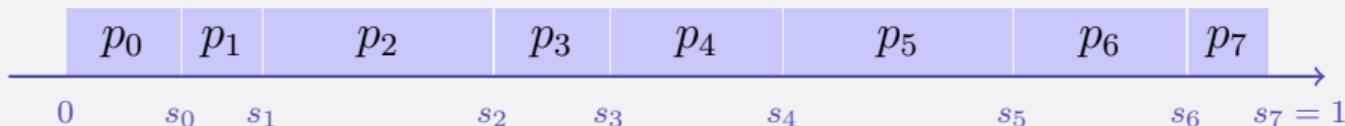
So müssen wir Summe der p_i nicht mitrechnen.

In eine Schleife



```
static int Sample(double[] p){
    double u = Math.random();
    for (int k = 0; k < p.length-1; ++k){
        if (u<p[k]) return k;
        u -= p[k];
    }
    return p.length-1;
}
```

Noch kompakter



```
static int Sample(double[] p){
    double u = Math.random();
    int k=0;
    while (k < p.length && u>0){
        u -= p[k++];
    }
    return k-1;
}
```

Fragen oder Anregungen?