

# Algorithmen

## Digitalisierung und Programmierung

Prof. Dr. Nicolas Meseth

### Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung . . . . .	1
Was ist ein Algorithmus? . . . . .	2
Herkunft des Begriffs . . . . .	2
Algorithmen und Programme . . . . .	2
Kategorien . . . . .	3
Mathematische Algorithmen . . . . .	3
Suchalgorithmen . . . . .	4
Sortieralgorithmen . . . . .	5
Optimierungsalgorithmen . . . . .	5
Graphenalgorithmen . . . . .	5
Stochastische Algorithmen . . . . .	5
Maschinelle Lernalgorithmen . . . . .	5
Iteration und Rekursion . . . . .	5
Übungsaufgaben . . . . .	6

### Zusammenfassung

Willkommen zum Kapitel über Algorithmen - ein fundamentales Konzept der Informatik und der digitalen Problemlösung. In diesem Abschnitt werden wir uns mit den grundlegenden Aspekten von Algorithmen befassen und dabei zentrale Fragen beantworten:

- Was ist ein Algorithmus und wie grenzt er sich von einem Computerprogramm ab?
- Welche verschiedenen Kategorien von Algorithmen existieren und durch welche praktischen Beispiele lassen sie sich veranschaulichen?
- Wie können wir Algorithmen systematisch und präzise formulieren?
- Nach welchen Kriterien bewerten wir die Effizienz und Eignung verschiedener Algorithmen für spezifische Problemstellungen?

# Was ist ein Algorithmus?

## Herkunft des Begriffs

Der Begriff “**Algorithmus**” [stammt vom Namen des persischen Mathematikers Muhammad al-Khwarizmi](#), der um das Jahr 780 n. Chr. geboren wurde. Al-Khwarizmi war ein bedeutender Gelehrter am Hofe des Kalifen al-Mamun und verfasste dort Schriften, die den Gebrauch der indischen Zahlzeichen erklärten. Diese Schriften wurden im 12. Jahrhundert ins Lateinische übersetzt, wobei der Titel “Algoritmi de numero Indorum” verwendet wurde. Im Laufe der Zeit wurde der Name al-Khwarizmi zur Bezeichnung für die von ihm beschriebenen Rechenverfahren und entwickelte sich schließlich zum modernen Begriff “Algorithmus”.

Heute bezeichnet ein **Algorithmus** eine präzise Abfolge von Anweisungen, die ein bestimmtes Problem lösen oder eine Aufgabe erfüllen sollen. Im Alltag begegnen uns Algorithmen ständig, oft, ohne dass wir es merken: beim Kochen, bei der Wegbeschreibung oder beim Aufbau eines IKEA-Regals.

## Algorithmen und Programme

Ein wichtiger Aspekt von Algorithmen ist ihre Universalität: Sie sind nicht an Computer gebunden. Ein Algorithmus ist im Kern eine strukturierte Anleitung zur Problemlösung, unabhängig davon, wer oder was diese Anleitung ausführt. Diese Flexibilität zeigt sich besonders deutlich in unserem Alltag, wo wir ständig algorithmische Anleitungen befolgen - sei es beim Aufbau eines Möbelstücks oder beim Kochen nach einem Rezept. Bei diesen Tätigkeiten führen wir Menschen die algorithmischen Schritte aus, ganz ohne Beteiligung eines Computers:

- Kochen: Ein Rezept ist ein Algorithmus für die Zubereitung eines Gerichts. Comment
- Wegbeschreibung: Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung, um von Punkt A nach Punkt B zu gelangen.
- Bastelanleitung: Die Anweisungen, um ein Modellflugzeug zusammenzubauen.

Viele Algorithmen können von Computern ausgeführt werden. Dafür ist jedoch eine Übersetzung in eine maschinenverständliche Form notwendig. Diese Übersetzung erfolgt durch das Programmieren, wobei wir den Algorithmus in einer Programmiersprache formulieren. Um die Beziehung zwischen Algorithmen und Computerprogrammen besser zu verstehen, ist es hilfreich, drei zentrale Begriffe zu unterscheiden:

- **Algorithmus:** Die abstrakte Beschreibung einer Lösungsmethode in Form einer präzisen, endlichen Sequenz von individuellen Anweisungen. Ein Algorithmus ist unabhängig von der konkreten Umsetzung und kann sowohl von Menschen als auch von Maschinen ausgeführt werden.

- **Programm:** Die konkrete Implementation eines oder mehrerer Algorithmen in einer Programmiersprache. Das Programm übersetzt die abstrakten Anweisungen des Algorithmus in eine Form, die ein Computer verstehen und ausführen kann.
- **Prozess:** Die tatsächliche Ausführung eines Programms durch einen Computer. Dabei werden die programmierten Anweisungen Schritt für Schritt abgearbeitet, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen.

## Kategorien

Algorithmen können nach ihrer Funktion und ihrem Anwendungsbereich in verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Jede Kategorie repräsentiert einen spezifischen Problemlösungsansatz:

- **Mathematische Algorithmen:** Berechnen oder approximieren Werte
- **Suchalgorithmen:** Finden bestimmte Elemente in einer Datenmenge
- **Sortieralgorithmen:** Ordnen Daten nach bestimmten Kriterien
- **Optimierungsalgorithmen:** Finden die bestmögliche Lösung für ein Problem
- **Graphenalgorithmen:** Arbeiten mit vernetzten Strukturen
- **Stochastische Algorithmen:** Verwenden Zufallselemente, um ein Problem zu lösen
- **Maschinelle Lernalgorithmen:** Erkennen Muster und treffen Vorhersagen

Diese Kategorien sind weder vollständig noch strikt voneinander getrennt. Viele Algorithmen lassen sich mehreren Kategorien zuordnen. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist der **Dijkstra-Algorithmus**, der die kürzeste Route zwischen zwei Punkten findet. Er ist sowohl ein Graphenalgorithmus, da er auf vernetzten Strukturen arbeitet, als auch ein Optimierungsalgorithmus, da er die optimale (kürzeste) Route ermittelt.

Im folgenden beleuchten wir ein oder mehr Beispiele für jeder der genannten Klassen.

## Mathematische Algorithmen

### Größter gemeinsamer Teiler (GGT)

Der Algorithmus zur Berechnung des größten gemeinsamen Teilers (GGT) ist ein klassisches Beispiel für einen eleganten mathematischen Algorithmus. Er wurde vom griechischen Mathematiker Euklid um 300 v. Chr. in seinem Werk “Die Elemente” beschrieben und demonstriert eindrucksvoll die zeitlose Natur algorithmischen Denkens.

Das Verfahren basiert auf einem einfachen, aber genialen Prinzip: Der GGT zweier Zahlen ist identisch mit dem GGT der kleineren Zahl und der Differenz beider Zahlen. Zum Beispiel haben die Zahlen 48 und 18 den gleichen GGT wie 18 und 30 (48-18). Durch wiederholtes Anwenden dieser Regel wird der GGT systematisch ermittelt. Die Eleganz dieses Verfahrens

liegt in seiner Einfachheit und mathematischen Präzision - Eigenschaften, die auch heute noch moderne Algorithmen auszeichnen.

Der Block unten zeigt die Schritte des Euklidischen Algorithmus für das obige Zahlenbeispiel.

```
1  Loop 1:
2  a = 18, b = 48
3  a < b → swap: a = 48, b = 18
4  a = 48 - 18 = 30
5
6  Loop 2:
7  a = 30, b = 18
8  a >= b → no swap
9  a = 30 - 18 = 12
10
11 Loop 3:
12 a = 12, b = 18
13 a < b → swap: a = 18, b = 12
14 a = 18 - 12 = 6
15
16 Loop 4:
17 a = 6, b = 12
18 a < b → swap: a = 12, b = 6
19 a = 12 - 6 = 6
20
21 Loop 5:
22 a = 6, b = 6
23 a >= b → no swap
24 a = 6 - 6 = 0
25
26 result: b = 6
```

## Babylonisches Wurzelziehen

## Suchalgorithmen

### Lineare Suche

### Binäre Suche

### Suche in Bäumen

**Sortieralgorithmen**

**Optimierungsalgorithmen**

**Dijkstra-Algorithmus**

**Graphenalgorithmen**

**Stochastische Algorithmen**

**Maschinelle Lernalgorithmen**

**Iteration und Rekursion**

## Übungsaufgaben

1. Woher stammt der Begriff *Algorithmus*?
2. Definiere, was ein Algorithmus ist, und gib drei Beispiele für Algorithmen aus dem Alltag, die keinen direkten Bezug zu Computern haben.
3. Welche grundlegenden Ansätze zur Klassifizierung von Algorithmen gibt es?
4. Erläutere, was mit der Komplexität eines Algorithmus gemeint ist. Warum ist die Komplexität eines Algorithmus wichtig? Wie wird sie angegeben?
5. Welche Komplexitätsklassen kennst du? Bringe sie in eine Reihenfolge von der geringsten zur höchsten Komplexität.
6. Berechne den größten gemeinsamen Teiler der Zahlen 56 und 98 mithilfe des euklidischen Algorithmus! Dokumentiere jeden Schritt!
7. Wir haben exemplarisch für einen Algorithmus die babylonische Methode zur Approximation einer Quadratwurzel kennengelernt. Beantworte die nachfolgenden Fragen in diesem Kontext:
  - a. Berechne die Quadratwurzel von 25 mit der babylonischen Methode und dokumentiere jeden Schritt! Wähle einen sinnvollen Startwert!
  - b. Vergleiche die Ergebnisse der babylonischen Methode nach 3, 5 und 7 Iterationen mit dem exakten Wert der Quadratwurzel.
  - c. Erkläre die Funktionsweise des babylonischen Algorithmus zur Berechnung der Quadratwurzel. Verwende dazu visuelle Hilfsmittel. Warum konvergiert der Algorithmus gegen den exakten Wert der Quadratwurzel?
8. Erläutere die Monte-Carlo-Methode zur Schätzung von  $\pi$  und erkläre, wie man mithilfe von Zufallszahlen eine Annäherung an  $\pi$  erreichen kann.
9. Finde weitere Probleme, die sich durch Monte-Carlo-Simulationen lösen lassen. Weshalb sind manche dieser Probleme mit anderen Methoden nicht lösbar?
10. Betrachte den Pseudocode in der Abbildung unten und beantworte die folgenden Fragen!
  - a. Beschreibe die Ein- und Ausgabeinformationen für den gezeigten Algorithmus. Verwende dazu das EVA-Modell!
  - b. Wie werden die Ein- und Ausgabeinformationen für diesen Algorithmus im Computer dargestellt? Wie viele Bits werden dafür benötigt?
  - c. Welches Problem löst der Algorithmus? Beschreibe den Ablauf des Algorithmus in eigenen Worten und demonstriere sein Verhalten anhand verschiedener konkreter Beispiele!
  - d. Wie würdest du die Komplexität des Algorithmus einschätzen und in welche Komplexitätsklasse lässt er sich einordnen?

- e. Implementiere den Algorithmus in Python. Schreibe eine Funktion, die die Eingabe als Parameter entgegennimmt und das Ergebnis mit `return` zurückgibt. Teste die Funktion mit verschiedenen Eingabewerten!

