

# **TURING TUMBLE™**

**Leitfaden für Pädagogen**

Version 2.6 - Deckt die Rätsel 1 bis 30 ab



# Willkommen Pädagogen!

Wir freuen uns, dass Sie Turing Tumble in Ihrem Klassenzimmer verwenden! Dieses Set ist gar nicht kompliziert. Es müssen keine Batterien aufgeladen, keine Apps installiert oder aktualisiert und keine Kabel irgendwo eingesteckt werden. Zeigen Sie Ihren Schülern einfach, wie sie dem Rätselbuch folgen können, und schon kann Ihre Klasse loslegen. Sie können das Set als Teil von Mathe-Stationen, Studieneinheiten, zum Erlernen von technischen Konzepten, zum Selbststudium, zur Einführung in die Informatik, im Rahmen der Freiarbeit oder in einem Bibliothekslernzentrum einsetzen.



Dieser Leitfaden für Pädagogen ist eine Ergänzung zu Turing Tumble. Die Seiten sind schwarz-weiß, damit Sie sie leicht ausdrucken oder kopieren können. Diese Version des Leitfadens behandelt die ersten 30 Rätsel des Buches.

## Was steht in diesem Leitfaden?

Sie finden hierin zwei Arten von Ressourcen:

1. Lehrpläne: Während die Schüler die Rätsel lösen, gibt es bestimmte Zeiten, in denen Sie eine Unterrichtspause einlegen können. Die Lektionen verankern die durch Turing Tumble erlernten Konzepte mit realen Anwendungen. Unter den Rätseln finden Sie Materialien für jede dieser Lektionen.
2. Hilfe bei einzelnen Rätseln: Wir zeigen das Rätsel, die Lösung, eine Erklärung der Lösung, häufige Fallstricke und das zugrunde liegende Konzept, das das Rätsel vermitteln soll.

Wenn Sie durch ein Klassenzimmer gehen, können Sie einen Blick auf diesen Leitfaden werfen und erfahren sofort, wie Sie einen Schüler beim Lösen eines Rätsels unterstützen und ihm helfen können, die zugrunde liegenden Konzepte zu verstehen.

## Was ist Turing Tumble?

Turing Tumble ist ein Spiel, bei dem Spieler mechanische Computer bauen, die von Murmeln angetrieben werden, um Logikrätsel zu lösen. Während sie spielen, lernen sie wichtige Konzepte der Informatik und erwerben wichtige Fähigkeiten für das Programmieren. Außerdem lernen die Schüler auf diese Weise, wie Computer auf einer grundlegenden Ebene funktionieren: wie einfache Schalter, die auf clevere Weise miteinander verbunden werden, unglaublich intelligente Dinge tun können. Es kann als eigenständiges Instrument zur Vermittlung der Funktionsweise von Computern, als Vorstufe oder Ergänzung zum Programmierunterricht oder als Hilfsmittel zur Festigung von Programmier- und mathematischen Konzepten verwendet werden.

## Was lehrt Turing Tumble?

Turing Tumble vermittelt eine Reihe von Konzepten und Fähigkeiten, die für Computer, Programmierung und digitale Elektronik grundlegend sind. Es fördert die Fähigkeiten in den Bereichen mathematisches Denken, Logik, Entwurf von Algorithmen, kritisches Denken, Fehlersuche und -behebung, Feinmotorik, räumliches Vorstellungsvermögen und Durchhaltevermögen. Außerdem werden Konzepte wie Logikgatter, Wahrheitstabellen, bedingte Operationen, binäre Operationen und der Entwurf digitaler Schaltungen vermittelt.

## Ist dieser Leitfaden für Sie nützlich?

Bitte sagen Sie uns Ihre Meinung! Wir suchen immer nach Möglichkeiten, Turing Tumble und diesen Leitfaden zu verbessern. Wir wissen, dass es Dinge gibt, die Sie gut finden werden... oder auch nicht. Bitte kontaktieren Sie uns per E-Mail oder auf der Community-Seite von Turing Tumble, um uns Ihre Ideen mitzuteilen und Fragen zu stellen.

Senden Sie uns einfach eine E-Mail an [hello@upperstory.com](mailto:hello@upperstory.com).

## Haben Sie einen Fehler gefunden?

Bitte senden Sie eine kurze E-Mail an [hello@upperstory.com](mailto:hello@upperstory.com) und wir werden uns umgehend darum kümmern. Wir mögen keine Fehler.



<b>Grundlagen für den Einsatz im Unterricht</b> .....	1
<b>So funktioniert's</b> .....	5
<b>So verwenden Sie diesen Leitfaden</b> .....	8
<b>Lektion 1 zur Computerlogik: Inwiefern ist Turing Tumble ein Computer?</b> .....	10
<b>Lektion 2 zur Computerlogik: Fallziele</b> .....	14
Rätsel 1: Schwerkraft.....	16
Rätsel 2: Wiedereintritt .....	18
Rätsel 3: Zündung .....	20
Rätsel 4: Fusion.....	22
<b>Lektion 3 zur Computerlogik: Kreuzungen</b> .....	24
Rätsel 5: Entropie .....	26
Rätsel 6: Interne Totalreflexion .....	28
Rätsel 7: Weg des geringsten Widerstandes.....	30
<b>Lektion 4 zur Computerlogik: Bits</b> .....	32
Rätsel 8: Depolarisation .....	34
Rätsel 9: Dimere.....	36
Rätsel 10: Doppelbindung .....	38
Rätsel 11: Selektivität.....	40
<b>Lektion 5 zur Computerlogik: Fänger</b> .....	42
Rätsel 12: Dualität - Teil 1.....	44
Rätsel 13: Dualität - Teil 2.....	46
<b>Lektion 6 zur Computerlogik: Bedingte Anweisungen</b> .....	48
Rätsel 14: Dualität - Teil 3.....	52
Rätsel 15: Inversion.....	54
Rätsel 16: Abbruch .....	56
Rätsel 17: Festes Verhältnis.....	58
<b>Lektion 7 zur Computerlogik: Logikgatter</b> .....	60
Rätsel 18: Verstrickung.....	62
<b>Lektion 8 zur Computerlogik: Wahrheitstabellen</b> .....	64
Rätsel 19: Verstrickung.....	68
Rätsel 20: Symbiose .....	70

<b>Lektion 9 zur Computerlogik: Register</b> .....	<b>72</b>
Rätsel 21: Quantenzahl.....	76
Rätsel 22: Erschöpfung.....	80
Rätsel 23: Tetrade .....	84
Rätsel 24: Enneade.....	88
Rätsel 25: Regulärer Ausdruck .....	90
Rätsel 26: Kern .....	92
Rätsel 27: Reflexion.....	94
<b>Lektion 10 zur Computerlogik: Zahnräder und Zahnradbits</b> .....	<b>96</b>
Rätsel 28: Verriegelung .....	104
Rätsel 29: Einzelschussumschalter .....	106
Rätsel 30: Überlauf.....	108

<< Diese Seite bleibt absichtlich frei >>



## Empfohlenes Alter

Wir empfehlen Turing Tumble für Schüler ab 8 Jahren. Das Rätselbuch ist so aufgebaut, dass ein Schüler selbstständig beginnen und in seinem eigenen Tempo voranschreiten kann. Wir haben festgestellt, dass Kinder von 8-12 Jahren die ersten 20-30 Rätsel schaffen. Studenten und Erwachsene werden bis Rätsel 27 süchtig und sind erstaunt, was ein mechanischer Computer bei Rätsel 35 alles leisten kann. Jüngere Kinder haben Spaß an den ersten zehn Rätseln und bauen ihre eigenen Computer.

## Einzelspieler oder Partner

Wir empfehlen nur ein bis zwei Schüler pro Spielbrett. Bei diesem Spiel entsteht das wirkliche Verständnis, wenn die Schüler das Rätsel physisch durcharbeiten. Sie werden sehen, wie Ihre Schüler Teile hinzufügen und dann mit dem Finger über das Brett fahren, um ihre Vorhersage zu testen, wohin die Kugeln fallen werden. Wenn Sie sehen, dass dies geschieht, wissen Sie, dass sie es begreifen, aber diese Art des praktischen Lernens funktioniert in einer Gruppe von drei oder mehr Personen nicht besonders gut.

## Rätseldauer

In einer einstündigen Unterrichtsstunde, in der das Spiel vorgestellt, aufgebaut, gespielt und aufgeräumt wird, haben die meisten Schüler Zeit, 4-5 Rätsel zu lösen.

<b>Rätsel 1-10:</b>	5-15 Minuten für jede Lösung
<b>Rätsel 11-20:</b>	10-15 Minuten für jede Lösung
<b>Rätsel 21-30:</b>	10-20 Minuten für jede Lösung
Die restlichen Rätsel sind von Person zu Person sehr unterschiedlich	

## Selbstständiges Lernen und gezieltes Aufbauen

Die Schüler müssen ihren eigenen Fortschritt im Auge behalten - es ist *wichtig*, dass sie jedes Rätsel verstehen und nicht versuchen, es zu überspringen, selbst wenn die ersten Rätsel zu leicht für sie sind. Jedes Rätsel führt ein neues Konzept, eine neue Regel oder einen neuen Trick ein und sie werden sich schnell verloren vorkommen, wenn sie nicht jedes der Rätsel der Reihe nach lösen. Wir erleben oft, dass Schüler die ersten drei Rätsel ausprobieren, zum letzten Rätsel blättern und denken, sie hätten es sofort gelöst, weil sie noch nicht alle Regeln kennen.

## Unterrichtsvideos

### Video Erste Schritte mit Turing Tumble:

<https://bit.ly/getting-started-with-turing-tumble>

Die Schüler beschreiben den Einstieg in Turing Tumble, einige hilfreiche Tipps zum Einrichten des Spiels, wie man spielt und wie man Probleme löst.



### Darum ist Turing Tumble ein Computer:

<https://bit.ly/like-a-computer>

Dieses Video erklärt, inwiefern Turing Tumble ein mechanischer Computer ist und welche Unterschiede zwischen mechanischen Computern und ihren elektronischen Gegenstücken bestehen, die den meisten Menschen vertraut sind. Es zeigt das Innenleben eines elektronischen Computers und vergrößert die mikroskopisch kleinen Schalter im Inneren des Prozessors, die man nur mit einem Elektronentunnelmikroskop sehen kann. Turing Tumble hat mechanische Schalter, die die Spieler auf clevere Weise miteinander verbinden können, um intelligente Dinge zu tun. Wenn Turing Tumble nur groß genug wäre, könnte es alles tun, was Ihr Desktop-Computer, Ihr Laptop oder Ihr Handy kann.



### Blick in einen Computerprozessor:

<https://bit.ly/computer-processor>

Dieses Video zoomt in einen Computerprozessor hinein, bis Sie die einzelnen Schalter (Transistoren genannt) im Inneren und die winzigen Kupferdrähte, die sie miteinander verbinden, sehen können. Wenn Sie weiter und weiter heranzoomen, werden Sie feststellen, dass die Bilder von Farbe zu Schwarzweiß wechseln. In diesem Moment mussten die Macher des Videos von Aufnahmen mit Licht auf Aufnahmen mit Elektronen umsteigen, weil diese so viel kleiner sind.



### Werbevideo für Pädagogen:

<https://bit.ly/turing-tumble-edu-video>

Mit diesem Video können Sie für Turing Tumble in Ihrer Schule, Ihrem Landkreis und Ihrer Gemeinde werben.



## Übungsleitfaden

Vergessen Sie nicht den Turing-Tumble-Übungsleitfaden! Hier können Sie ihn kostenlos herunterladen: [upperstory.com/turingtumble/edu/resources](http://upperstory.com/turingtumble/edu/resources). Er bietet nicht nur alle Rätsel in einer einfach auszudruckenden/zu kopierenden Schwarz-Weiß-Form, sondern enthält auch 30 zusätzliche „Übungsrätsel“, die zwischen den normalen Rätseln liegen. Die Übungsrätsel senken die Lernkurve, indem sie die Spieler schrittweise an neue Konzepte heranführen.

### Turing Tumble auf einem Bildschirm

Online-Simulatoren von Turing Tumble eignen sich hervorragend, um einer Klasse die Verwendung von Turing Tumble zu demonstrieren. Sie können einen Simulator auf einen Bildschirm projizieren, in kürzester Zeit Maschinen darauf bauen und sie direkt auf dem Bildschirm laufen lassen, damit Ihre Klasse zuschauen kann. Derzeit empfehlen wir die Verwendung der folgenden Simulatoren.

#### Simulator 1 von Rich Twilton:

<https://bit.ly/tumble-together-simulator>

Dieser Simulator sieht dem echten Spiel sehr ähnlich und enthält die ersten 30 Rätsel im Menü, die Sie sofort spielen können. Außerdem können die Schüler ihre Arbeit aus der Ferne teilen, während sie in gemeinsamen Räumen Aufgaben lösen.



#### Simulator 2 von Jesse Crossen:

<https://bit.ly/tt-sim>

Dieser Simulator sieht dem echten Spiel sehr ähnlich. Er animiert hindurchlaufende Kugeln mit einer Physik, die dem echten Turing Tumble sehr ähnlich ist. Sie können das Brett sogar vergrößern, wenn Sie kompliziertere Maschinen bauen möchten.

#### Simulator 3 von Lode Vandevenne:

<https://bit.ly/js-tumble>

Dieser Simulator ist einfach zu erlernen. Sie werden in wenigen Minuten kleine Maschinen erstellen.

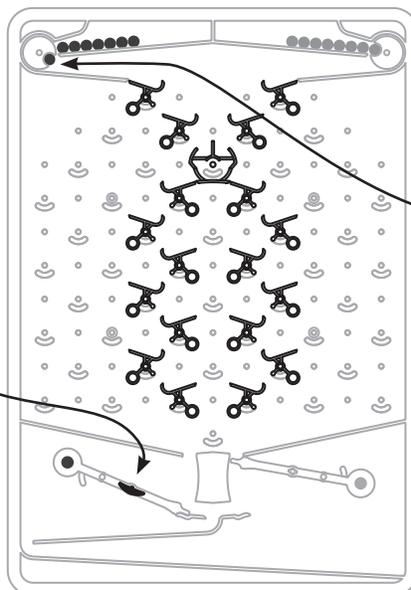
## Tipps und Tricks

- Die Beine des Ständers können auf zwei Arten montiert werden, aber nur eine Art hält das Brett auch wirklich. Wenn der Ständer das Brett nicht hält, ziehen Sie den Ständer auseinander, drehen Sie ein Teil um und versuchen Sie es dann noch einmal.
- Stellen Sie den Ständer und das Brett IN den Schachteldeckel, damit Sie alle Teile und Kugeln beisammen haben.
- Warten Sie mit dem Einlegen der Kugeln, bis Sie alle Teile auf das Brett aufgesteckt haben. Beim Lösen der Rätsel kann es vorkommen, dass das Brett ruckelt oder der untere Hebel ausgelöst wird, was dazu führen kann, dass die Kugeln zu früh freigegeben werden und überall herumspringen.
- Legen Sie nicht alle Kugeln ein! Legen Sie nur so viele Kugeln ein, wie es das Rätsel erfordert (normalerweise etwa 8 auf jeder Seite).
- Verfolgen Sie den Pfad der Kugel mit einem Finger, um herauszufinden, wohin sich die Teile bewegen sollen. Wenn Sie mit Ihrem Finger an einem der weißen Stifte auf dem Brett ankommen, fügen Sie ein weiteres Teil hinzu.
- Kugeln sollten niemals frei fallen. Wenn dies der Fall ist, stecken Sie die Teile so auf das Brett, dass die Kugeln nach ganz unten geführt werden.
- Verwenden Sie den „Notstopp“, indem Sie die Hebel an der Unterseite des Bretts hochhalten, um zu verhindern, dass noch mehr Kugeln ausgelöst werden.
- Die schwarze Ablage für die Beine kann unter der Schachtel platziert werden, um Platz zu sparen.
- Tipps zum Aufräumen:
  - Stellen Sie sicher, dass jedes Teil an seinen Platz zurückgelegt wird.
  - Legen Sie das Buch mit dem Einband in den Keil auf die Spielteile.
  - Legen Sie die Beine in die Ablage und legen Sie diese auf die Teile und das Buch.
  - Legen Sie das weiße Brett ganz oben drauf.



Das Spielbrett gibt jeweils eine Kugel von oben frei:

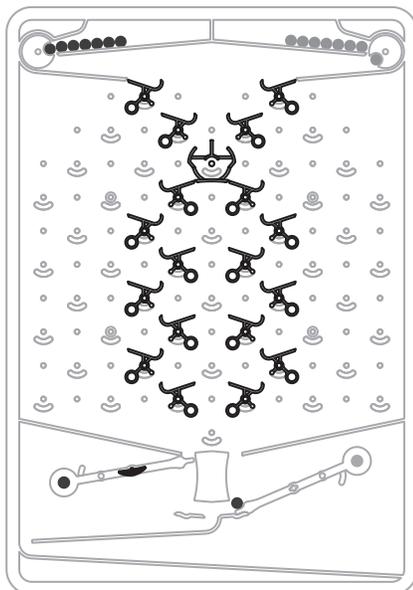
Drücken Sie hier, um die Maschine zu starten...



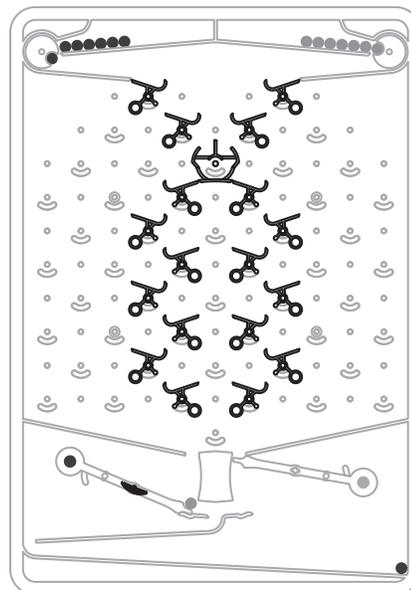
...und eine Kugel wird von oben freigegeben.

Jede Kugel fällt das Brett hinunter und wenn sie unten ankommt, drückt sie einen der beiden schwarzen Flipper am Boden herunter, der eine weitere Kugel freigibt.

Wenn sie den **rechten** Flipper nach unten drückt, wird eine **rote** Kugel freigegeben.



Wenn sie den **linken** Flipper nach unten drückt, wird eine **blaue** Kugel freigegeben.



Die Spieler ergänzen die Logik, indem sie **sechs verschiedene Typen von Teilen** auf dem Spielbrett platzieren:



**FALLZIEL**

Das **Fallziel** lenkt die Kugeln nach rechts oder nach links, je nachdem, wie Sie es auf das Brett stecken. Es handelt sich um umkehrbare Teile, aber sobald Sie sie auf dem Brett platziert haben, drehen die Gegengewichte sie in ihre ursprüngliche Position, nachdem eine Kugel durch sie hindurchgelaufen ist. Die Fallziele sind wie elektrische Drähte in einem Computer und die Kugeln sind wie Elektrizität.



**KREUZUNG**

Die **Kreuzung** funktioniert wie zwei Drähte, die sich überkreuzen, ohne sich zu berühren, ähnlich wie Straßenüberführungen es Autos ermöglichen, über andere Straßen zu fahren.



**BIT**

Das **Bit** fügt Logik hinzu. Es speichert Informationen, indem es nach rechts oder links zeigt. Diese beiden Zustände (links oder rechts) können die Aussagen Falsch oder Wahr, oder 0 oder 1 darstellen, wie es in der Informatik oft verwendet wird. Eine Kugel, die ein Bit durchläuft, ändert dessen Richtung und damit auch die gespeicherten Informationen. Das Bit wird immer wichtiger, je weiter die Rätsel fortschreiten.



**FÄNGER**

Wenn der Computer sein Ziel erreicht hat, kann der **Fänger** eingesetzt werden, um den Computer daran zu hindern, weitere Kugeln freizugeben.



**ZAHNRÄDER UND  
ZAHNRADBITS**

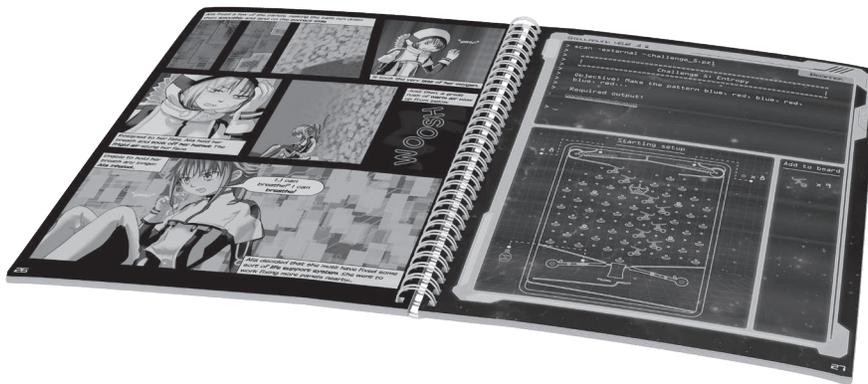
Wie das Bit speichert auch das **Zahnradbit** Informationen, indem es nach rechts oder links zeigt, aber wenn ein Zahnrad-Bit umgedreht wird, kann es auch andere Zahnradbits umdrehen, die über **Zahnräder** mit ihm verbunden sind.

Die Zahnräder und Zahnradbits sind verblüffend, aber sie verleihen dem Brett eine völlig neue Ebene der Funktionalität. Sie machen den Computer auch „Turing-vollständig“, was bedeutet, dass er, wenn das Brett groß genug wäre, alles tun könnte, was ein elektronischer Computer kann!

Jedem Set liegt ein kleiner Beutel mit schwarzen Unterlegscheiben bei. Diese sollten hinter den Zahnradbits angebracht werden, wenn nur zwei Zahnradbits miteinander verbunden sind, um die Reibung zu erhöhen. Wenn jedoch *mehr* als zwei Zahnradbits verbunden sind, sollten die Unterlegscheiben nicht verwendet werden.

Turing Tumble liegt ein Buch mit 60 Rätseln bei. Sie fangen leicht an und werden immer anspruchsvoller. Während Sie im Rätselbuch voranschreiten, werden neue Arten von Teilen freigeschaltet. Zu Beginn verwenden Sie zum Beispiel nur die Fallziele, aber nach vier Rätseln wird die Kreuzung freigeschaltet. Jedes Rätsel eröffnet dem Spieler neue Konzepte, die später auf kompliziertere Rätsel angewendet werden können.

In die Rätsel ist außerdem eine Geschichte eingeflochten, um ihnen einen Kontext zu geben und sie hoffentlich für einige Schüler interessanter zu machen. Jedes Rätsel bringt Alia, die Raumfahrtingenieurin, der Rettung von einem scheinbar verlassenen Planeten näher.





Jedes Rätsel ist mit der Seitenzahl zum schnellen Nachschlagen aufgelistet. Die Rätselseite wird oben mit der Lösung daneben angezeigt. Die Fragen mancher Spieler können mit einem kurzen Blick auf die Lösung beantwortet werden.

## Lektionen zur Computerlogik

In diesem Leitfaden finden Sie Lektionen zur Computerlogik, bevor die Schüler mit der Verwendung eines neuen Teils beginnen oder bevor sie ein neues Konzept lernen. Der Aufbau ist so gestaltet, dass Pädagogen vorhersehen können, was gelernt werden soll. Vielleicht fällt es Ihnen aber auch leichter, die Lektion zu unterrichten, nachdem die Schüler bereits einige Übung mit den Teilen hatten.

## Rätselspezifische Lehrmaterialien

Jedes Rätsel hat seine eigenen Lehr- und Lernkonzepte, die unter den Bildern der Rätsel und Lösung aufgeführt sind. Ein Pädagoge kann zu jedem Rätsel springen und Anleitungen finden, wie er seinen Schülern bei den spezifischen Fähigkeiten und Problemen helfen kann, auf die sie stoßen könnten.

Sie werden schnell feststellen, dass sich die Lehrmaterialien für jedes Rätsel wiederholen. In den Rätseln fünf, sechs und sieben lernen die Schüler zum Beispiel, wie man die Kreuzung benutzt. Daher werden Sie in den Ressourcen für Pädagogen für jedes Rätsel viele gleiche Aspekte finden. So müssen Sie als Lehrkraft nur die Lehrmaterialien für das jeweilige Rätsel zu Rate ziehen, ohne auf die Lehrmaterialien für frühere Rätsel zurückgreifen zu müssen, um alles zu verstehen.

- **Das lernen die Spieler über Computerlogik**

In diesem Abschnitt finden Sie eine kurze Übersicht über den Zusammenhang zwischen dem Rätsel und dem, was in einem Computer vor sich geht. Die Lektionen zur Computerlogik bieten eine gründlichere Beschreibung der Verbindung.

- **Das lernen die Spieler über das Spiel**

Dieser Abschnitt zeigt, was die Spieler durch dieses Rätsel über das Spiel lernen. Dabei kann es sich um einen funktionalen Aspekt des Spiels handeln (z. B. wie das Spielbrett oder die Teile funktionieren), um etwas,

das am Rätselbuch oder an den Rätseln selbst wichtig ist, oder um einen Trick, den der Spieler gerade lernt und den er später wieder verwenden muss.

- **Mögliche Hindernisse**

In diesem Abschnitt finden Sie Tipps und Tricks, die Ihnen helfen, die Aufgaben zu lösen. Diese Liste ist nicht abschließend, aber sie zeigt die logischen Schritte auf, mit denen die Spieler manchmal zu kämpfen haben.

Wenn Sie diesen Leitfaden für Pädagogen verwenden, würden wir uns über Ihre Anregungen freuen, damit wir diesen Leitfaden verbessern und Inhalte für die zukünftige Verwendung hinzufügen können.

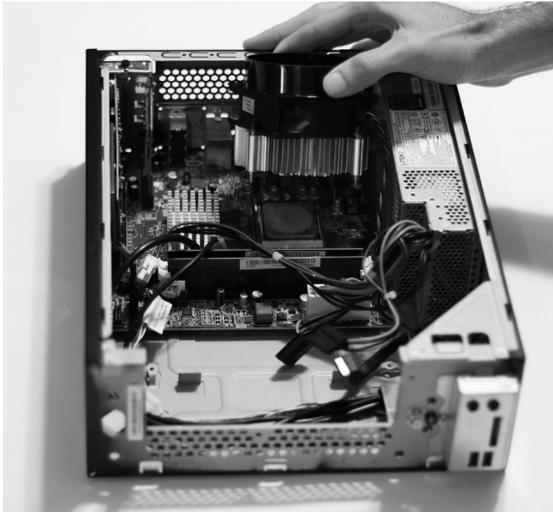
## Lektion 1 zur Computerlogik: Inwiefern ist Turing Tumble ein Computer?

Wenn es Ihnen wie den meisten Menschen geht, fragen Sie sich wahrscheinlich, wie um alles in der Welt dieses Murmelgerät ein Computer sein kann. Es hat keinen Bildschirm, keine Tastatur und keine Elektronik. Inwiefern kommt es einem Computer auch nur nahe?

Schauen wir uns zunächst an, was so alles in einem normalen Desktop-Computer steckt.

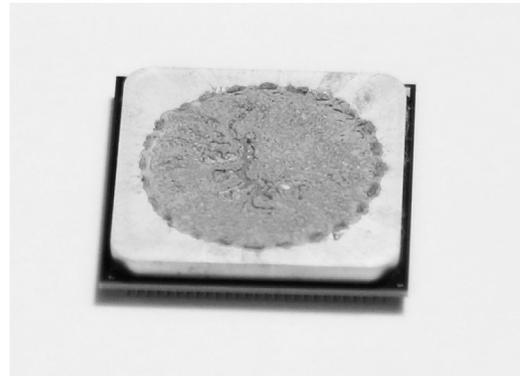
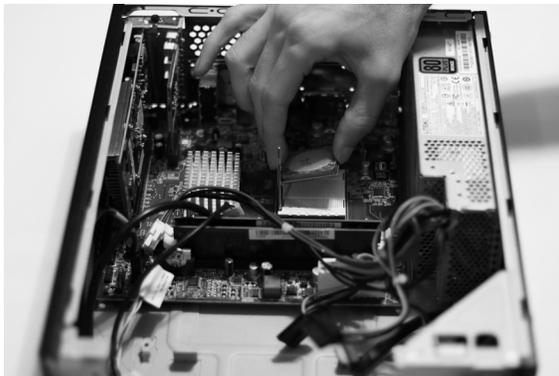


Wir finden dort alle möglichen Dinge wie Platinen, Lüfter, Leuchten und Motoren, aber das sind nicht die intelligenten Teile eines Computers. Tatsächlich sind sie nur dazu da, den Prozessor des Computers zu unterstützen - einen kleinen rechteckigen Chip unter einem großen Lüfter, der ihn kühlt.

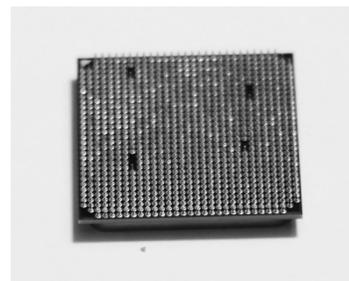


Der Computerprozessor (oder die Central Processing Unit - CPU) ist sozusagen das „Gehirn“ des Computers. Das ist der Teil, der Programme ausführt und für Mathematik und Logik zuständig ist. Der Prozessor leistet viel harte Arbeit, wenn der Computer läuft, und erzeugt dabei viel Wärme. Der Lüfter oben auf dem Prozessor kühlt ihn ab, damit er nicht überhitzt.

So sieht der Prozessor dieses Computers aus, wenn er herausgenommen wird:



Das klebrige Zeug auf dem Prozessor ist Wärmeleitpaste. Sie erleichtert den Wärmetransport aus dem Chip. Wenn wir die Wärmeleitpaste abwischen, sieht das oben und unten so aus:



Auf der Unterseite des Prozessors sehen Sie über tausend kleine Stifte, die herausragen. Die Stifte verbinden das Innere des Prozessors mit Dingen aus der Außenwelt. Einige Stifte sind Eingänge – sie senden Informationen an den Prozessor oder versorgen ihn einfach mit Strom. Andere Stifte sind Ausgänge – der Prozessor verwendet die Ausgänge, um Informationen an den Rest des Computers zu senden. Beispielsweise würde die Tastatur des Computers *Eingaben* für einen Prozessor bereitstellen, während ein Bildschirm Informationen anzeigen würde, die von der *Ausgabe* eines Prozessors kommen.

### Was steckt in einem Computerprozessor?

Schalter. Viele, viele Schalter. *Milliarden* Schalter. Die Schalter sind so klein, dass man sie mit bloßem Auge überhaupt nicht sehen kann. Tatsächlich sind sie so klein, dass man sie nicht einmal durch ein Mikroskop sehen könnte, weil die Wellenlänge des sichtbaren Lichts selbst zu groß ist. Heutzutage sind die Schalter in einem Computerprozessor etwa tausendmal kleiner als die Dicke eines menschlichen Haares.

Das folgende Video zoomt so weit in einen Computerprozessor hinein, bis Sie die einzelnen Schalter (sogenannte „Transistoren“) im Inneren und die winzigen Kupferdrähte sehen können, die sie miteinander verbinden. Wenn Sie weiter und weiter heranzoomen, werden Sie feststellen, dass die Bilder von Farbe zu Schwarzweiß wechseln. In diesem Moment mussten die Macher des Videos von Aufnahmen mit Licht auf Aufnahmen mit Elektronen umsteigen, weil diese so viel kleiner sind. Sie können das Video hier sehen:

<https://bit.ly/computer-processor>

### Wie können Schalter *intelligent* sein?

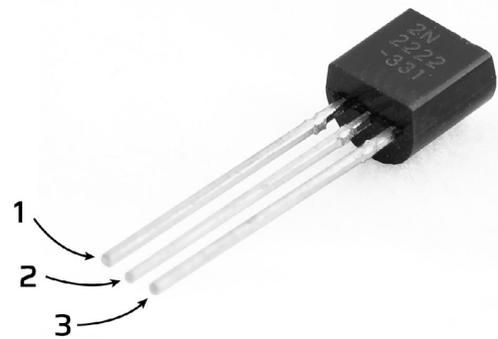
Wenn Sie „Schalter“ hören, denken Sie wahrscheinlich an den Schalter an Ihrer Wand, der das Licht ein- und ausschaltet, und es scheint unmöglich, dass Schalter wie dieser etwas anderes können, als Dinge ein- und auszuschalten.



Und bei Ihrem Lichtschalter stimmt das auch. Er kann nichts intelligentes tun. Schalter in Computern sind jedoch nicht wie Lichtschalter auf „Ein“ oder „Aus“ beschränkt; ihr Zustand (ein oder aus) wirkt sich vielmehr auch auf das Verhalten anderer Schalter in ihrer Nachbarschaft aus. Mit anderen Worten, Computerschalter können intelligente Dinge tun, weil sie andere Schalter umlegen können. Damit Schalter intelligente Dinge tun können, **müssen sie durch die gleiche Art von Energie, die sie steuern, umgelegt werden können**. Ein Lichtschalter kann andere Schalter nicht umlegen, da zum Umlegen *mechanische* Energie benötigt wird, er aber nur *elektrische* Energie steuert. Sie können den Ausgang eines Lichtschalters nicht mit dem Eingang eines anderen Lichtschalters verbinden.

In Turing Tumble werden die Schalter (d. h. die blauen und violetten Teile, die wir „Bits“ und „Zahnradbits“ nennen) durch *mechanische* Energie umgelegt, und sie steuern auch *mechanische* Energie: Sie werden von einer Kugel, die über sie rollt, umgedreht und steuern, ob eine Kugel über ihre linke oder rechte Seite rollt.

Schalter in einem Computer (Transistoren) werden durch *elektrische* Energie umgelegt und steuern auch *elektrische* Energie. Das gezeigte Bild zeigt einen relativ großen, einzelnen Transistor, der etwa so groß ist wie der Nagel an Ihrem kleinen Finger. So funktioniert es: Stift 1 steuert den Stromfluss von Stift 2 zu Stift 3. Wenn Strom an Stift 1 angelegt wird, kann Strom von Stift 2 zu Stift 3 fließen. Sonst nicht.



Da die Schalter in Computerprozessoren und in Turing Tumble durch die gleiche Art von Energie umgelegt werden, die sie auch steuern, ist es möglich, dass ein Schalter einen anderen Schalter umlegt. Während Sie die Rätsel in Turing Tumble durcharbeiten, werden Sie entdecken, wie diese eine einfache Eigenschaft es ermöglicht, Maschinen mit grenzenlosen Fähigkeiten zu bauen!

Darum ist Turing Tumble ein Computer:

<https://bit.ly/like-a-computer>

## Lektion 2 zur Computerlogik: Fallziele

Bei diesen ersten Rätseln wird nur das „Fallziel“ verwendet. Es sieht so aus:



Das Fallziel lässt die Kugeln immer in eine bestimmte Richtung laufen. Wenn Sie es auf das Brett stecken, während es nach links zeigt, gehen die Kugeln nach links. Wenn Sie es auf das Brett stecken, während es nach rechts zeigt, gehen die Kugeln nach rechts.

### Wie sehen elektronische Fallziele in einem elektronischen Computer aus?

In einem elektronischen Computer, wie z. B. einem Laptop, Desktop oder Smartphone, werden Drähte für den gleichen Zweck wie Fallziele verwendet. Drähte leiten den Strom dorthin, wo er hin soll, ähnlich wie ein Rohr für Elektronen. Manchmal leiten Drähte den Strom zu einem Schalter oder einem anderen elektrischen Bauteil, manchmal führen sie einfach zu weiteren Drähten, die sich verzweigen.

Es gibt sogar winzige Drähte in Mikrochips wie diesem:



Foto eines Motorola 68040-Prozessors, aufgenommen von Konstantin Lanzet. Geteilt unter CC BY-SA 3.0-Lizenz unter [https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola\\_68040](https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola_68040).

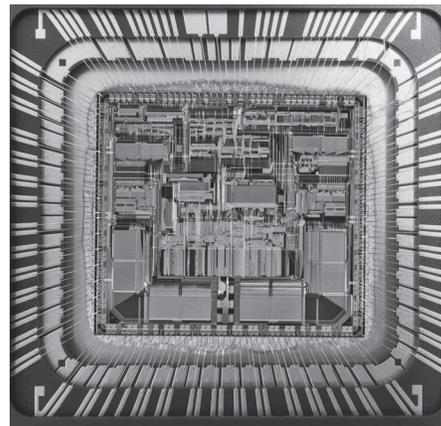
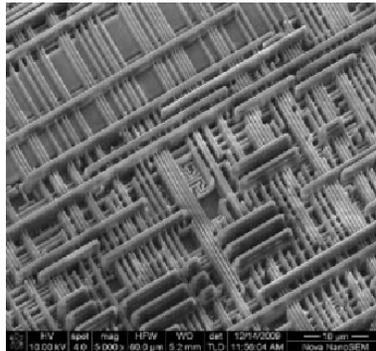


Foto eines entkapselten Prozessors vom Typ Motorola 68040 aufgenommen von Gregg M. Erickson Geteilt unter CC BY 3.0-Lizenz unter [https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola\\_68040](https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola_68040).

Das Bild links zeigt einen Mikrochip, wie Sie ihn vielleicht in Ihrem Computer sehen. Mikrochips sind nur winzige elektrische Schaltkreise, die zu ihrer Sicherheit mit Kunststoff oder Keramik überzogen sind. Auf der rechten Seite ist derselbe Mikrochip, aber ohne Schutzbeschichtung.

Wenn Sie weit genug hineinzoomen, können Sie die winzigen Kupferdrähte sehen, die verschiedene Teile des Stromkreises verbinden.



Dieses Rasterelektronenmikroskopbild eines entkapselten Chips wurde mit Genehmigung von DELTA Microelectronics (<https://asic.madebydelta.com>) verwendet.

In Turing Tumble sind Fallziele wie Drähte und Kugeln wie Elektrizität. Wenn Sie Fallziele auf dem Spielbrett platzieren, legen Sie die Pfade fest, die die Kugeln zurücklegen können, so wie Drähte als Leiterbahnen die Pfade festlegen, wohin sich der Strom bewegen kann.

# Rätsel 1: Schwerkraft

(Seite 15 im Rätselbuch)



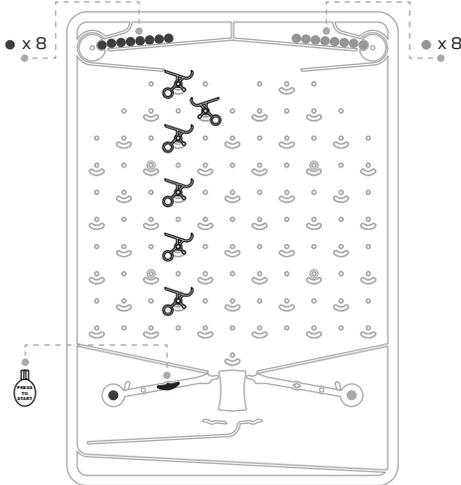
## Rätsel 1: Schwerkraft

**Ziel:** Lasse alle blauen Kugeln (und nur diese) unten ankommen.

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsordnung



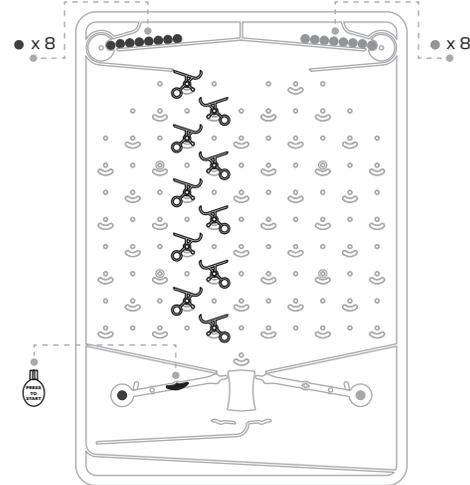
### Vorhandene Teile



## Rätsel 1 Lösung

**Erläuterung:** Die vier Fallziele vervollständigen den Pfad vom oberen Ende des Spielbretts zum unteren Ende des Spielbretts.

Denken Sie daran, dass es gegen die Regeln verstößt, Kugeln über eine beliebige Entfernung frei fallen zu lassen! Wenn eine Kugel von einem Teil herunterrollt, muss sie sofort auf dem nächsten Teil landen.



23

## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Das einzige Teil, das bei diesem Rätsel verwendet wird, ist das Fallziel. Fallziele sind wie Drähte in einem Stromkreis und die Kugeln sind wie Elektrizität. Wenn die Spieler Fallziele auf dem Spielbrett platzieren, legen sie Pfade fest, über die die Kugeln wandern können, genau wie Drähte als Leiterbahnen festlegen, wohin sich der Strom bewegen kann.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Wissen über den Aufbau der Rätsel: erwartetes Ergebnis, Ausgangsanordnung und vorhandene Teile.
- Die Hebel unten sind mit dem Kugelauslöser oben verbunden.
- Üben Sie, die Fallziele auf dem Brett zu platzieren. Die Spieler werden feststellen, dass die Fallziele **umkehrbar** sind und in beide Richtungen auf dem Spielbrett verlaufen können, je nachdem, wohin sie die Kugeln leiten wollen.

## Mögliche Hindernisse:

- Die Maschinen der Spieler dürfen die Kugeln nicht über eine beliebige Entfernung frei fallen lassen. Die Kugeln könnten unvorhersehbar abprallen, weil es keine Teile gibt, die ganz nach unten führen oder die Fallziele in die falsche Richtung zeigen.
- Starten der Maschine: Sobald die Maschine in Bewegung ist, dürfen die Spieler sie nicht berühren oder anderweitig in ihren Betrieb eingreifen. Drücken Sie die Starttaste einmal nach unten, um die Maschine zu starten. Sobald eine Kugel das untere Ende erreicht, drückt sie einen Hebel, um die nächste Kugel auszulösen.
- Platzieren der Fallziele auf dem Brett: Die Fallziele sind umkehrbar! Beachten Sie, in welche Richtung sie zeigen, bevor Sie sie auf dem Brett platzieren.

# Rätsel 2: Wiedereintritt



(Seite 16 im Rätselbuch)

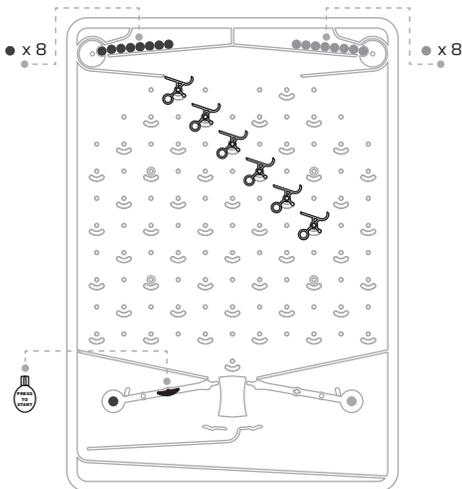
## Rätsel 2: Wiedereintritt

**Ziel:** Lasse alle blauen Kugeln (und nur diese) unten ankommen.

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsanzordnung



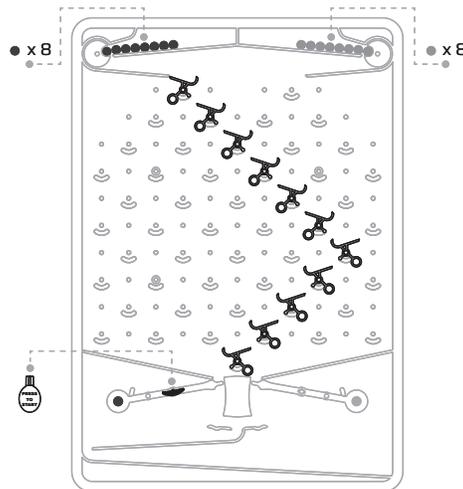
### Vorhandene Teile



## Rätsel 2 Lösung

**Erläuterung:** Die Ausgangsanordnung führt die Kugeln auf die rechte Seite hinüber. Das ist ein Problem! Wenn die Kugeln den rechten Hebel treffen, geben sie rote Kugeln frei, aber Sie sollen nur die blauen Kugeln unten ankommen lassen.

Um dieses Rätsel zu lösen, müssen Sie die 5 Fallziele benutzen, um die Kugeln zurück zum linken Hebel zu führen.



23

23

## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Das einzige Teil, das bei diesem Rätsel verwendet wird, ist das Fallziel. Fallziele sind wie Drähte in einem Stromkreis und die Kugeln sind wie Elektrizität. Wenn die Spieler Fallziele auf dem Spielbrett platzieren, legen sie Pfade fest, über die die Kugeln wandern können, genau wie Drähte als Leiterbahnen festlegen, wohin sich der Strom bewegen kann.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Wissen über den Aufbau der Rätsel: erwartetes Ergebnis, Ausgangsanordnung und verfügbare Teile.
- Die Hebel unten sind mit dem Kugelauslöser oben verbunden.
- Üben Sie, die Fallziele auf dem Brett zu platzieren. Sie werden feststellen, dass die Fallziele **umkehrbar** sind und in beide Richtungen auf dem Spielbrett verlaufen können, je nachdem, wohin die Spieler die Kugeln leiten wollen.

## Mögliche Hindernisse:

- Die Spieler könnten zunächst die Fallziele so platzieren, dass die Kugel den rechten Hebel auslöst. Dies ist ein guter Zeitpunkt, um sicherzustellen, dass sie sich die Rückseite des Brettes angesehen haben. Dort sehen sie, wie der Hebel unten mit dem Kugelauslöser oben verbunden ist. Regen Sie sie dazu an, die Fallziele so zu platzieren, dass die Kugeln auf die blaue Seite zurückgeführt werden.



## Mögliche Hindernisse:

- Es kann für die Spieler knifflig sein, herauszufinden, wie man eine blaue Kugel auslöst und sonst nur rote. Erinnern Sie sie daran, dass die blaue Kugel ausgelöst wird, wenn sie die Starttaste drücken, und sie können bestimmen, welche Kugelfarbe als nächstes kommt, je nachdem, wie sie die Kugeln mit den Fallzielen lenken.

# Rätsel 4: Fusion

(Seite 18 im Rätselbuch)



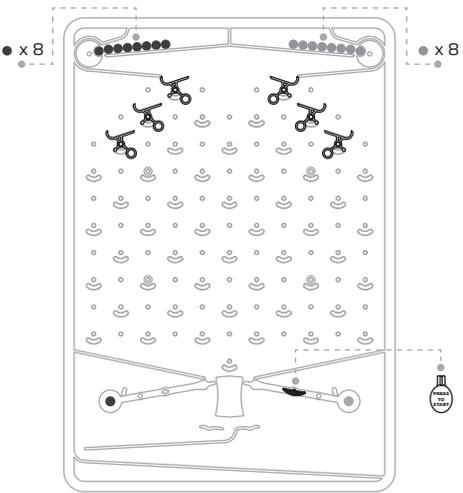
**Rätsel 4: Fusion**

**Ziel:** Schieße zuerst eine rote Kugel ab und danach alle blauen Kugeln.

**Erwartetes Ergebnis:**



**Ausgangsordnung**

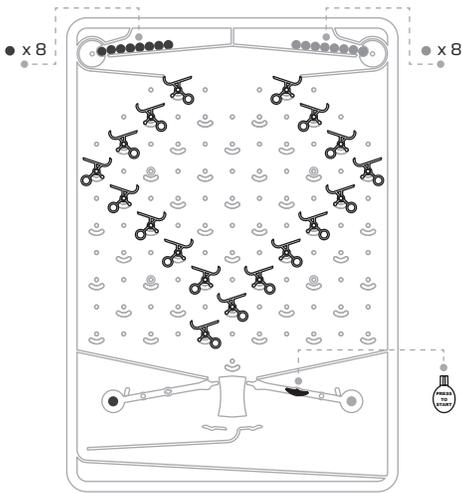


**Vorhandene Teile**



**Rätsel 4 Lösung**

**Erläuterung:** Die Pfade müssen zusammenkommen, aber sie beginnen weit auseinander! Verwenden Sie die Fallziele, um die Pfade zusammenzubringen und alle Kugeln auf die linke Seite zu führen.



## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Das einzige Teil, das bei diesem Rätsel verwendet wird, ist das Fallziel. Fallziele sind wie Drähte in einem Stromkreis und die Kugeln sind wie Elektrizität. Wenn die Spieler Fallziele auf dem Spielbrett platzieren, legen sie Pfade fest, über die die Kugeln wandern können, genau wie Drähte als Leiterbahnen festlegen, wohin sich der Strom bewegen kann.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

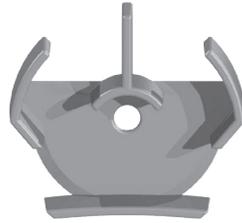
- Die Starttaste kann auf beiden Hebeln platziert werden. Bei diesem Rätsel gehört sie auf die rechte Seite, damit zuerst eine rote Kugel ausgelöst wird.
- Wie in der Sprechblase angemerkt, können Spieler Rätsel manchmal mit weniger Teilen lösen, als im Abschnitt „Vorhandene Teile“ aufgeführt sind. Sie können die Schüler herausfordern, denen die Einführungsrätsel leicht fallen, die eleganteste und einfachste Lösung zu finden.

## Mögliche Hindernisse:

- Es kann für die Spieler knifflig sein, herauszufinden, wie man eine rote Kugel auslöst und sonst nur blaue. Erinnern Sie sie daran, dass die rote Kugel ausgelöst wird, wenn sie die Starttaste drücken, und sie können bestimmen, welche Kugelfarbe als nächstes kommt, je nachdem, wie sie die Kugeln mit den Fallzielen lenken.
- Es gibt viele Möglichkeiten, wie ein Spieler die Fallziele platzieren kann, um dieses Rätsel zu lösen. Das Beispiel oben ist nur eine mögliche Lösung.

## Lektion 3 zur Computerlogik: Kreuzungen

In Rätsel 5 wird das Teil „Kreuzung“ eingeführt. Es sieht so aus:



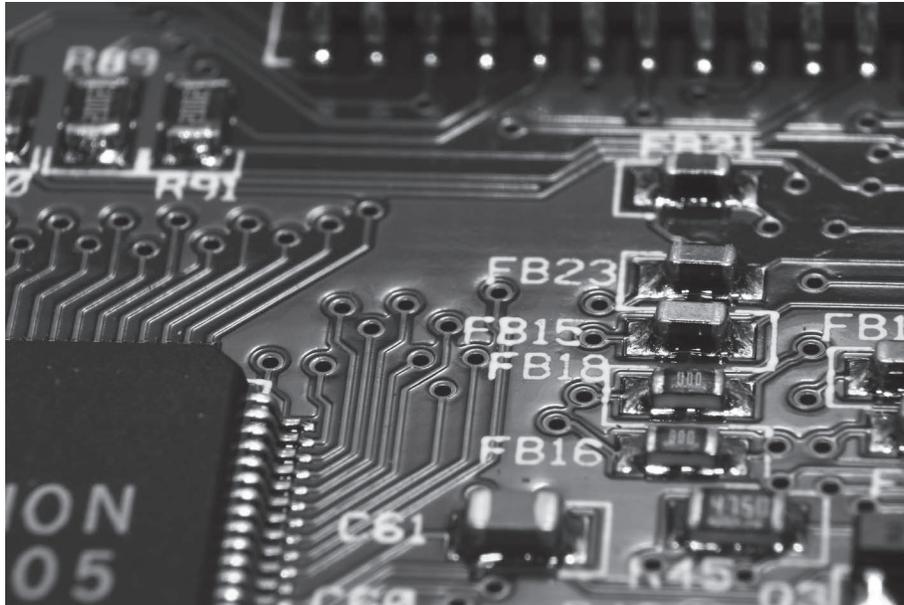
Die Kreuzung dient dazu, dass sich die Pfade der Kugeln überkreuzen. Eine Kugel, die auf der linken Seite eintritt, kommt auf der rechten Seite heraus. Eine Kugel, die auf der rechten Seite eintritt, kommt auf der linken Seite heraus.

### Wie sehen Kreuzungen in einem elektronischen Computer aus?

Die Kreuzung funktioniert wie zwei Drähte, die sich überkreuzen, *ohne* sich zu berühren, ähnlich wie Straßenüberführungen es Autos ermöglichen, über andere Straßen zu fahren. Elektrizität kann sich entlang der einzelnen Drähte bewegen, aber die sich kreuzenden Pfade stören sich nicht gegenseitig. Es wäre unmöglich, komplizierte Schaltungen ohne sich kreuzende Drähte aufzubauen. Da die Kreuzung es ermöglicht, dass sich die Pfade der Kugeln überkreuzen, ohne den Weg der nächsten Murmel zu behindern, führen sie einen kleinen Teil dessen aus, was in einer Leiterplatte passiert.



Leiterplatten werden in elektronischen Computern verwendet, um alle Kabelverbindungen stabil und sicher zu fixieren. Eine Leiterplatte ist hart und flach. Auf der Oberfläche befindet sich eine dünne Kupferschicht, in die ein sorgfältig entworfenes Muster von Leiterbahnen geätzt ist, die die elektronischen Komponenten auf der Leiterplatte verbinden. Eine Leiterplatte besteht aus erheblich mehr Elementen als nur den sich kreuzenden Leiterbahnen. Leiterplatten beherbergen Transistoren, CPUs und vieles mehr. Unten sehen Sie ein Beispiel einer Leiterplatte. Sie können die Kupferleiterbahnen zwischen allen elektronischen Teilen sehen:



Wenn die Leiterbahnen auf einer Leiterplatte alle auf einer ebenen Fläche liegen, wie können sie sich dann überkreuzen, ohne sich zu berühren? Die meisten Leiterplatten haben tatsächlich mehrere Lagen Kupferleiterbahnen, die zwischen Isolatoren eingebettet sind. Kleine Löcher, sogenannte Durchkontaktierungen, verbinden die Leiterbahnen in den verschiedenen Kupferschichten. Auf dem Bild oben sehen Sie viele kleine Durchkontaktierungen, die die verschiedenen Schichten der Leiterplatte verbinden, sodass sich die Kupferdrähte über- und untereinander kreuzen können, ohne sich zu berühren. Sogar auf einer einlagigen Leiterplatte können sich Leiterbahnen unter Verwendung von Überbrückungsdrähten, sogenannten „Jumper Wires“, kreuzen. Ein Jumper Wire ist ein Draht, der auf eine Leiterplatte gelötet wird, um über andere Leiterbahnen auf der Leiterplatte zu springen.

In Computerchips gibt es ebenfalls mehrere Schichten winziger Leiterbahnen, die sich über- und untereinander kreuzen.

# Rätsel 5: Entropie

(Seite 21 im Rätselbuch)



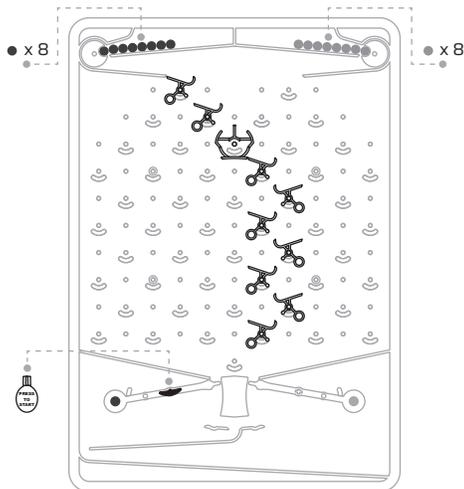
## Rätsel 5: Entropie

**Ziel:** Erstelle das Muster blau, rot, blau, rot, blau, rot...

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsordnung



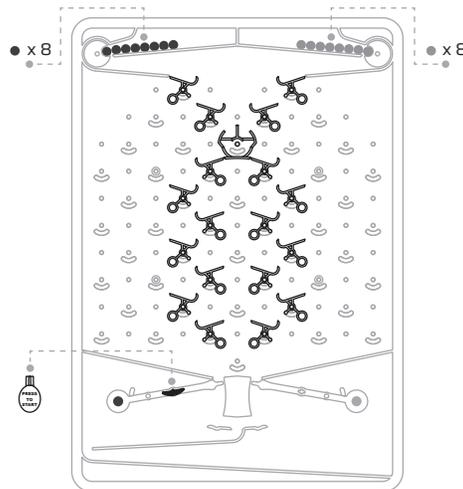
### Vorhandene Teile



x 9

## Rätsel 5 Lösung

**Erläuterung:** Diesmal müssen Sie einen eigenen Pfad für die roten Kugeln schaffen, um zum linken Hebel zu gelangen! Sie müssen die Kreuzung benutzen, wo Ihr Pfad den Pfad der blauen Kugeln kreuzt.



## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

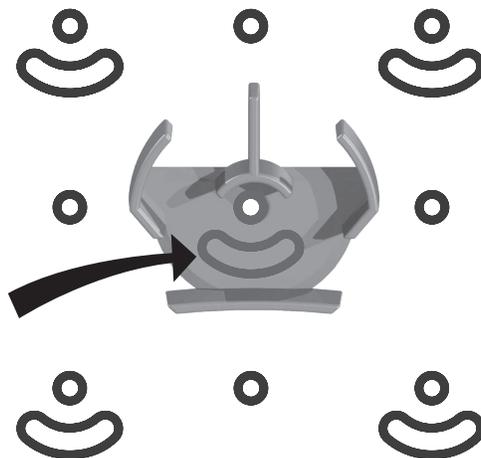
- Die Kreuzung ist eine mechanische Version von zwei Drähten, die sich überkreuzen (aber nicht berühren). In elektrischen Schaltkreisen werden Drähte verwendet, um Teile über die Leiterplatte hinweg zu verbinden. Drähte verflechten sich um-, über- und untereinander, um den Strom dorthin zu leiten, wo er hin muss.
- Leiterplatten bestehen in der Regel aus mehreren Lagen von Leiterbahnen, die in ihrer Funktion Drähten entsprechen. Leiterbahnen können sich kreuzen, wenn sie sich auf separaten Lagen befinden. Doch auch auf einer einlagigen Leiterplatte können sich Drähte mithilfe von „Jumper Wires“ kreuzen. Ein Jumper Wire ist ein Draht, der auf eine Leiterplatte gelötet wird, um über andere Leiterbahnen auf der Leiterplatte zu springen.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Üben Sie, wie man die neuen Kreuzungsteile auf dem Brett einsetzt.
- So funktionieren die Kreuzungen: Eine Kugel, die auf der linken Seite eintritt, kreuzt den Pfad und tritt auf der rechten Seite wieder aus. Eine Kugel, die auf der rechten Seite eintritt, kreuzt den Pfad und tritt auf der linken Seite wieder aus.
- Verfestigt ihr Verständnis der Hebel unten und der Kugelauslöser oben.

## Mögliche Hindernisse:

- In diesem Rätsel gehört die Starttaste wieder an den linken Hebel.
- Beim Aufstecken der Kreuzungsteile auf das Brett passt das Lächeln der Kreuzung gerade so in das offene Lächeln auf dem Brett. Es muss vollständig auf das Brett geschoben werden.



- Da es sich um einen mechanischen Computer handelt, ist es entscheidend, ob die Teile richtig platziert sind. Die Spieler werden merken, wenn sie die Teile nicht ganz auf das Spielbrett aufgesteckt haben, weil sich die Kugeln dann nicht mehr so vorhersehbar verhalten.

# Rätsel 6: Interne Totalreflexion



(Seite 22 im Rätselbuch)

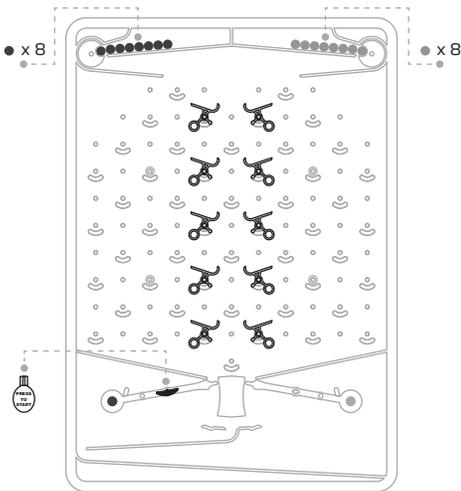
## Rätsel 6: Interne Totalreflexion

**Ziel:** Erstelle das Muster blau, rot, blau, rot, blau, rot...

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsordnung



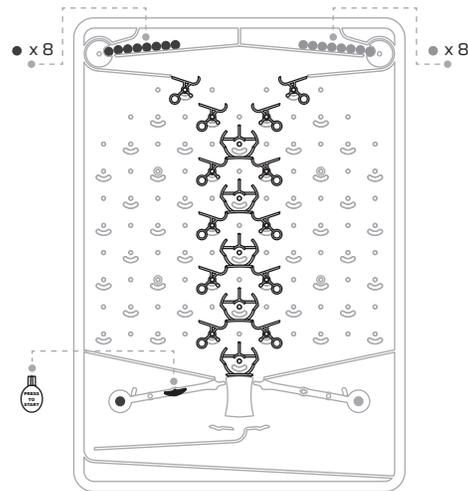
### Vorhandene Teile



## Rätsel 6 Lösung

**Erläuterung:** Die Pfade für die roten und blauen Kugeln kreuzen sich fünf Mal. Kreuzungen müssen an jedem Punkt platziert werden, an dem sie sich kreuzen.

Bei den letzten beiden Rätseln kreuzten sich die Pfade ein- und dreimal. Eins, drei und fünf sind alles ungerade Zahlen. Was würde passieren, wenn die Anzahl der Kreuzungen gerade wäre?



## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

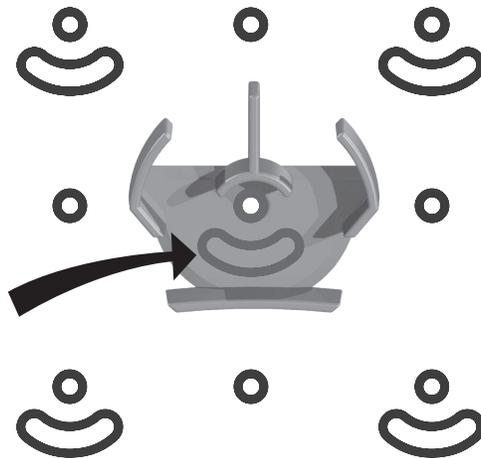
- Die Kreuzung ist eine mechanische Version von zwei Drähten, die sich überkreuzen (aber nicht berühren). In elektrischen Schaltkreisen werden Drähte verwendet, um Teile über die Leiterplatte hinweg zu verbinden. Drähte verflechten sich um-, über- und untereinander, um den Strom dorthin zu leiten, wo er hin muss.
- Leiterplatten bestehen in der Regel aus mehreren Lagen von Leiterbahnen, die in ihrer Funktion Drähten entsprechen. Leiterbahnen können sich kreuzen, wenn sie sich auf separaten Lagen befinden. Doch auch auf einer einlagigen Leiterplatte können sich Drähte mithilfe von „Jumper Wires“ kreuzen. Ein Jumper Wire ist ein Draht, der auf eine Leiterplatte gelötet wird, um über andere Leiterbahnen auf der Leiterplatte zu springen.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Für diese Aufgabe ist dasselbe Ergebnis nötig wie für die fünfte Aufgabe, aber es ist eine einfachere und elegantere Lösung.
- Üben Sie, wie man die Kreuzungsteile auf dem Brett einsetzt.
- Verfestigt ihr Verständnis der Hebel unten und der Kugelauslöser oben.

## Mögliche Hindernisse:

- Beim Aufstecken der Kreuzungsteile auf das Brett passt das Lächeln der Kreuzung gerade so in das offene Lächeln auf dem Brett. Es muss vollständig auf das Brett geschoben werden.
- Da es sich um einen mechanischen Computer handelt, ist es entscheidend, ob die Teile richtig platziert sind. Die Spieler werden merken, wenn sie die Teile nicht ganz auf das Spielbrett aufgesteckt haben, weil sich die Kugeln dann nicht mehr so vorhersehbar verhalten.



# Rätsel 7: Weg des geringsten Widerstandes



(Seite 23 im Rätselbuch)

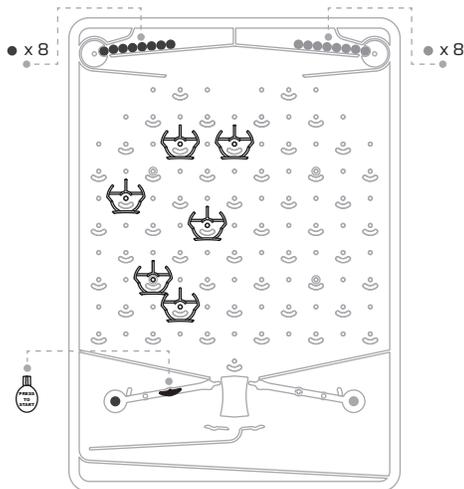
## Rätsel 7: Weg des geringsten Widerstandes

**Ziel:** Lege einen Pfad für die blauen Kugeln, so dass sie mit nur 6 Fallzielen unten ankommen.

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsordnung

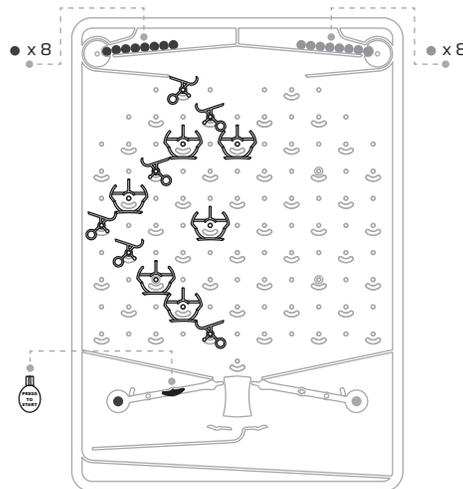


### Vorhandene Teile



## Rätsel 7 Lösung

**Erläuterung:** Dieses ist etwas kniffliger als das letzte Rätsel. Oben müssen Sie sich entscheiden, ob Sie nach links oder nach rechts gehen möchten. Diesmal müssen Sie nach links gehen.



## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Die Kreuzung ist eine mechanische Version von zwei Drähten, die sich überkreuzen (aber nicht berühren). In elektrischen Schaltkreisen werden Drähte verwendet, um Teile über die Leiterplatte hinweg zu verbinden. Drähte verflechten sich um-, über- und untereinander, um den Strom dorthin zu leiten, wo er hin muss.
- Leiterplatten bestehen in der Regel aus mehreren Lagen von Leiterbahnen, die in ihrer Funktion Drähten entsprechen. Leiterbahnen können sich kreuzen, wenn sie sich auf separaten Lagen befinden. Doch auch auf einer einlagigen Leiterplatte können sich Drähte mithilfe von „Jumper Wires“ kreuzen. Ein Jumper Wire ist ein Draht, der auf eine Leiterplatte gelötet wird, um über andere Leiterbahnen auf der Leiterplatte zu springen.

## **Das lernen die Spieler über das Spiel:**

- Die Spieler müssen die Kugeln nicht durch jedes Teil des Spielbretts laufen lassen. Hin und wieder haben die Rätsel Teile in der Ausgangsanordnung, die nicht verwendet werden müssen.

## **Mögliche Hindernisse:**

- Dieses Rätsel hat Teile in der Ausgangsanordnung, die nicht verwendet werden sollten. Ermuntern Sie die Spieler, sich eine Route auszudenken, die möglichst viele Kreuzungen auf dem Brett nutzt.

## Lektion 4 zur Computerlogik: Bits

In Rätsel 8 wird das „Bit“-Teil eingeführt. Es sieht so aus:



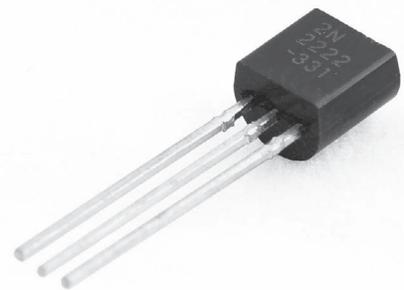
Diese Bits sind mechanische Versionen der elektronischen Schalter in Computerchips. Mit elektronischen Schaltern können Sie wählen, in welche Richtung der Strom fließt, je nachdem, wie Sie sie einstellen. Mit diesen mechanischen Schaltern können Sie wählen, in welche Richtung die Kugel rollt, je nachdem, in welche Richtung sie zeigen.

In vielen Fällen können Sie wählen, in welche Richtung die Bits zeigen, wenn Sie Ihre Maschine starten: Soll das Bit nach links oder rechts zeigen? Wenn Sie das Bit nach links ausrichten, wird die nächste Kugel nach rechts fallen. Wenn Sie das Bit nach rechts ausrichten, wird die nächste Kugel nach links fallen.

Sie werden feststellen, dass Bits in Turing Tumble etwas kniffliger sind als elektronische Bits, weil eine Kugel, die das Bit passiert, die Richtung des Bits für die nächste Kugel verändert. Sie haben kein Gegengewicht (wie die Fallziele), das sie wieder in ihre ursprüngliche Position bringen würde.

### Wie sehen Bits in einem elektronischen Computer aus?

Der einfachste Typ eines elektronischen Schalters in einem Computer wird als „Transistor“ bezeichnet. Transistoren sind normalerweise winzig klein, aber der Transistor auf dem gezeigten Bild ist in einem relativ großen Kunststoffgehäuse untergebracht, damit er leichter zu handhaben ist (er hat trotzdem nur die Größe eines kleinen Fingernagels):



Sehen Sie die drei Drähte, die aus dem Transistor herauskommen? Einer der Drähte ist ein Steuerdraht. Durch Ändern des an diesen Draht angelegten Stroms (d.h. der „Spannung“) steuert er, wie viel Strom durch den zweiten Draht hinein und durch den dritten Draht hinaus fließen kann.

Das ist toll, aber wie kann ein solcher Schalter Informationen speichern? Es hat sich herausgestellt, dass man, wenn man vier dieser Transistoren auf eine bestimmte Art und Weise miteinander verbindet, einen kleinen Schaltkreis schaffen kann, der sich *merkt*, ob er ein- oder ausgeschaltet wurde, selbst wenn man keinen Strom mehr in den Steuerdraht einspeist. Diese Schaltung wird als „Flip-Flop“ bezeichnet. Dies ist einer der wichtigsten Bausteine eines Computers. Milliarden und Abermilliarden von Flip-Flops werden verwendet, um Informationen im Computerspeicher zu speichern.

### Wie sehen Bits in einer Programmiersprache aus?

Wenn Bits zum Speichern von Informationen verwendet werden, sind sie wie Variablen in einer Programmiersprache. Natürlich speichert ein Bit nicht viele Informationen, nur eine 1 oder 0. Aber wenn Sie mehrere Bits zu einer Variablen kombinieren, können sie Zahlen, Buchstaben oder ... irgendetwas anderes darstellen.

Bits fungieren auch als der grundlegendste aller Programmierbefehle: die 'if'-Anweisung. Sie können sich ein einzelnes Bit wie folgt vorstellen:

Wenn (`bit.richtung = rechts`) Dann

```
    kugel.links_schicken()
```

Sonst

```
    kugel.rechts_schicken()
```

# Rätsel 8: Depolarisation



(Seite 26 im Rätselbuch)

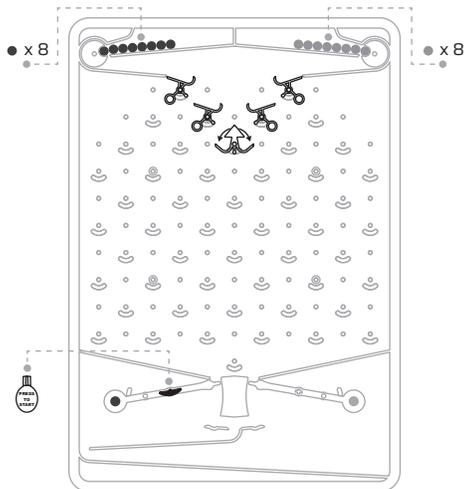
## Rätsel 8: Depolarisation

**Ziel:** Erstelle das Muster blau, rot, blau, rot, blau, rot...

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsordnung



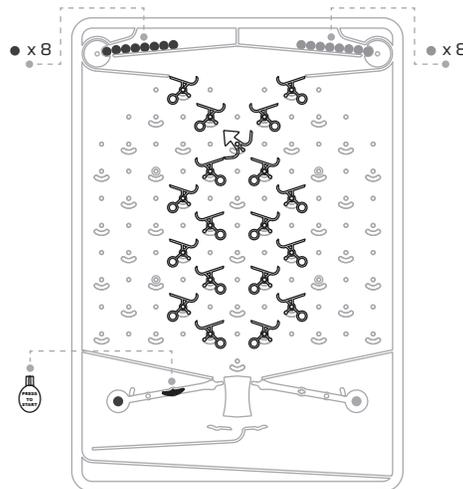
### Vorhandene Teile



x 14

## Rätsel 8 Lösung

**Erläuterung:** Ein Bit wird verwendet, um die Farbe der ausgelösten Kugeln zu ändern.



## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Bits sind mechanische Versionen der elektrischen Schalter in Computern. In Computern bestimmen die elektrischen Schalter den Pfad des Stromflusses. In Turing Tumble bestimmt die Richtung eines Bits, in welche Richtung eine Kugel fällt. Wenn ein Bit nach links zeigt, fällt die Kugel nach rechts. Wenn ein Bit nach rechts zeigt, fällt die Kugel nach links. Die Bits in Turing Tumble sind jedoch etwas kniffliger als Computerchip-Schalter, da sie jedes Mal die Richtung ändern, wenn eine Kugel sie passiert.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Die Ausgangsposition des Bits ist sehr wichtig. Wenn ein Bit nach links zeigt, fällt die Kugel nach rechts. Wenn das Bit nach rechts zeigt, fällt die Kugel nach links. Bei diesem Rätsel müssen die Spieler die Ausgangsposition des Bits wählen.

- Wenn eine Kugel das Bit passiert, bleibt das Bit in die neue Richtung ausgerichtet. Das ist anders als bei den Fallzielen, die ein Gegengewicht haben, das sie in ihre ursprüngliche Position zurückdreht.

### **Mögliche Hindernisse:**

- Das Symbol des Bits in der „Ausgangsanzordnung“ zeigt nach oben, aber mit zwei geschwungenen Pfeilen darüber, die nach links und rechts zeigen. Das zeigt an, dass der Spieler die Startrichtung des Bits *wählen* muss.
- Ermuntern Sie die Spieler, mit dem Finger über die Teile zu fahren und zu beobachten, wie das Gegengewicht der Fallziele im Vergleich zu dem sich drehenden und in die neue Richtung zeigenden Bit funktioniert.

# Rätsel 9: Dimere

(Seite 27 im Rätselbuch)



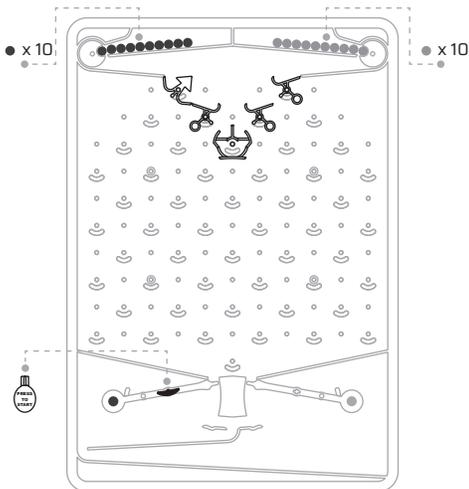
## Rätsel 9: Dimere

**Ziel:** Erstelle das Muster blau, blau, rot, blau, blau, rot...

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsanzordnung



### Vorhandene Teile

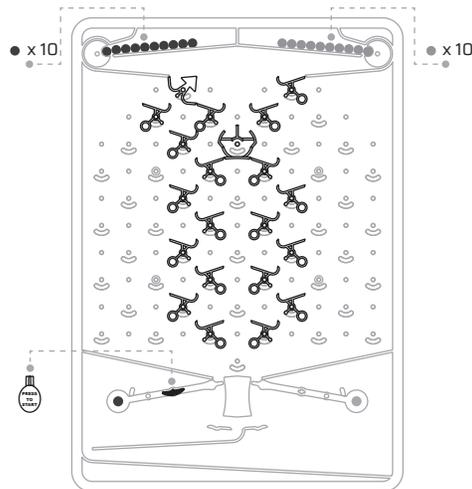


x 18

## Rätsel 9 Lösung

**Erläuterung:** Das Bit sorgt dafür, dass jede zweite blaue Kugel eine rote Kugel auslöst, aber jede rote Kugel eine blaue Kugel.

Sehen Sie, wie das Bit den Pfad der blauen Kugeln in zwei Richtungen aufteilt? Dies ist in den kommenden Rätseln sehr wichtig!



## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Bits sind mechanische Versionen der elektrischen Schalter in Computern. In Computern bestimmen die elektrischen Schalter den Pfad des Stromflusses. In Turing Tumble bestimmt die Richtung eines Bits, in welche Richtung eine Kugel fällt. Wenn ein Bit nach links zeigt, fällt die Kugel nach rechts. Wenn ein Bit nach rechts zeigt, fällt die Kugel nach links. Die Bits in Turing Tumble sind jedoch etwas kniffliger als Computerchip-Schalter, da sie jedes Mal die Richtung ändern, wenn eine Kugel sie passiert.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Die Ausgangsposition des Bits ist sehr wichtig. Bei diesem Rätsel wird die Startposition des Bits für den Spieler ausgewählt: Es muss nach rechts zeigen. Da das Bit nach rechts zeigt, fällt die Kugel nach links.

- Wenn eine Kugel das Bit passiert, bleibt das Bit in die neue Richtung ausgerichtet. Das ist anders als bei den Fallzielen, die ein Gegengewicht haben, das sie in ihre ursprüngliche Position zurückdreht.
- Die Ausgangsanordnung gibt auch an, wie viele Kugeln oben beginnen sollen. Dies ist das erste Rätsel, bei dem jeweils zehn statt acht Kugeln verwendet werden.
- Das Bit und die Kreuzung ermöglichen zusammen ein komplizierteres Muster, da Sie die Kugeln in drei verschiedene Richtungen leiten können, wenn sie von oben fallen.

### **Mögliche Hindernisse:**

- Das Symbol des Bits in der „Ausgangsanordnung“ zeigt nach rechts. Die Spieler können die Startposition des Bits in diesem Rätsel NICHT selbst wählen. Es muss beim Start nach rechts zeigen.
- Dies ist das erste Mal, dass Spieler das Bit und die Kreuzung zusammen verwenden. Es kann einen Moment dauern, über den Pfad nachzudenken, den die Kugel nehmen wird, wenn das Bit nach rechts zeigt (Startposition) und nicht nach links. Ermuntern Sie die Spieler, mit ihren Fingern den Pfad zu verfolgen, den die Kugeln nehmen werden.

# Rätsel 10: Doppelbindung

(Seite 28 im Rätselbuch)



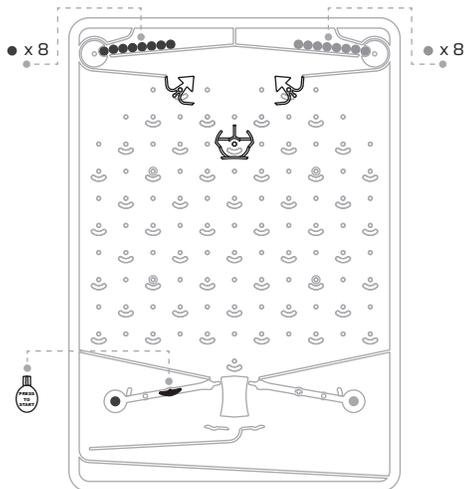
## Rätsel 10: Doppelbindung

**Ziel:** Erstelle das Muster blau, blau, rot, rot, blau, blau, rot, rot...

**Erwartetes Ergebnis:**



### Ausgangsordnung



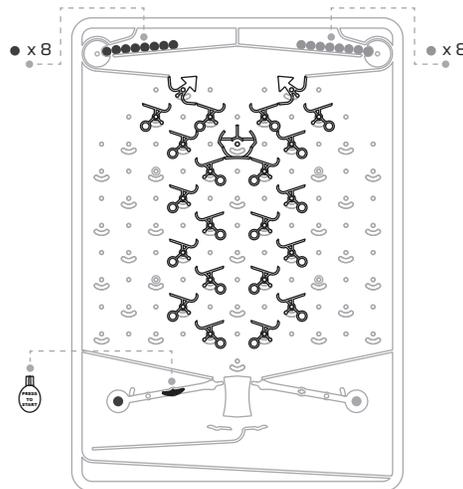
### Vorhandene Teile



x 22

## Rätsel 10 Lösung

**Erläuterung:** Dieses Mal befinden sich Bits im Pfad sowohl der roten als auch der blauen Kugel. Die Bits bewirken, dass nur jede zweite Kugel auf die andere Seite des Bretts gelangt.



## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Bits sind mechanische Versionen der elektrischen Schalter in Computern. In Computern bestimmen die elektrischen Schalter den Pfad des Stromflusses. In Turing Tumble bestimmt die Richtung eines Bits, in welche Richtung eine Kugel fällt. Wenn ein Bit nach links zeigt, fällt die Kugel nach rechts. Wenn ein Bit nach rechts zeigt, fällt die Kugel nach links. Die Bits in Turing Tumble sind jedoch etwas kniffliger als Computerchip-Schalter, da sie jedes Mal die Richtung ändern, wenn eine Kugel sie passiert.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Die Ausgangsposition des Bits ist sehr wichtig. Bei diesem Rätsel werden die Startpositionen der Bits für den Spieler ausgewählt.
- Wenn eine Kugel das Bit passiert, bleibt das Bit in die neue Richtung ausgerichtet. Das ist anders als bei den Fallzielen, die ein Gegengewicht haben, das sie in ihre ursprüngliche Position zurückdreht.

- Die Ausgangsanordnung gibt auch an, wie viele Kugeln oben beginnen sollen. Bei diesem Rätsel müssen die Spieler wieder acht von jeder Kugel verwenden.
- Zwei Bits ermöglichen ein komplizierteres Muster, da die Spieler die Kugeln in vier verschiedene Richtungen leiten können, wenn sie von oben fallen.

### **Mögliche Hindernisse:**

- Die Symbole des Bits in der „Ausgangsanordnung“ zeigen, dass eines nach rechts und eines nach links zeigt. Die Spieler können die Startposition des Bits in diesem Rätsel NICHT selbst wählen.
- Während es oben vier Pfade für die Kugeln gibt, brauchen die Spieler unten nur zwei Pfade: einen Pfad, um den linken (blauen) Hebel auszulösen, und einen Pfad, um den rechten (roten) Hebel auszulösen.

# Rätsel 11: Selektivität

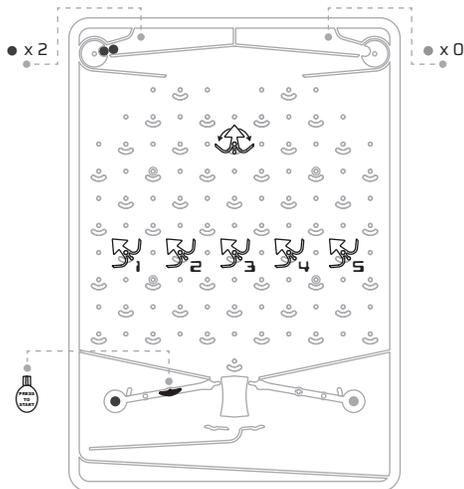


(Seite 29 im Rätselbuch)

## Rätsel 11: Selektivität

**Ziel:** Drehe die Bits 2 und 5 nach rechts.

### Ausgangsordnung



### Vorhandene Teile

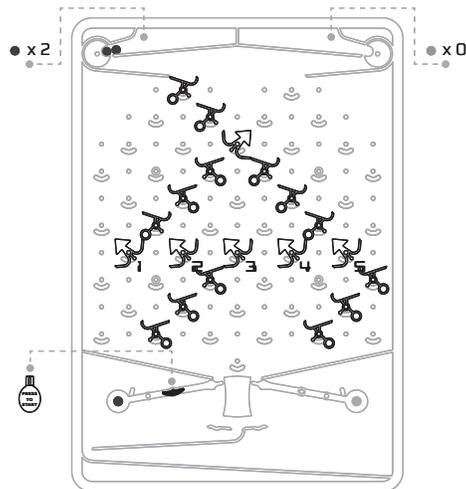


x 15

23

## Rätsel 11 Lösung

**Erläuterung:** Das obere Bit teilt den Pfad der blauen Kugeln. Ein Pfad führt zu Bit 2 und der andere Pfad führt zu Bit 5.



23

## Das lernen die Spieler über Computerlogik:

- Bits sind mechanische Versionen der elektrischen Schalter in Computern. In Computern bestimmen die elektrischen Schalter den Pfad des Stromflusses. In Turing Tumble bestimmt die Richtung eines Bits, in welche Richtung eine Kugel fällt. Wenn ein Bit nach links zeigt, fällt die Kugel nach rechts. Wenn ein Bit nach rechts zeigt, fällt die Kugel nach links. Die Bits in Turing Tumble sind jedoch etwas kniffliger als Computerchip-Schalter, da sie jedes Mal die Richtung ändern, wenn eine Kugel sie passiert.

## Das lernen die Spieler über das Spiel:

- Die Ausgangsanordnung gibt auch an, wie viele Kugeln oben beginnen sollen. Bei diesem Rätsel verwenden die Spieler nur zwei blaue Kugeln.
- Die Ausgangsposition des Bits ist sehr wichtig. Wenn ein Bit nach links zeigt, fällt die Kugel nach rechts. Wenn das Bit nach rechts zeigt, fällt die Kugel nach links. Bei diesem Rätsel wählen die Spieler die Startposition des oberen Bits. Die Startposition der Bits 1 bis 5 ist links.

- Die Spieler müssen die Kugeln nicht durch jedes Teil des Spielbretts laufen lassen.

### **Mögliche Hindernisse:**

- Die Ausgangsanordnung gibt auch an, wie viele Kugeln oben beginnen sollen. Bei diesem Rätsel verwenden die Spieler nur zwei blaue Kugeln.
- Dieses Rätsel hat Teile in der Ausgangsanordnung, welche die Kugeln niemals passieren werden.