

# 9. Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe in lebensgroßen Informatik-Systemen erleben

Samir Hajal<sup>1</sup>

*„Es geht immer um Regeln. Der Computer führt sie stur aus – ohne Ausnahmen.“*

Alma, 9 Jahre



Beim Sortieren im analogen Sortiernetzwerk

## Worum es geht

Beim Arbeiten mit Computern geht es oft darum, Dateien<sup>2</sup> in einer bestimmten Reihenfolge zu sortieren. Ob beim Sortieren von Dokumenten nach Namen oder Datum oder von Musiktiteln nach Erscheinungsjahr – immer ist dafür ein bestimmter Algorithmus notwendig. Ein Algorithmus ist nichts anderes als eine bestimmte

Abfolge von Handlungsanweisungen, mit denen sich Probleme lösen lassen. Es gibt viele Arten von Algorithmen, die beim Arbeiten am Computer im versteckten Inneren ablaufen und dem Menschen mühselige Arbeit abnehmen, die vor deren Erfindung noch zeitaufwendig und „händisch“ erledigt werden musste.

Sortieralgorithmen bieten sich besonders an, um sie mit Kindern in lebensgroßen Informatik-Systemen in einem „Spiel mit Regeln“ zu erleben. In diesem Kapitel stellen wir für die Umsetzung im Unterricht den einfachen Sortieralgorithmus Bubblesort (Kapitel 9.1) sowie darauf aufbauend das analoge Sortiernetzwerk (Kapitel 9.2) vor. In beiden Praxisbeispielen schlüpfen die Kinder in die Rolle der zu sortierenden Dateien und Schaltstellen des Computers, um in Bewegung eine unsortierte Reihe von Dateien zu sortieren.



### Material für dieses Projekt

- Straßenkreide (für die Durchführung draußen)
- Farbiges, rückstandslos entfernbare Klebeband, z. B. Kreppband (für drinnen)
- Optional: verschiedene Materialien zum Sortieren: Glocken, laminierte Schilder mit Buchstaben, Wörtern oder Zahlen, unterschiedlich lange oder schwere Gegenstände o. Ä.

<sup>1</sup> Bearbeitung: Brigitte Pemberger

<sup>2</sup> Digitales Pendant zu „Akte“ (Papier). Der Begriff Daten (Mehrzahl von Datum) kommt vom lateinischen Wort datum, was „gegeben“ bedeutet. Somit sind Daten etwas Gegebenes. In der Informatik sind Daten all die Informationen, die digital (binär) übertragen, verarbeitet und gespeichert werden.

6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN1. BEDIENEN /  
ANWENDEN

Ab Klasse 1

Ganze Klasse oder Gruppe ab 4 Kindern

Vorbereitung: 5 Min.

Durchführung: ab 10 Min. (ohne Aufzeichnen der Kästchen)

## Praxisbeispiel 1

# 9.1 Bubblesort – Was haben Luftblasen mit Informatik zu tun?



*„Im Bubblesort durfte ich die Chefin sein. Das war lustig, aber es dauerte mega lange, weil am Anfang alle recht durcheinander standen.“*

Ronja, 9 Jahre

Startklar für den Bubblesort

### Worum es geht

In der Softwareentwicklung gibt es inzwischen zahlreiche Verfahren, um Dateien schnell und effizient zu sortieren. Sortieren ist beispielsweise immer dann notwendig, wenn eine Übersicht nach bestimmten Kriterien geschaffen werden muss. In der Anwendung am Computer nutzen wir Sortierfunktionen oft im Date Explorer, um innerhalb eines Ordners Text-, Musik-, Bild- und Audiodateien nach bestimmten Kriterien (Name, Erstellungsdatum, Nummer, Dateigröße etc.) zu sortieren und anzeigen zu lassen.

Ein kleiner Exkurs: Interessanterweise lässt sich bei jüngeren Kindern beobachten, wie sie stundenlang in Sortier- und Ordnungstätigkeiten vertieft sein können. Sie untersuchen dabei Gegenstände exakt, vergleichen und ordnen sie nach selbst gewählten Kriterien. Langweilig wird es kaum, da ja jederzeit ein neues Kriterium gewählt werden kann, wonach dieselben Gegenstände aufs Neue untersucht und verglichen werden. Die kleine Welt ordnet sich ein jedes Mal neu. Nun aber zurück zur Informatik:

**Bubblesort ist ein Sortierverfahren**, das vergleichsbasiert arbeitet. Dabei wird eine Liste von unsortierten Dateien immer vom Anfang bis zum Ende durchgearbeitet, wobei immer nur zwei direkt benachbarte Dateien (Elemente) miteinander verglichen werden. Dieses Dateipaar wird dann entweder vertauscht oder stehen gelassen, je nachdem, ob es sich bereits in der richtigen Reihenfolge befindet oder nicht. Ist man am Ende der Liste angekommen, fängt das Sortieren wieder von vorne an. Dieser Ablauf wird so lange wiederholt, bis die komplette Liste sortiert ist bzw. bis jedes einzelne Element am richtigen Platz steht. Die ständige Wiederholung des Sortierverfahrens macht die Namensgebung Bubblesort deutlich: Einige Elemente wandern während der Sortierung wie kleine Luftbläschen im Wasser (engl. *bubbles*) bei jedem Durchlauf etwas weiter nach oben – solange, bis alle Elemente am richtigen Platz stehen. Zwar wird Bubblesort in der heutigen Programmierung kaum noch genutzt, da es inzwischen effizientere Sortieralgorithmen gibt. Aber die meisten basieren auf dem Prinzip des Vergleichens, das mit Bubblesort eingeführt wurde.

## Anleitung Schritt-für-Schritt

1

### Vorbereitung – Kästchen aufzeichnen

Auf den Boden auf einer Linie mit Straßenkreide (aufsteigend nummerierte) Kästchen aufzeichnen, die so groß sind, dass darin jeweils ein Kind stehen kann. Anzahl Kästchen = Anzahl Kinder.

2

### Zum Aufwärmen: Sortieren nach Regeln, aber noch ohne System

**Schritt 1:** Aufstellen in der Reihe

Die Lehrkraft gibt den Kindern die Anweisung, sich in einer Reihe nebeneinander aufzustellen – in jedem Kästchen darf ein Kind stehen, kein Kästchen bleibt leer.

**Schritt 2:** Sortieren nach ausgewähltem Kriterium

Die Lehrkraft weist die Kinder an, sich nach einem von ihr vorgegebenen Kriterium selbstständig so lange zu sortieren, bis alle in der richtigen Reihenfolge stehen.

Geeignete Kriterien für die Sortierung:

- nach Haarfarbe von hell nach dunkel
- nach Haarlänge
- nach Geburtsdatum im Kalenderjahr
- nach Länge des Schulwegs
- nach Anzahl Cousins und Cousinen
- nach Vorname (alphabetisch)



„Wildes Sortieren“ nach Helligkeit der Haarfarbe



#### Tipp zum Aushalten des anfänglichen Durcheinanders

Dieser Sortiervorgang wirkt erfahrungsgemäß zu Beginn sehr chaotisch, da viele Kinder gleichzeitig z. B. ihre Haare vergleichen, miteinander reden und überall die Positionen gewechselt werden. Das Durcheinander löst sich nach kurzer Zeit auf, sodass nach wenigen Minuten die Kinder in der richtigen Reihenfolge sortiert nebeneinanderstehen und die Reihenfolge überprüft werden kann. „Stehen alle richtig?“, kann gefragt werden.

Meistens übernehmen zwei oder drei Kinder die Rolle, sich vor die anderen Kinder zu stellen, um diese zu vergleichen und ihnen zu sagen, ob sie ihre Position behalten oder tauschen sollen. Diese Rollenübernahme, die gleichzeitig im Gruppenprozess die Verantwortungsübernahme für die erfolgreiche Sortierung darstellt, ist sehr wichtig. Denn: **Genau diese Funktion übernimmt beim Bubblesort Sortieralgorithmus der Computer!**



6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN

5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN

4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN

3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN

2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN

1. BEDIENEN /  
ANWENDEN

### 3

## Bubblesort durchführen – die Lehrkraft führt das Prinzip ein

**Schritt 1:** Aufstellen in der Reihe

Die Lehrkraft bittet die Kinder, sich wieder zufällig nebeneinanderzustellen. Dabei ist es wieder wichtig, dass jedes Kind in einem Kästchen steht und keine Lücken gelassen werden.

**Schritt 2:** Erklärung

Die Lehrkraft erklärt den Kindern, dass Dateien nicht miteinander kommunizieren können und sich nicht gegenseitig vergleichen können. Diese Aufgabe übernimmt der Computer.

Die Lehrkraft gibt bekannt, dass noch einmal nach demselben Kriterium sortiert werden soll, diesmal aber mit System.

**Schritt 3:** Bubblesort anleiten

Die Lehrkraft leitet den Bubblesort Sortieralgorithmus an, indem sie sich vor die ersten zwei Kinder stellt, auf sie zeigt und dann laut „Tauschen“ oder „Nicht tauschen“ sagt. Danach wird dieser Schritt bei weiteren Kinderpaaren demonstriert (2- bis 3-mal), bis die Kinder das Prinzip verstanden haben.



„Bitte tauschen!“



### Tipp zur Einführung des Bubblesort durch die Lehrkraft

Es ist wichtig, auf das Einhalten der exakten Vorgehensweise zu achten, das heißt

1. die Sortierung immer beim ersten und zweiten Kind beginnen,
2. immer nur zwei benachbarte Kinder miteinander vergleichen,
3. nach dem Vergleichen das „Tauschen der Plätze“ oder „Nicht-Tauschen der Plätze“ anweisen und überprüfen, danach
4. um eine Position weiterrücken und die nächsten zwei Elemente – also das zweite und dritte Kind, dann das dritte und vierte Kind usw. – an die Reihe nehmen

### 4

## Bubblesort durchführen – ein Kind übernimmt die Sortierfunktion

**Schritt 1:** Sortier-Aufgabe von der

Lehrkraft an ein Kind übergeben

Eines der Kinder wird gebeten, aus der „unsortierten Liste“ herauszutreten und selbst die Rolle des Computers zu übernehmen. Es übernimmt die Aufgabe, die die Lehrkraft bei den ersten drei bis vier Elementen vorgeführt hat, und wendet den Sortieralgorithmus so lange weiter an, bis es am Ende der Liste angekommen ist.



Beim Vergleichen von zwei benachbarten „Elementen“ in der „Liste“

**zu 4 Schritt 2:** Ende der Liste erreicht – was nun?

Ist das Kind mit der Anwendung des Sortieralgorithmus (Vergleichen von jeweils zwei benachbarten Elementen) am Ende der Liste angekommen, fragt die Lehrkraft:

„Ist die Sortierung nun fertig? Stehen alle richtig einsortiert?“

Nach einem prüfenden Blick wird diese Frage von den Kindern verneint werden.

Wie geht es weiter?

Schritt 1 so lange (immer vom Anfang bis zum Ende der Liste) wiederholen, bis die Abbruchbedingung erfüllt ist, das heißt, bis alle Kinder stellvertretend für Dateien auf- oder absteigend sortiert am richtigen Platz stehen.

 **Tipp zum Umgang mit Fehlern während des Sortierens**

Es ist nicht schlimm, wenn bei der Anwendung des Bubblesort Sortieralgorithmus einmal ein Kind „übersprungen“ wird. Zum einen bemerken das die Kinder selbst und korrigieren sich gegenseitig, zum anderen wird das Element beim nächsten Durchlauf dann wieder korrekt sortiert. Dieser Sortieralgorithmus korrigiert Fehler bei der Anwendung von mehreren Durchläufen automatisch, was einem explorativen didaktischen Vorgehen sehr entgegenkommt.

**Variationen**

- **Kinder übernehmen abwechselnd die Rolle des Computers**

Statt der Sortierung von Anfang bis Ende von einem einzigen Kind, übernimmt bei jedem Durchgang ein anderes Kind das Anleiten bzw. Dirigieren.

- **Lehrkraft lässt sich mit sortieren**

Die Lehrkraft stellt sich selbst auch in die Reihe der unsortierten Liste und lässt sich mit den anderen Kindern, die Sortierelemente darstellen, mit sortieren. Wichtig ist, dass sich die Lehrperson dabei mit „Erklärenwollen“ zurückhält.

- **Mehrere Kinder übernehmen gleichzeitig die Rolle des Computers**

Bei besonders großen Gruppen mit vielen Kindern bietet es sich an, dass zwei oder drei Kinder gleichzeitig die Rolle des Computers zu übernehmen. Dadurch sind mehrere Kinder aktiv und die Wartezeiten für die Kinder in den Kästchen halten sich gering. Wichtig ist dabei zu beachten, dass die Kinder, die das Sortieren durchführen, sich nicht gegenseitig überholen.

- **Informatik und Sinnesschulung**

Das Vergleichen bietet die Möglichkeit zur Schulung der Sinneswahrnehmung. Denn: Vergleichen setzt Wahrnehmen voraus! Wählen Sie z. B. Glockentöne, die nach Tonhöhe, Farbkärtchen, die nach Helligkeit, oder Bildkarten, die chronologisch nach einer vorgelesenen Geschichte sortiert werden, um bei den Kindern die Sinneswahrnehmung und das Erinnerungsvermögen anzuregen.



Bubblesort-Algorithmus mit Glöckchen anwenden: Vergleichen durch exaktes Hören

6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN1. BEDIENEN /  
ANWENDEN

Ab Klasse 1

Ganze Klasse oder Gruppe ab 6 Kindern

Vorbereitung: 5 Min. (wenn Sortiernetzwerk vorhanden)

Durchführung: ab 10 Min. ohne Aufzeichnen, mit Aufzeichnen 45 Min. (ab Klasse 3)

## Praxisbeispiel 2

# 9.2 Das analoge Sortiernetzwerk

In diesem Praxisbeispiel zeigen wir, wie sich mit Kindern auf dem Schulhof mit Straßenkreide ein begehbares, analoges Informatiksystem aufzeichnen (A) und dieses zur Sortierung von Dateien in Betrieb nehmen lässt (B). Dabei steigen die Kinder im lebensgroßen Computer sowohl in die Rolle der zu sortierenden Dateien als auch in die Rolle der „Sortierstellen“. Ob rhythmisch koordiniert oder mal zum Spaß während der Schulpausen: Das analoge Sortiernetzwerk steht exemplarisch für die handlungsorientierte Thematisierung von Datenverarbeitungsprozessen und die drei Grundsätze der Analog-Digidaktik (vgl. Einführung, S. 13).



*„Wir haben geübt, bis wir richtig schnell waren – aber ich würde jetzt nicht alles damit sortieren. Manchmal bist du halt schneller ohne Sortiernetzwerk. Dann braucht man es ja nicht.“*

Cordula und Pete, 9 Jahre

Ein analoges Informatik-System auf dem Schulhof

### Worum es geht

Beim Sortieren mit Bubblesort merken die Kinder schnell, dass bei einer größeren Anzahl von Elementen das Sortierverfahren mehr Zeit in Anspruch nimmt. Die Idee „Sortiernetzwerk“ gehört zu den alten, aber noch längst nicht veralteten Erfindungen der Informatik. Dabei geht es um Folgendes: Anstatt wie beim Bubblesort immer nur zwei Elemente gleichzeitig zu sortieren, können taktweise mehrere Elemente gleichzeitig – also parallel – sortiert werden. Das parallele Arbeiten am selben Problem ist oft effizienter,

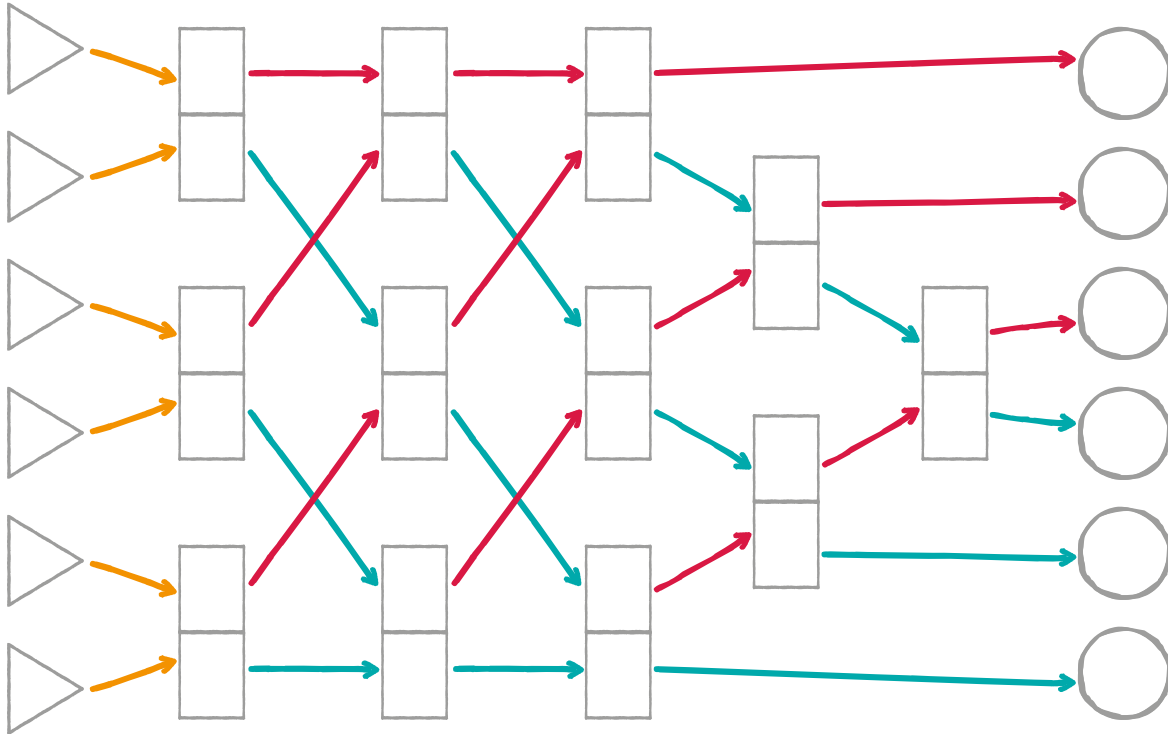
als wenn nur einzeln daran gearbeitet wird. Mit vereinten Kräften schafft man mehr als allein – das kennen die Kinder bereits aus eigener Erfahrung. Während das Bubblesort-Verfahren mal länger, mal kürzer dauert, bietet ein Sortiernetzwerk so etwas wie eine Zeitgarantie: Die Anzahl von Vergleichen ist von vornherein festgelegt. Es spielt dabei keine Rolle, wie unsortiert eine Liste bei der Eingabe ins System ist. Bei sechs Elementen gibt es beispielweise immer zwölf Vergleiche!

**Im Verlauf der Entwicklungsgeschichte der Informatik** wurden immer ausgeklügeltere und effizientere Sortieralgorithmen entwickelt, Hand in Hand mit dem technologischen Fortschritt, der sich bei Computern speziell auch in einer steten Zunahme der Leistungsfähigkeit auszeichnet. Die sogenannte „CPU“ (Central Processing Unit, auch Prozessor genannt) hat starken Einfluss auf die Geschwindigkeit der Sortierung. Obwohl heute gängige Computermodelle Daten viel schneller verarbeiten, als wir es mit dem Bubblesort auf dem Schulhof hinkriegen, kommen selbst diese beim Sortieren schon einmal an Leistungsgrenzen.

## Anleitung Schritt-für-Schritt für die Umsetzung auf dem Schulhof

### A Aufzeichnen des analogen Sortiernetzwerks

Die Kinder an der Entstehung des Sortiernetzwerks beteiligen, in dem sie mit Straßenkreide die Felder und Pfeile gemäß Plan oder Anweisung der Lehrkraft aufmalen.



#### 1 Mit Startpositionen beginnen

Mit dem Aufzeichnen links beginnen, d. h. zuerst als Startpositionen 6 Dreiecke in Reihe aufzeichnen. Die Dreiecke müssen so groß sein, dass ein Kind mit beiden Füßen darin stehen kann.



#### 2 Pfeile zur ersten Vergleichsstation

Von den Dreiecken aus je einen ca. zwei Schritte langen Pfeil zur ersten Vergleichsstation (Doppelkästchen) ziehen.



#### 3 Erste Vergleichsstation (Doppelkästchen)

Die Kästchen müssen immer so groß sein, dass ein Kind mit beiden Füßen darin stehen kann.



#### 4 Weiteres Aufzeichnen nach Plan

Das weitere Aufzeichnen erfolgt am besten Takt für Takt nach Plan. Erst am Schluss die kreisförmigen Zielfelder auf den Boden zeichnen oder alternativ dafür z. B. Gymnastik-Ringe hinlegen.



Das anfängliche, vielleicht erst nach einem Durcheinander anmutende Bild auf dem Boden ergibt für die Kinder erst Sinn, wenn sie in den Feldern stehen und das Informatik-System in Bewegung erkunden dürfen. Oft wird nach einem ersten Durchlaufen selbstständig erkannt, dass die Pfeile nicht zufällig sind, sondern einem bestimmten System folgen.

Besonders anschaulich wird es, wenn die Pfeile für die Vergleichsmerkmale „höher/größer/mehr ...“ und „tiefer/kleiner/weniger ...“ unterschiedliche Farben haben (siehe Planzeichnung oben).



6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN

5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN

4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN

3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN

2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN

1. BEDIENEN /  
ANWENDEN

## B Sortieren mit dem Sortiernetzwerk – Glöckchen nach Tonhöhe sortieren

Vorab: Das Sortiernetzwerk enthält Doppelkästchen, die als Vergleichsstationen dienen. Das Prinzip des Vergleichens mit oder ohne anschließenden Tausch der Positionen kennen die Kinder bereits aus dem Bubblesort.

### 1 6 Kinder gehen an den Start

Dafür stellen sie sich in die auf den Boden aufgezeichneten Dreiecks-Felder.

### 2 3 Kinder begeben sich zu den Doppelkästchen (im 1. Takt, siehe Grafik)

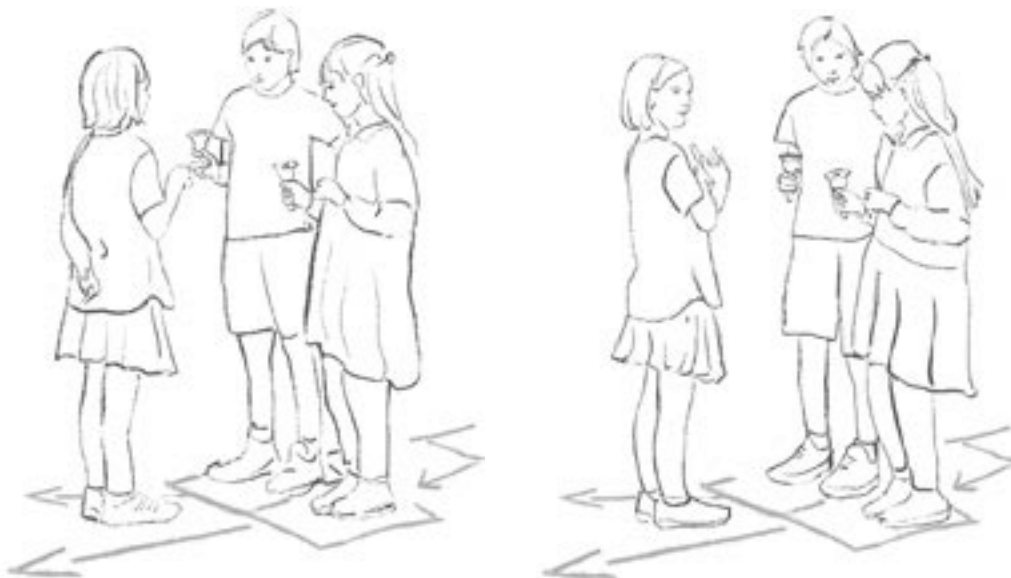
Dafür stellt sich hinter jedes Doppelkästchen ein Kind, das die Sortieraufgabe übernimmt.

### 3 Materialien verteilen und Sortierkriterium festlegen

Die Lehrkraft verteilt an die Kinder auf den Startpositionen je ein Glöckchen und gibt das Sortierkriterium bekannt. Hier: „Wir sortieren nach Tonhöhe. Der höchste Ton soll am Schluss ganz links und der tiefste Ton ganz rechts zu stehen kommen“ (Perspektive: Laufrichtung im Sortiernetzwerk).

### 4 Es geht los – das analoge Sortiernetzwerk von Takt zu Takt durchlaufen

Die Lehrkraft gibt das Startsignal für die Sortierung im 1. Takt. Dafür folgen die 6 Kinder auf den Startpositionen den aufgezeichneten Pfeilen ins erste Doppelfeld. Da angekommen, werden die Tonhöhen verglichen und sortiert, d. h. ggf. Plätze getauscht, sodass der höhere Ton links und der tiefere Ton rechts steht.



An der Sortierstelle: Töne erst einzeln hören, dann ...

... zuweisen: Der höhere Ton geht nach links, der tiefere Ton geht nach rechts.

Erst wenn alle Doppelfelder dieser Reihe sortiert sind (1. Takt), dürfen die Kinder dem (farbigen) Pfeil aus ihrem Kästchen zum nächsten Doppelfeld folgen, die Tonhöhen im jeweils nächsten Doppelkästchen wieder vergleichen lassen und im Sortiernetzwerk weiterschreiten.



Bei sechs „Dateien“ gibt es genau drei Takte, in denen drei Doppelfelder verglichen werden. Nach dem 3. Takt verringert sich die Anzahl Doppelfelder auf zwei (4. Takt) und dann auf eins (5. Takt). Ab diesem können sich die Kinder, die die Sortierung durchführen, dann abwechseln oder gemeinsam entscheiden, ob in einem Doppelfeld die Plätze getauscht werden müssen oder nicht. Nach dem 5. Takt treten alle Kinder in ihre Zielfelder. Wenn keine Fehler gemacht wurden, stehen die Kinder in der fertig sortierten Reihenfolge.



Die Kinder auf den Außenpositionen sind bereits sortiert



### **Tipps zum Umgang mit fertig sortierten Tönen auf den Außenpositionen**

Im 4. Takt sind die Kinder ganz links und ganz rechts bereits an ihrem finalen Platz angekommen. Sie können entweder ganz vor ins kreisförmige Zielfeld rücken oder zur besseren Veranschaulichung (des gesamten Sortiervorgangs) immer auf derselben Höhe stehen bleiben, das bedeutet im selben Takt bleiben. Da sie aber keine eigenen Kästchen mehr haben, müssen sie nicht mehr sortiert werden.

## **5**

### **Am Schluss: überprüfen**

Stimmt die Sortierung nach Tonhöhe von den tiefen zu den hohen Tönen durchgehend?



Beim konzentrierten Hören ...



Geschafft!



### **Tipps zum Umgang mit fehlerhafter Sortierung**

Wie beim Bubblesort sollte die Lehrperson auch hier bei falscher Sortierung nicht eingreifen. Spätestens am Ende stellt sich heraus, ob „der Computer“ richtig gearbeitet hat.

Bei jüngeren Kindern: Am besten das Sortiernetzwerk noch einmal von vorne durchlaufen. Bei älteren Kindern, die bereits in der Lage sind, selbst zu reflektieren, in welchem Takt möglicherweise ein Platztausch nicht bzw. falsch durchgeführt oder gar vergessen wurde: das Sortiernetzwerk rückwärts durchlaufen lassen, bis der Fehler gefunden wird und behoben werden kann.

## **6**

### **Weitere Sortier-Durchläufe mit verschiedenen Gegenständen durchführen**



## Variationen

### ■ Für jüngere Kinder

Statt Tonhöhen einfachere Gegenstände zum Vergleichen wählen wie Zahlen (z. B. als Nummernkarten um den Hals hängen), die Anzahl Kiesel in der Hand, die Länge von Stöcken, die reale Größe von Tieren auf Postkarten, die Vornamen (alphabetisch), Geburtstage im Jahreslauf, Länge des Schulweges, Zahlenkarten nach Größe.

### ■ Wenig Vorgaben – hoher Grad an Offenheit

Das Sortiernetzwerk wird stumm und unrhythmisch durchlaufen. Einzige Vorgabe: Wer ein Doppelkästchen betritt, muss warten, bis eine zweite Person dort ankommt. Danach selbstständig sortieren und weitergehen.

### ■ Anspruchsvoll: Koordiniert mit rhythmischem Sprechen

Das Sortiernetzwerk wird von Takt zu Takt so synchron wie möglich durchlaufen. Dafür z. B. Nummernkarten um den Hals tragen. Dabei sprechen und klatschen die Kinder die untenstehenden Sprüche.

Ich folge meinem  
Pfeil, geh vorwärts  
ohne Eil'.

Wir sind zwei Zahlen groß  
und klein, die Große soll  
die linke sein.

Klatsch-Muster in den Doppelkästchen:

Auf jede Silbe folgt ein Händeklatschen  
mit dem Gegenüber im Doppelkästchen.

Klatsch = in die eigenen Hände klatschen

rechts = diagonal mit den rechten Händen überkreuzt klatschen

links = diagonal mit den linken Händen überkreuzt klatschen

beide = beidhändig klatschen

Beine = beidhändig auf die eigenen Oberschenkel klatschen

„Klatsch – rechts – Klatsch – links, Klatsch – beide – Klatsch – Beine  
Klatsch – rechts – Klatsch – links, Klatsch – beide – Klatsch – Beine“

## Zum Weiterlesen

- CS unplugged mit Praxisbeispielen zum Sortiernetzwerk  
[www.csunplugged.org/de/topics/sorting-networks/](http://www.csunplugged.org/de/topics/sorting-networks/)
- WDR – Die Sendung mit der Maus. Wie funktioniert das Internet?  
[www.youtube.com/watch?v=fpqhjEtnVk](http://www.youtube.com/watch?v=fpqhjEtnVk)
- Hajal, Samir / Knodel, Oliver / Spallek, Rainer (2018). Have you ever taught computing by only using pen and paper? [www.researchgate.net/publication/327721455\\_Have\\_you\\_ever\\_taught\\_computing\\_by\\_only\\_using\\_pen\\_and\\_paper](http://www.researchgate.net/publication/327721455_Have_you_ever_taught_computing_by_only_using_pen_and_paper)



6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN

5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN

4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN

3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN

2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN

1. BEDIENEN /  
ANWENDEN

## Bezug zum Medienkompetenzrahmen NRW

1. BEDIENEN / ANWENDEN	2. INFORMIEREN / RECHERCHIEREN	3. KOMMUNIZIEREN / KOOPERIEREN	4. PRODUZIEREN / PRÄSENTIEREN	5. ANALYSIEREN / REFLEKTIEREN	6. PROBLEMLÖSEN / MODELLIEREN
1.1 Medienausstattung (Hardware) Medienausstattung (Hardware) kennen, auswählen und reflektiert anwenden; mit dieser verantwortungsvoll umgehen	2.1 Informationsrecherche Informationsrecherchen zielgerichtet durchführen und dabei Suchstrategien anwenden	3.1 Kommunikations- und Kooperationsprozesse Kommunikations- und Kooperationsprozesse mit (digitalen) Werkzeugen zielgerichtet gestalten sowie mediale Produkte und Informationen teilen	4.1 Medienproduktion und Präsentation Medienprodukte adressatengerecht planen, gestalten und präsentieren; Möglichkeiten des Veröffentlichens und Teilens kennen und nutzen	5.1 Medienanalyse Die Vielfalt der Medien, ihre Entwicklung und Bedeutungen kennen, analysieren und reflektieren	6.1 Prinzipien der digitalen Welt Grundlegende Prinzipien und Funktionsweisen der (digitalen) Welt identifizieren, kennen, verstehen und bewusst nutzen
1.2 (Digitale) Werkzeuge Verschiedene (digitale) Werkzeuge und deren Funktionsumfang kennen, auswählen sowie diese kreativ, reflektiert und zielgerichtet einsetzen	2.2 Informationsauswertung Themenrelevante Informationen und Daten aus Medienangeboten filtern, strukturieren, umwandeln und aufbereiten	3.2 Kommunikations- und Kooperationsregeln Regel für (digitale) Kommunikation und Kooperation kennen, formulieren und einhalten	4.2 Gestaltungsmittel Gestaltungsmittel von Medienprodukten kennen, (reflektiert) anwenden sowie hinsichtlich ihrer Qualität, Wirkung und Aussageabsicht beurteilen	5.2 Meinungsbildung Die interessengeleitete Setzung und Verbreitung von Themen in Medien erkennen sowie in Bezug auf die Meinungsbildung beurteilen	6.2 Algorithmen erkennen Algorithmische Muster und Strukturen in verschiedenen Kontexten erkennen, nachvollziehen und reflektieren
1.3 Datenorganisation Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten abrufen; Informationen und Daten zusammensammenfassen, organisieren und strukturiert aufbewahren	2.3 Informationsbewertung Informationen, Daten und ihre Quellen sowie dahinterliegende Strategien und Absichten erkennen und kritisch bewerten	3.3 Kommunikation und Kooperation in der Gesellschaft Kommunikations- und Kooperationsprozesse im Sinne einer aktiven Teilhabe an der Gesellschaft gestalten und reflektieren; ethische Grundsätze sowie kulturellgesellschaftliche Normen beachten	4.3 Quelldokumentation Standards der Quellenangaben beim Produzieren und Präsentieren von eigenen und fremden Inhalten kennen und anwenden	5.3 Identitätsbildung Chancen und Herausforderungen von Medien für die Realitätswahrnehmung erkennen und analysieren sowie für die eigene Identitätsbildung nutzen	6.3 Modellieren und Programmieren Probleme formalisiert beschreiben, Problemlösestrategien entwickeln und dazu eine strukturierte, algorithmische Sequenz planen; diese auch durch Programmieren umsetzen und die gefundene Lösungsstrategie beurteilen
1.4 Datenschutz und Informationssicherheit Verantwortungsvoll mit persönlichen und fremden Daten umgehen; Datenschutz, Privatsphäre und Informationssicherheit beachten	2.4 Informationskritik Unangemessene und gefährdende Medieninhalte erkennen und hinsichtlich rechtlicher Grundlagen sowie gesellschaftlicher Normen und Werte einschätzen; Jugend- und Verbraucherschutz kennen und Hilfs- und Unterstützungsstrukturen nutzen	3.4 Cybergewalt und -kriminalität Persönliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Risiken und Auswirkungen von Cybergewalt und -kriminalität erkennen sowie Ansprechpartner und Reaktionsmöglichkeiten kennen und nutzen	4.4 Rechtliche Grundlagen Rechtliche Grundlagen des Persönlichkeits- (u.a. des Bildrechts), Urheber- und Nutzungsrechts (u.a. Lizenzen) überprüfen, bewerten und beachten	5.4 Selbstregulierte Mediennutzung Medien und ihre Wirkungen beschreiben, kritisch reflektieren und deren Nutzung selbstverantwortlich regulieren; andere bei ihrer Mediennutzung unterstützen	6.4 Bedeutung von Algorithmen Einflüsse von Algorithmen und Auswirkung der Automatisierung von Prozessen in der (digitalen) Welt beschreiben und reflektieren

Medienkompetenzrahmen NRW <https://www.schulministerium.nrw/medienkompetenzrahmen-nrw>



6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN

5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN

4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN

3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN

2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN

1. BEDIENEN /  
ANWENDEN

# 9.3 Informatik zum Begreifen: Analoge Überraschungen mit „Aha“-Momenten ermöglichen

Interview mit Samir Hajal, Informatiker und Pädagoge

*„Die Grunderwartung, dass Informatik immer nur etwas mit elektronischen Endgeräten zu tun hat, ist der größte Stolperstein. Das ist nicht nur in den Köpfen der Kinder fest verankert, sondern auch bei vielen Erwachsenen, ob nun Eltern oder Kolleg:innen. Das sollte sich ändern.“* Samir Hajal



Unterrichtsbesuch bei Samir Hajal

### ? **Sie gestalten als Informatiker und Pädagoge Informatikunterricht sowohl mit als auch ohne Bildschirm. War das schon immer so?**

Das kommt drauf an, von welcher Altersstufe wir sprechen. Mit jüngeren Kindern arbeite ich schon seit einigen Jahren analog und mit älteren Schüler:innen zunehmend mehr!

Bezogen auf die Grundschule kann ich sagen, dass wir an der TU Dresden in der „Forschungswerkstatt Informatik“ der Fakultät Informatik bereits seit vielen Jahren Wert auf das Verstehen von Grundlegendem legen. Die Prinzipien informationsverarbeitender Systeme lassen sich anhand von Spielen ohne Computerhardware am besten und ursprünglichsten erleben.

### ? **Wie kommt dieser „auch analoge“ Ansatz bei den Schüler:innen an?**

Für manche Grundschüler:innen ist es oft erst überraschend, wenn wir ohne Bildschirme beginnen, weil das Fach „Computer“ heißt (Teil von Technik/Computer) und sie das Arbeiten am Computer erwarten.

In der Realität sieht es anders aus: Informatiker:innen müssen in erster Linie ein umfangreiches Vorstellungsvermögen haben und verstehen, was sie tun, damit der Computer dann für sie ausführt oder übernimmt, was sie wollen. An meiner Schule überlegen wir uns gerade, den Computer-Unterricht zu „Informatikunterricht“ umzubenennen, damit nicht falsche Erwartungen geweckt werden.

### ? **Nicht alle Schüler:innen steigen später in die Informatik-Branche ein. Ist „analog“ aus Ihrer Sicht dennoch sinnvoll?**

Ja, es ist in jedem Fall sinnvoll, gerade weil nicht alle eine berufliche Laufbahn in der Informatik einschlagen. Die in der Informatik gängige Denkweise ist in vielen alltäglichen Angelegenheiten ebenso nützlich und sogar grundlegend.

### ? **Wo kommt diese Denkweise im Alltag zum Zug?**

Beispielsweise ist es gut zu verstehen, dass Siri, Alexa und andere Sprachassistenten eben keine Wesen, sondern Maschinen sind, die programmiert wurden. Das ist für Grundschulkinder nicht selbstverständlich. Bei der netten Stimme im Navi: Da sitzt niemand im Kasten drin oder entfernt in einem Büro und sagt, wo man langfahren oder langgehen muss. Was Programmierung und Programmieren bedeutet, kann man beispielsweise beim „Mensch-als-Roboter“-Spiel exemplarisch sehr gut erleben.

### ? **„Mensch-als-Roboter“-Spiel? Wie muss man sich das vorstellen?**

Die Kinder steuern einander mit vorher überlegten Anweisungen durch einen einfachen Parcours. Die Anweisungen müssen exakt sein, was für Grundschulkinder nicht einfach ist. Das Kind in der Roboter-Rolle führt die Anweisungen, die es von einem anderen Kind erhält, mit verbundenen Augen möglichst genau aus.

Wird dieselbe schrittweise Handlungsabfolge, in Informatik-Sprache *der Algorithmus*, weitere Male mit wechselnden Kindern durchgeführt, so kommt meistens ein etwas anderes Ergebnis heraus. Nun, wie kann es gelingen, dass jedes „Roboter-Kind“ jedes Mal an demselben Endpunkt ankommt? Da steckt man mittendrin in der altersgemäßen Thematisierung der Frage: Was unterscheidet uns Menschen von Robotern?



### ? Welche Ideen bringen da die Kinder mit ein?

Die Kinder wollen beispielsweise immer gleich standardisieren: Die Schrittlänge soll einheitlich sein, die Anweisung klar und kurz formuliert und die Ausrichtung beim Startpunkt klar deklariert werden. Das sind höchst bedeutsame Punkte (in der Informatik „Verabredungen“ genannt), die für jede Programmierung grundlegend sind. Ebenso das Testen, Weiterentwickeln und erneute Testen. Sie sehen: Wir setzen hier beim Begreifen des Fundaments der Automatisierung an, das über viele Jahre dasselbe geblieben ist.

### ? Was sind die bisherigen Highlights?

Es ist jedes Mal ein Highlight für die Kinder, wenn sie ihren Namen in sogenannter Computersprache, also in Nullen und Einsen, auf einen langen Papierstreifen aufschreiben und einander gegenseitig vorlesen. Auch das selbstständige Verstehen der Grundlagen des Binärsystems mithilfe der Binären MAMA (Kapitel 10.3): Es fängt meist mit großer Skepsis an und endet in großem Spaß. Die Kugeln hören gar nicht auf zu rollen!



Das Binärsystem zum Begreifen mit der Binären MAMA



Das Binärsystem in der Black Box

Informatik kann dabei angefasst und mit mehreren Sinnen erlebt werden. Es wird nichts Fertiges gelernt, denn die Erkenntnisse erschließen sich auf Grundlage von eigenen Erfahrungen. Wenn in späteren Klassen dieselben Thematiken im Sinne eines Spiral-Curriculums abstrakter und digital aufgegriffen werden, ist bereits eine positive Erinnerung bei den Schüler:innen vorhanden, was sich positiv auf die Motivation auswirkt.

### ? Wo liegen mögliche Stolpersteine?

Die Grunderwartung, dass Informatik immer nur etwas mit elektronischen Endgeräten zu tun hat, ist der größte Stolperstein. Das ist nicht nur in den Köpfen der Kinder fest verankert, sondern auch bei vielen Erwachsenen, ob nun Eltern oder Kolleg:innen. Das sollte sich ändern.

Ich bin der Meinung, dass der Informatikunterricht bis heute stiefmütterlich behandelt wird. Nach Auffassung vieler Menschen lernt man im Informatikunterricht hauptsächlich, wie man einen Stundenplan mit einer „Tabellen-Software“ erstellt und wie man eine eigene Homepage „programmiert“, obwohl es explizit gerade nicht darum gehen sollte, das Bedienen von bestimmten Programmen zu unterrichten.

### ? Worin sehen Sie die Hauptaufgabe des Informatikunterrichts?

In der Grundschule geht es um Grundlagen, also nicht darum, bei einem Tablet eines bestimmten Herstellers die richtigen Schaltflächen anzutippen, sondern um das Prinzip und den Aufbau von Informatiksystemen. Das geht zunächst auch analog.



6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN

5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN

4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN

3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN

2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN

1. BEDIENEN /  
ANWENDEN

Mögliche Fragestellungen wie „Wie schaffe ich es, gezielt nach vertrauenswürdigen Informationen zu suchen?“ können dann anschließen. Dafür ist es gut zu wissen, wie Datenbanken oder auch das Internet „ticken“. Oder: „Wie schütze ich meine persönlichen Daten?“ Da kann es hilfreich sein, über Grundkompetenzen der Ver- und Entschlüsselung zu verfügen. Ganz wichtig ist außerdem: Wann bin ich überhaupt auf digitale Endgeräte angewiesen und wann ist es vielleicht sogar effektiver, Informationen beispielsweise in einem gedruckten Buch zu suchen?

### ? Sie sprachen das Thema Informatik-Vorurteile an. Welche Lösungsansätze sehen Sie?

Viele sind überrascht von den Möglichkeiten, die (analoger) Informatikunterricht zum Anfassern bietet. Die Öffnung des Informatikunterrichts zu anderen Unterrichtsfächern birgt ungeahnte Möglichkeiten. Da ist es gut, wenn Informatiklehrkräfte die Initiative ergreifen und Kolleg:innen für die Zusammenarbeit gewinnen. Wichtig scheint mir, dass die Projekte sichtbar werden. Wir hatten letztthin ein analoges Sortiernetzwerk mit Straßenkreide auf den Schulhof aufgezeichnet und mit den Kindern in Betrieb genommen. Das war auch nach dem Unterricht noch ein Blickfang und weckte bei vielen Interesse.



Das analoge Sortiernetzwerk: auch nach dem Unterricht interessant

### ? Welche Informatikunterricht-Projekte gehören zu Ihren Favoriten?

Egal ob mit oder ohne Bildschirm, versuche ich meinen Unterricht immer auf Grundlage einer vorbereiteten Umgebung, ganz im Sinne der Montessori-Pädagogik, zu gestalten. Das gilt für jeden Unterricht, von der Grundstufe bis zum beruflichen Gymnasium. Ich möchte meinen Schüler:innen „Aha“-Momente ermöglichen, die sie durch selbstständiges Ausprobieren oder Recherchieren erreichen. Fürs Grundstufenalter ist mein Favorit die Binäre MAMA. Besser könnte ich das Prinzip des Binärsystems, was die absolute Grundlage für alle Informatiksysteme ist, nicht erklären.

Bei den älteren Schüler:innen im Sek II-Bereich ist es das selbstständige Behandeln von Themen in Bezug auf Informatik und Gesellschaft. Die Simulation von sozialen Netzwerken und das Ausprobieren und direkte Erkennen von Wirkungsmechanismen kommt bei den Schüler:innen besonders gut an.

### ? Worauf achten Sie in Ihrem Unterricht ganz besonders?

Ich lege großen Wert darauf, dass die Schüler:innen ins Handeln und Erleben kommen. Das gebetsmühlenartige Ermahnen, auf persönliche Daten zu achten, bleibt langfristig ohne positiven Effekt. Selbst wir Erwachsene müssten es doch besser wissen und gehen trotzdem oft sorglos mit unseren privaten Daten um.



## ? Wie reagieren Eltern und Kollegium auf den analogen Informatikunterricht?

Eltern merken, dass die Entwicklung digitaler Medien und Angebote rasant fortschreitet. Auf der einen Seite können sich viele erst einmal gar nicht vorstellen, dass Informatikunterricht auch ohne Computer stattfinden kann.

Sie sind dann aber umso erfreuter über die vielfältigen Möglichkeiten. Das liegt auch daran, dass Schüler:innen zu Hause ihren Eltern und Geschwistern beispielsweise Zaubertricks und Pixelbilder zeigen, die sie im analogen Informatikunterricht erstellt haben. Das Echo aus Kollegium und Elternschaft ist durchweg positiv. Es wird sogar nach Ideen und Materialien für die Ferien gefragt. Begeisterte Kinder sind die besten Botschafter!

## ? Es fehlt es an Informatik-Lehrkräften. Wie können Grundschulen trotzdem eine gute informatische Bildung bieten? Ist dies überhaupt möglich?

So sehr ich mir natürlich mehr Informatik-Lehrkräfte wünsche, ist heutzutage das Angebot an Weiterbildungen, ob in Präsenz oder virtuell, fast grenzenlos. Der Austausch von Erfahrungen und Materialien (Stichwort OER<sup>3</sup>), aber auch das Angebot an redaktionell geprüfter Literatur hilft glücklicherweise Lehrkräften ohne informatische Ausbildung, ihren Unterricht mit (analogen) Informatikeinheiten zu erweitern. Zudem bieten viele Universitäten Labore und Workshops für Schulklassen an. Manche Angebote kann man sich sogar an die Schule holen. Es ist definitiv möglich, Grundschulkindern eine altersangemessene informatische Grundbildung zu vermitteln.

### Zum Weiterlesen

- Weizenbaum, Joseph (1976). Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. Taschenbuch Wissenschaft. Suhrkamp.

#### Webseite mit Unterrichtsmaterialien

- Komm, Dennis / Hauser-Ehninger, Ulrich / Matter, Bernhard / Roth, Nicole / Staub, Jacqueline (2022). Algorithmisches Denken für die Grundschule. PH und FH Graubünden (CH).  
<https://algsdenken.phgr.ch/>
- Schulministerium NRW<sup>4</sup> (2019). Handreichungen und Unterrichtsmaterial – Hinweise zur Schulung/Fortbildung – Projekt Informatik an Grundschulen (IaG).  
[www.schulministerium.nrw/sites/default/files/documents/Handreichung-fuer-Lehrkraefte.pdf](http://www.schulministerium.nrw/sites/default/files/documents/Handreichung-fuer-Lehrkraefte.pdf)

### Bildnachweise zu diesem Kapitel

Seite	190	© Julius Günzel, Doppelseite
	192	© Julius Günzel
	193	© Julius Günzel, Bild oben
	193	© Philipp Elek, Bildmontage Yvonne Schickel, Bild unten
	194	© Philipp Elek, Bildmontage Yvonne Schickel
	195	© Julius Günzel
	197	© Birgit Köhl-Tömmes, Illustration
	198	© Philipp Elek, Bildmontage Yvonne Schickel, Bild rechts oben
	198	© Philipp Elek, Bilderpaar unten
	201	© Julius Günzel
	203	© Julius Günzel
	204	© Julius Günzel

<sup>3</sup> Open Educational Resources: frei und kostenlos verfügbar.

<sup>4</sup> In Zusammenarbeit mit Humbert, Ludger / Magenheimer, Johannes / Schroeder, Ulrik / Fricke, Martin / Bergner, Nadine.



6. PROBLEMLÖSEN /  
MODELLIEREN

5. ANALYSIEREN /  
REFLEKTIEREN

4. PRODUZIEREN /  
PRÄSENTIEREN

3. KOMMUNIZIEREN /  
KOOPERIEREN

2. INFORMIEREN /  
RECHERCHIEREN

1. BEDIENEN /  
ANWENDEN