

## Mealy-Automaten Didaktische Hinweise

### Zielgruppe

Die Materialien zum Thema Mealy-Automaten <sup>1</sup>richten sich an Schüler\*innen in der Qualifikationsphase. Sie können sowohl in Kursen auf grundlegendem als auch auf erhöhtem Anforderungsniveau eingesetzt werden.

Die Aufgaben zur Modellierung technischer Systeme mithilfe von Mealy-Automaten und speziell zur Modellierung von Verkaufsautomaten eignen sich aber grundsätzlich auch für die Sekundarstufe I, wenn das Automatenmodell hier bereits eingeführt wurde. Ggf. müssen die Aufgaben dazu vereinfacht werden.

### Voraussetzungen

Die Materialien setzen die Kenntnis des Modells deterministischer endlicher Automat (DEA) voraus und bauen somit auf dem Materialpaket „Automaten und formale Sprachen“ auf.

Die Aufgaben sind in unterschiedliche Einsatzbereiche für Mealy-Automaten unterteilt. Während die Aufgaben aus den Bereichen *Modellierung technischer Systeme mithilfe von Mealy-Automaten* und *Mealy-Automaten als Modell für Verkaufsautomaten* ohne weitere Vorkenntnisse bearbeitet werden können, stellt der Bereich *Codierung mithilfe von Mealy-Automaten* eine Verknüpfung zu Verfahren aus dem Lernfeld *Informationen und Daten* her. Die Bearbeitung setzt daher die Kenntnis verschiedener Kompressions- und Verschlüsselungsverfahren voraus, die hier mit einem Mealy-Automaten modelliert werden sollen. Wenn die entsprechenden Module im Unterricht noch nicht thematisiert wurden, kann zu gegebener Zeit auf diese Aufgaben zurückgegriffen werden, um damit das Modell des Mealy-Automaten zu wiederholen und zu festigen.

Die Aufgaben aus dem Bereich *Ausblick: Mealy-Automaten in der technischen Informatik* setzen die Codierung und Addition von Zahlen im Binärsystem voraus.

### Lernziele

Anhand der vorliegenden Materialien können die in Tabelle 1 aufgeführten Kompetenzen aus dem Lernfeld *Automaten und Sprachen* erworben werden<sup>2</sup>. Zentral ist dabei die Kompetenz „*Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise eines endlichen Automaten mit Ausgabe (Mealy-Automat)*“. Die übrigen Kompetenzen wurden in der Regel bereits im Zusammenhang mit den deterministischen endlichen Automaten erlernt und werden hier noch einmal gefestigt und vertieft. Darüber hinaus ist eine Verknüpfung mit Kompetenzen aus dem Lernfeld *Informationen und Daten* möglich (s. Erläuterungen unter dem Punkt Voraussetzungen).

---

<sup>1</sup> Der Begriff *Mealy-Maschinen* ist in der Literatur gebräuchlicher. Hier wird jedoch der Begriff *Mealy-Automat* verwendet, da dieser auch im niedersächsischen KC für die Oberstufe verwendet wird und die Verwandtschaft mit dem DEA verdeutlicht.

<sup>2</sup> Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.) (2017) *Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe, das Kolleg. Informatik*. Hannover: unidruck

	Qualifikationsphase	Erweiterung eA
	Die Schülerinnen und Schüler ...	
Automatenmodelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise eines endlichen Automaten mit Ausgabe (Mealy-Automat).</b></li> <li>- entwickeln und implementieren Automatenmodelle in Form von Zustandsgraphen.</li> <li>- analysieren die Funktion eines durch einen Zustandsgraphen vorgegebenen Automaten.</li> <li>- erläutern die Grenzen endlicher Automaten bei der Problemlösung.</li> </ul>	

Tabelle 1: Kompetenzen aus dem Lernfeld Automaten und Sprachen, die mit diesem Materialpaket erworben werden können

Zu beachten ist, dass sich die Materialien zwar am niedersächsischen Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe orientieren, jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich der für die Abiturprüfung erwarteten Kompetenzen erheben. Die Autorin hat zum Teil individuelle Schwerpunkte gesetzt, die auch über die im KC geforderten Kompetenzen hinausgehen können. Darstellungen und Schreibweisen können ggf. von den in der Abiturprüfung verwendeten Darstellungen und Schreibweisen abweichen. Verbindlich für das Abitur in Niedersachsen sind allein das niedersächsische Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe sowie die ergänzenden Hinweise<sup>3</sup> in der jeweils aktuellen Fassung. Es obliegt daher den jeweiligen Fachlehrer\*innen, den Unterricht so zu gestalten, dass die Schüler\*innen umfassend auf das Abitur vorbereitet werden. Die vorliegenden Materialien stellen somit nur eine Anregung dar, die an die individuellen Bedürfnisse der Lerngruppe angepasst werden müssen.

## Werkzeuge

Die Materialien sind so aufgebaut, dass sie nur mit Papier und Stift bearbeitet werden können. Um die Automatenmodelle komfortabel testen und Entwürfe unkompliziert ändern zu können, empfiehlt es sich jedoch, für die Übungen Werkzeuge wie *AtoCC*<sup>4</sup> oder den Nachfolger *flaci.com*<sup>5</sup> einzusetzen. Der Einsatz dieser Werkzeuge wird auch der Kompetenz „Die Schülerinnen und Schüler implementieren Automatenmodelle in Form von Zustandsgraphen“ besser gerecht.

## Aufbau der Einheit Mealy-Automaten

### Definition eines Mealy-Automaten

Die Definition des Mealy-Automaten-Modells können die Schüler\*innen sich weitgehend selbständig durch den Vergleich eines Beispiels mit dem Modell des deterministischen endlichen Automaten erarbeiten. Dazu ist es sinnvoll den Schüler\*innen die Erläuterungen auf Seite 2 des Leitfadens erst nach der Bearbeitung von Aufgabe 1 zugänglich zu machen.

<sup>3</sup> Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.) (2018) *Ergänzende Hinweise zum Kerncurriculum Informatik für die gymnasiale Oberstufe am Gymnasium, an der Gesamtschule sowie für das Kolleg.*

<https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=174> [Datum des Zugriffs: 01.09.2020]

<sup>4</sup> AtoCC wird von M. Hielscher zur Verfügung gestellt: [www.atocc.de](http://www.atocc.de) [Zugriff am: 19.08.2020]

<sup>5</sup> FLACI.com wird von der Pädagogischen Hochschule Schwyz kostenlos für Bildungszwecke zur Verfügung gestellt: <https://flaci.com> [Zugriff am: 19.08.2020]

## Modellierung technischer Systeme mithilfe von Mealy-Automaten

Mealy-Automaten kommen in der Informatik als Fachwissenschaft vor allem in der technischen Informatik zum Entwurf von Schaltwerken zum Einsatz. Nach einer binären Codierung der Ein- und Ausgaben sowie der Zustände kann ein Mealy-Automat systematisch in ein Schaltwerk transformiert werden.

Da weder die Entwicklung von Schaltwerken noch die technische Informatik im Allgemeinen Gegenstand des niedersächsischen Kerncurriculums für die Oberstufe sind, liegt der Schwerpunkt hier auf der anschaulichen Modellierung der Funktionsweise technischer Geräte. Dabei steht das Verhalten abhängig vom aktuellen Zustand, in dem sich das Gerät befindet, im Vordergrund. Technische Details, z. B. dass das entsprechende Schaltwerk taktgesteuert arbeitet und somit zu jedem Takt eine Eingabe erwartet, können daher zunächst vernachlässigt werden.

Als erste Übung zur Modellierung von Mealy-Automaten nach der Einführung des Modells eignet sich Aufgabe 4. Hier sollen die Schüler\*innen technische Geräte aus der Lebenswelt modellieren, ohne das Automatenmodell bereits in allen Einzelheiten durchdrungen zu haben. Die entwickelten Automaten werden dann vermutlich zum Teil fehlerhaft sein, z. B. wurden zu wenig oder zu viele Zustände verwendet, die Zustandsübergänge sind nichtdeterministisch (nicht eindeutig) oder die Definition ist unvollständig, d.h. es wurde nicht jede Kombination aus Zustand und Eingabe berücksichtigt. Diese Unzulänglichkeiten sind sehr wertvoll, um darüber zu diskutieren und herauszuarbeiten, worauf bei der Modellierung zu achten ist.

Diese Aufgabe lässt sich gut in arbeitsteiliger Gruppenarbeit lösen. Die technischen Geräte können so gewählt werden, dass der Entwurf der Mealy-Automaten unterschiedlich schwer ist und der Leistungsfähigkeit der jeweiligen Gruppe entspricht. Die Geräte sollten so gewählt werden, dass die Schüler\*innen ein Anschauungsobjekt vorliegen haben. Notfalls kann aber auch mit den Bedienungsanleitungen und Abbildungen oder Videos gearbeitet werden. Bei der Auswahl der Geräte ist darauf zu achten, dass hier tatsächlich gleiche Eingaben je nach Zustand zu unterschiedlichen Ausgaben führen.

Wenn die Automaten auf einem Poster gezeichnet werden, können sie anschließend in einem Museumsrundgang vorgestellt und später diskutiert werden. Durch das Zeichnen per Hand werden zudem ggf. Fehlvorstellungen aufgedeckt, die ein Softwarewerkzeug nicht zulässt. Prinzipiell ist ein Museumsrundgang aber natürlich auch möglich, wenn die Automaten, die mit *AtoCC* oder *flaci.com* implementiert wurden, auf verschiedenen Bildschirmen präsentiert werden.

## Mealy-Automaten als Modell für Verkaufsautomaten

Verkaufsautomaten zählen ebenfalls zu den technischen Geräten. Da sie ein prominentes Beispiel für die Verwendung von Mealy-Automaten sind, werden sie hier in einem eigenen Abschnitt betrachtet.

Modelle realistischer Automaten werden hier schnell sehr umfangreich und unübersichtlich. Von daher ist es sinnvoll geeignete Vereinfachungen vorzunehmen. So ist ein Automat, der nur 10, 20 und 50 Cent-Münzen annimmt noch überschaubar. Die grundsätzlichen Überlegungen bei der Modellierung sind aber die gleichen wie bei einem Automaten, der weitere Münzsorten annimmt.

## Codierung mithilfe von Mealy-Automaten

Mit der Modellierung von Verfahren aus dem Bereich Codierung werden Mealy-Automaten entwickelt, die sich zur Umsetzung in Software eignen. Ähnlich wie es im Materialpaket *Automaten*

*und formale Sprachen* für deterministische endliche Automaten vorgestellt wird. Was sich bei der Durchführung eines Codierungsverfahrens im Automatenmodell über Zustände gemerkt wird, speichert ein entsprechender Algorithmus in globalen Variablen. Eine Verknüpfung von Automatenmodell und Algorithmus kann hier noch einmal zu einem vertieften Verständnis der allgemeinen Konzepte beitragen.

#### Ausblick: Mealy-Automaten in der technischen Informatik

Die Modellierung von Mealy-Automaten, die eine spätere Umsetzung als Schaltwerk vorbereiten und Ein- und Ausgaben z. T. bereits binär codieren, werden am Ende der Einheit für interessierte Schüler\*innen als Ausblick angeboten. Hier lassen sich auch Funktionen technischer Geräte, die in Aufgabe 4 vielleicht eher als Blackbox betrachtet wurden, wie z. B. Timer und Zähler, explizit durch die Hinzunahme eines internen Taktsignals modellieren. Offene Fragen vom Anfang lassen sich so ggf. beantworten.

#### Lizenz

Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#). Sie erlaubt Download und Weiterverteilung des vollständigen Werkes unter Nennung unserer Namen, jedoch keinerlei Bearbeitung oder kommerzielle Nutzung.

