

## Informationsmaterial zum Rechentrainingsprogramm



Evaluationsstudie der Universität Potsdam in Zusammenarbeit mit der  
Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychotherapie und  
Psychosomatik der DRK Kliniken Berlin / Westend



Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung  
(BMBF)

## Einführung in das Trainingsprogramm

Calcularis ist eine neue Trainings-Software zur Verbesserung von Zahlenverständnis und Rechenfertigkeiten. Es eignet sich insbesondere für Kinder, die beim Rechnenlernen Schwierigkeiten haben. Calcularis ist eine Weiterentwicklung des Programms „Rette Calcularis“, dessen Effektivität bereits in einer Studie wissenschaftlich nachgewiesen wurde (Kucian et al., 2011). Das Training verbessert die Entwicklung der Zahlenraumvorstellung, es erleichtert das arithmetische Denken und entlastet das Arbeitsgedächtnis.

Das Konzept von Calcularis basiert auf aktuellen neurowissenschaftlichen Erkenntnissen der Zahlenverarbeitung sowie der mathematischen Entwicklung bei Kindern (Triple-Code-Modell, Dehaene, 1992; Vier-Stufen-Entwicklungsmodell, von Aster & Shalev, 2007).

Die Struktur dieses Trainings ist strikt hierarchisch nach drei grösser werdenden Zahlenräumen aufgebaut (0-10, 0-100, 0-1000). Jeder Zahlenraum umfasst zwei Bereiche:

1. **Zahlendarstellung und -verständnis:** In jedem Zahlenraum muss immer zuerst das numerische Verständnis gebildet werden. Von der konkreten Darstellung ausgehend, wird dabei zuerst die Zahlwort-Darstellung, dann die arabische Schreibweise und schliesslich noch die Darstellung der Zahl auf dem Zahlenstrahl eingeführt. Zusätzlich zu diesen verschiedenen Repräsentationen, wird in diesem Bereich auch das Verständnis von Zahlen gefördert. Eine Zahl kann als Kardinalzahl (Anzahl von Objekten), als Ordinalzahl (Position in einer Reihe) oder als Relationalzahl (Beziehung zwischen zwei Zahlen) verstanden werden. Diese drei Aspekte werden eingeführt und mit verschiedenen Spielen vertieft.
2. **Arithmetische Operationen:** Mathematisches Verständnis bedeutet nicht nur, die verschiedenen Zahlenrepräsentation zu kennen, sondern auch, Operationen (z.B. Additionen und Subtraktionen) mit Zahlen durchzuführen. Die Schwierigkeit der gestellten Aufgaben ist dabei von verschiedenen Komponenten abhängig. Einerseits ist das die numerische Grösse der Zahlen, andererseits hängt die Schwierigkeit aber auch davon ab, wie die Aufgabe präsentiert wird (Zahlendarstellung) und ob Hilfsmittel zur Lösung verwendet werden können. Im Bereich arithmetische Operationen, werden also nicht nur Operationen mit Zahlen geübt; es findet gleichzeitig eine Vertiefung und Automatisierung der verschiedenen Zahlendarstellungen sowie des Zahlenverständnisses statt.

Für beide Bereiche gibt es passende Spiele, jeweils ein sogenanntes Hauptspiel und die Unterstützungsspiele. Die Letztgenannten sind Vorläuferspiele für die Hauptspiele, sie trainieren Fähigkeiten, die in den Hauptspielen benötigt werden.

Alle Kinder beginnen das Training mit dem einfachsten Spiel im Zahlenraum von 0-10. Je nach Fähigkeiten erarbeitet sich dann jedes Kind mit seiner eigenen Geschwindigkeit den nächsten Schwierigkeitsgrad. Da eine Fähigkeit jeweils mehrere Vorgänger- und Nachfolgerfähigkeiten hat, gibt es verschiedene Möglichkeiten für den nächsten Aufgabentyp bzw. für einfachere

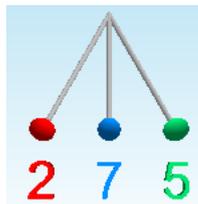
Aufgabenstellungen. Auf diese Art und Weise ist der Spielablauf an das Kind angepasst und für jedes Kind verschieden.

Eine wichtige Eigenschaft ist der Einbau von Wiederholungen. Einfachere Fähigkeiten werden immer wieder repetiert, damit sie gefestigt werden. Da verschiedene Fähigkeiten durch verschiedene Aufgaben trainiert werden, erhöht diese Repetition zusätzlich auch die Variation der Aufgaben und damit die Flexibilität aber auch die Motivation. Die Repetitionen werden jeweils zufällig während des Trainings an einem Spiel eingestellt.

### Darstellung der Zahlen

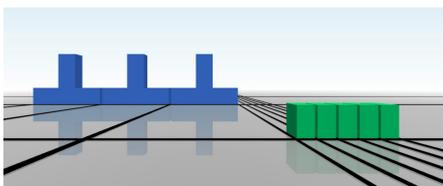
In allen Spielen, egal ob Haupt- oder Unterstützungsspiel wird eine einheitliche, konsistente Zahlendarstellung verwendet. Diese Zahlendarstellung betont gezielt die unterschiedlichen Repräsentationen von Zahlen. Verschiedene Eigenschaften von Zahlen werden dabei durch Farben, Formen sowie die Topologie codiert. Diese Codierung von Eigenschaften über verschiedene sensorische Merkmale erleichtert das Erlernen der Zahlenrepräsentationen und fördert das Zahlenverständnis.

Die Positionen des Dezimalsystems (1, 10, 100) werden durch Farben verschlüsselt. Dieser Effekt wird durch einen zusätzlichen Zahlengraph verstärkt (Abbildung 1). Jede einzelne Ziffer einer Zahl hängt an einem eigenen Ast dieses Zahlengraphs. Durch diese Repräsentation soll die Entwicklung der arabischen Notation sowie die Übersetzung zwischen Zahlwort und Arabischer Schreibweise gefördert werden.

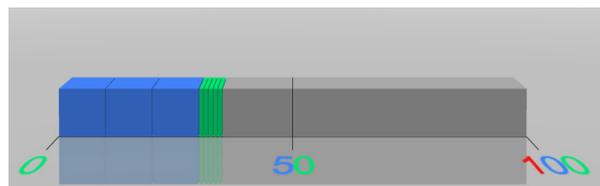


**Abbildung 1:** Repräsentation der Zahl 275 mit Farbe und Topologie.

Die Grösse einer Zahl wird auf zwei verschiedene Arten codiert. Die Zahl wird einerseits als Zusammensetzung von Blöcken verschiedener Farben, d.h., als eine Komposition von Einer-, Zehner- und Hunderterblöcken dargestellt (Abbildung 2). Diese Darstellung zeigt, dass eine Zahl immer als Zusammensetzung anderer Zahlen gesehen werden kann und betont das Dezimalsystem. Die Blöcke sind jeweils von links nach rechts angeordnet, um eine Verbindung zur räumlichen Zahlenrepräsentation (Zahlenstrahl) herzustellen. Eine zweite Codierung der Grösse erfolgt durch die Darstellung der Zahl direkt auf dem Zahlenstrahl. Die farbigen Blöcke werden dabei in den Zahlenstrahl integriert (Abbildung 3).



**Abbildung 2:** Repräsentation der Zahl 35 mit farbigen Blöcken.



**Abbildung 3:** Räumliche Repräsentation der Zahl 35 auf dem Zahlenstrahl

## Beschreibung der Trainingsspiele

Die folgenden Abschnitte dienen der Beschreibung der Spiele und geben Hinweise zur Bearbeitung der Aufgaben. Zunächst werden die Spiele zum Bereich Zahlendarstellung und -verständnis vorgestellt und anschließend jene der Arithmetischen Operationen.

---

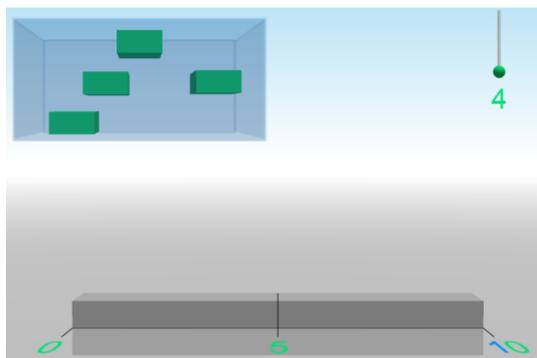
### Blitzlicht

---

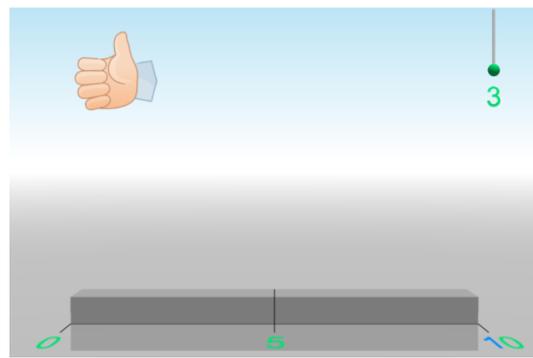
In diesem Spiel soll eine Zahl zwischen 1 und 4 simultan erfasst werden (das heißt, ohne zu zählen). Gegeben ist eine Zahl in ihrer geschriebenen Form. Die Zahl und der Zahlenbaum werden in der rechten oberen Ecke des Bildschirms angezeigt. Gleichzeitig wird die Zahl auch laut vorgesprochen. Auf der linken Seite des Bildschirms "blinkt" nun die zu erfassende Anzahl auf, davon gibt es zwei Spieltypen.

Im ersten Spieltyp wird auf der linken Seite eine Box angezeigt. In dieser Box blinken nun verschiedene Mengen von grünen Einerblöcken für kurze Zeit auf (Abbildung 1) und verschwinden dann wieder. Sobald die Anzahl der Einerblöcke der gegebenen Zahl entspricht, muss gestoppt werden. Dies kann entweder durch Drücken der Enter-Taste oder durch Mausklick auf das Fenster gemacht werden.

Im zweiten Spieltyp blinkt auf der linken Seite eine Hand auf, die eine bestimmte Anzahl von Fingern für kurze Zeit anzeigt (Abbildung 2) und verschwindet dann wieder. Sobald die Anzahl der gezeigten Finger der gegebenen Zahl entspricht, muss gestoppt werden. Dies kann ebenso durch Drücken der Enter-Taste oder durch Mausklick auf das Fenster gemacht werden.



**Abbildung 1:** In der Box auf der linken Seite blinken Einerblöcke auf. Sobald die Anzahl der Einerblöcke der Zahl auf der rechten Seite entspricht, muss gestoppt werden.



**Abbildung 2:** Auf der linken Seite werden Fingerbilder gezeigt (hier die 1). Sobald die Anzahl der gezeigten Finger der Zahl auf der rechten Seite entspricht, muss gestoppt werden.

---

## Transfer

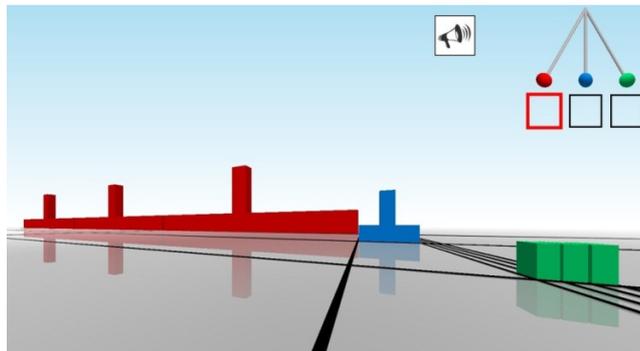
---

In diesem Spiel sollen Zahlen von einer Repräsentation in eine andere Repräsentation übersetzt werden. Für dieses Spiel existieren drei verschiedene Spieltypen, die sich durch den Schwierigkeitsgrad und die Übersetzungsrichtung unterscheiden.

### *Spieltyp 1: Block - geschrieben*

In diesem Spieltyp wird eine Zahl durch Blöcke vorgegeben und zusätzlich laut vorgesprochen, gesucht ist die Zahl in ihrer geschriebenen (Arabischen) Form.

Die gegebene Zahl wird durch Blöcke repräsentiert (Abbildung 1). Die Blöcke zeigen die Aufteilung der Zahl in Hunderter, Zehner und Einer. Hunderterblöcke sind rot, Zehnerblöcke sind blau und die Einerblöcke sind grün. Die Zahl wird gleichzeitig auch laut vorgesprochen. Um die Zahl nochmals zu hören, kann auf die Schaltfläche mit dem Lautsprecherbild geklickt werden. Die gesuchte Zahl in geschriebener Form kann ganz einfach in die leeren Felder in der rechten oberen Ecke des Bildschirms eingetippt werden. Die jeweils als nächste einzugebende Ziffer ist dabei farblich markiert. Das Resultat muss dann durch Drücken der Enter-Taste bestätigt werden. Sofort erfolgt ein Feedback, zusätzlich wird die Zahl auf dem Zahlenstrahl angezeigt.

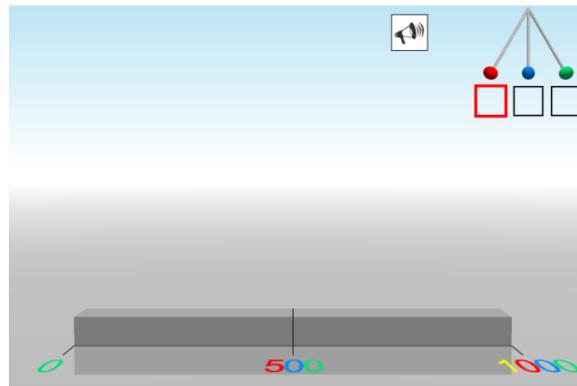


**Abbildung 1:** Gegeben ist eine Zahl repräsentiert durch Blöcke. In dieser Aufgabe ist das die Zahl 313 (3 Hunderterblöcke, 1 Zehnerblock, 3 Einerblöcke).

### *Spieltyp 2: gesprochen - geschrieben*

In diesem Spieltyp wird die gegebene Zahl laut vorgesprochen, gesucht ist die Zahl in ihrer geschriebenen Form.

Die gegebene Zahl wird laut vorgesprochen. Um die Zahl nochmals zu hören, kann auf die Schaltfläche mit dem Lautsprecherbild geklickt werden. In der rechten oberen Ecke des Bildschirms befindet sich ein Zahlenbaum, der einen Hinweis auf die Anzahl der Stellen der gegebenen Zahl gibt (Abbildung 2). Gesucht ist wieder die Zahl in ihrer geschriebenen Form. Diese kann ganz einfach in die leeren Felder in der rechten oberen Ecke des Bildschirms eingetippt werden. Die jeweils als nächste einzugebende Ziffer ist dabei farblich markiert. Das Resultat muss dann durch Drücken der Enter-Taste bestätigt werden. Sofort erfolgt ein Feedback, zusätzlich wird die Zahl auf dem Zahlenstrahl angezeigt.

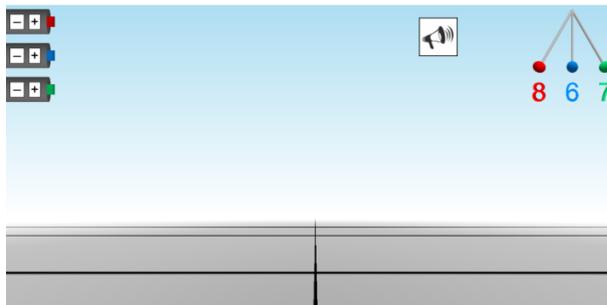


**Abbildung 2:** Die gesuchte Zahl wird nur noch laut vorgesprochen. Die Lösung kann in den gegebenen Zahlenbaum getippt werden.

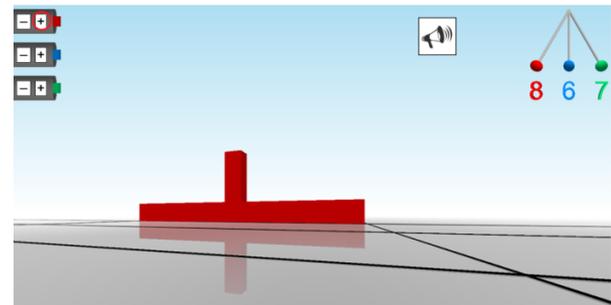
### *Spieltyp 3: geschrieben - Block*

In diesem Spieltyp wird die Zahl in ihrer geschriebenen Form gegeben sowie zusätzlich auch laut vorgesprochen, gesucht ist die Darstellung der Zahl durch Blöcke.

Die Zahl ist in der rechten oberen Ecke des Bildschirms in ihrer geschriebenen Form gegeben. Die Zahl wird gleichzeitig auch laut vorgesprochen. Gesucht ist die Darstellung der Zahl durch Blöcke, das heißt, die Zahl soll in Hunderter, Zehner und Einer aufgeteilt werden. Auf der linken Seite des Bildschirms befinden sich drei Röhren mit Plus- und Minuszeichen. Eine grüne Röhre (für die Einer), eine blaue Röhre (für die Zehner) und eine rote Röhre (für die Hunderter) (Abbildung 3). Um einen Block einer bestimmten Stelle hinzuzufügen, muss mit der Maus auf das Pluszeichen der entsprechenden Röhre geklickt werden. Soll beispielweise ein Zehnerblock hinzugefügt werden, so muss auf das Pluszeichen der blauen Röhre geklickt werden (Abbildung 4). Durch Klicken auf das Minuszeichen können Würfel wieder weggenommen werden. Sobald die Zahl mit Hunderter-, Zehner- und Einerblöcken gebaut wurde, muss das Resultat durch Drücken der Enter-Taste bestätigt werden. Wieder erfolgt sofort ein Feedback. Bei einer falschen Lösung wird die Aufgabe vom Computer vorgelöst.



**Abbildung 3:** Die Zahl 867 soll aus Hunderter-, Zehner- und Einerblöcken gebaut werden. Dazu können die Röhren mit den Plus- und Minuszeichen verwendet werden.



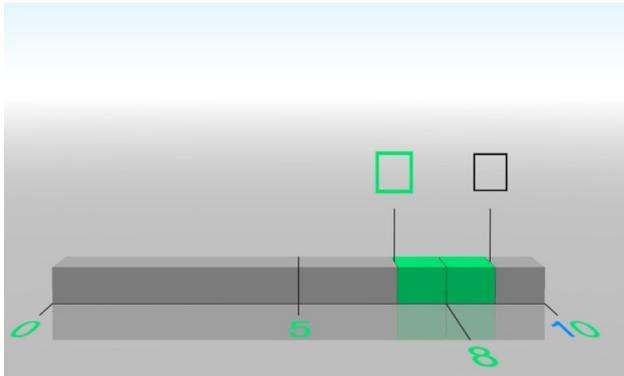
**Abbildung 4:** Durch Klicken auf das Pluszeichen der roten Röhre, kann ein Hunderterblock hinzugefügt werden.

---

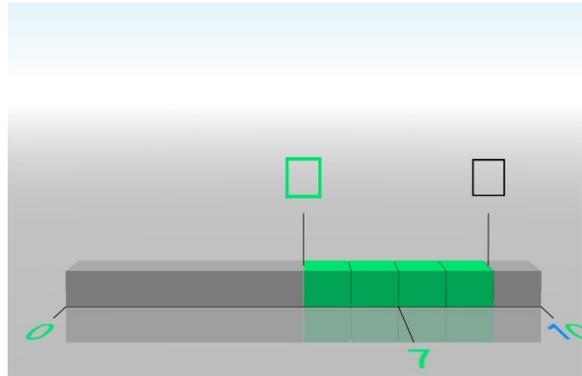
## Abstand

---

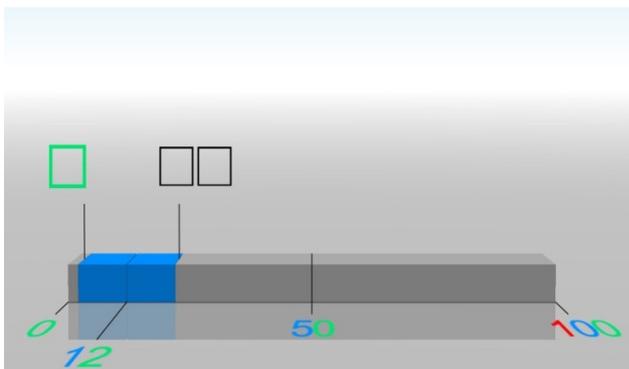
In diesem Spiel sollen direkte und indirekte Vorgänger und Nachfolger einer Zahl gefunden werden. Im Zehnerraum (Zahlenstrahl von 0-10) muss  $\pm 1$ ,  $\pm 2$  oder  $\pm 3$  gerechnet werden (Abbildung 1+2). Im Hunderterraum (Zahlenstrahl von 0-100) muss  $\pm 10$ ,  $\pm 20$  oder  $\pm 30$  gerechnet werden (Abbildung 3+4). Im Tausenderraum (Zahlenraum von 0-1000) muss  $\pm 100$ ,  $\pm 200$  oder  $\pm 300$  gerechnet werden (Abbildung 5+6).



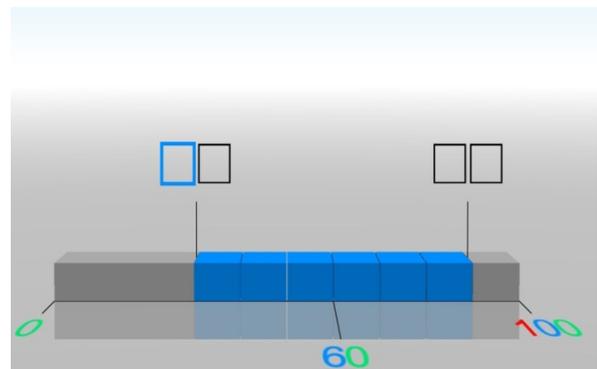
**Abbildung 1:** In dieser Aufgabe ist die Vorgängerzahl (7) und die Nachfolgerzahl (9) der Zahl 8 gesucht. Die beiden grünen Einerwürfel rechts und links von der gegebenen Zahl zeigen, dass  $\pm 1$  gerechnet werden soll.



**Abbildung 2:** In dieser Aufgaben sollen eine um zwei kleinere Zahl als 7 (Ergebnis = 5) und eine um zwei größer Zahl als 7 (Ergebnis = 9) gefunden werden. Rechts und links von der gegebenen Zahl sind je zwei grüne Einerwürfel dargestellt, es soll  $\pm 2$  gerechnet werden



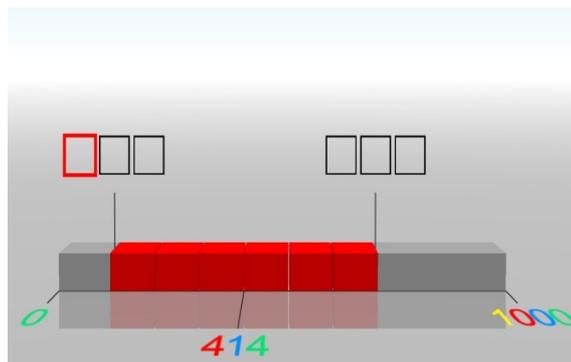
**Abbildung 3:** In dieser Aufgabe ist die um 10 kleinere (Ergebnis = 2) und die um 10 größere Zahl (Ergebnis = 22) als die Zahl 12 gesucht. Die beiden blauen Zehnerblöcke rechts und links von der gegebenen Zahl zeigen, dass  $\pm 10$  gerechnet werden soll.



**Abbildung 4:** In dieser Aufgaben sollen eine um dreissig kleinere Zahl als 60 (Ergebnis = 30) und eine um dreissig größere Zahl als 60 (Ergebnis = 90) gefunden werden. Rechts und links von der gegebenen Zahl sind je drei blaue Zehnerblöcke dargestellt, es soll  $\pm 30$  gerechnet werden.

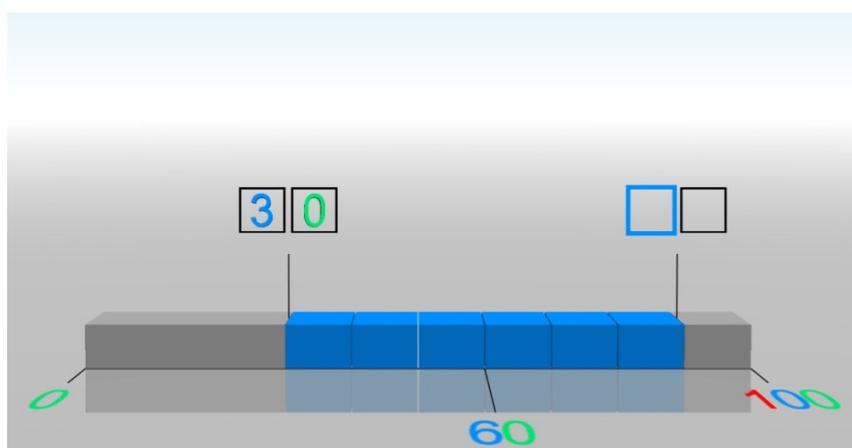


**Abbildung 5:** In dieser Aufgabe ist die um 100 kleinere (Ergebnis = 691) und die um 100 größere Zahl (Ergebnis = 891) als die Zahl 791 gesucht. Die beiden roten Hunderterblöcke rechts und links von der gegebenen Zahl zeigen, dass +/- 100 gerechnet werden soll.



**Abbildung 6:** In dieser Aufgabe soll eine um 300 kleinere Zahl (Ergebnis = 114) und eine um dreihundert größere Zahl als 414 (Ergebnis = 714) gefunden werden. Rechts und links von der gegebenen Zahl sind je drei rote Hunderterblöcke dargestellt. Es soll +/-300 gerechnet werden.

Die gegebene Zahl ist direkt auf dem Zahlenstrahl beschriftet. Die gesuchten Vorgänger- und Nachfolgerzahlen sind am Zahlenstrahl mit leeren Feldern beschriftet. Die gesuchten Zahlen können nun direkt in die gegebenen Felder eingetippt werden. Die jeweils als nächste einzugebende Ziffer wird farbig markiert (Abbildung 7). Das Resultat muss wiederum durch Drücken der Enter-Taste bestätigt werden. **Achtung:** Die Enter-Taste darf erst gedrückt werden, wenn das Resultat vollständig eingetippt wurde. Nach Bestätigung des Resultats erfolgt ein sofortiges Feedback.



**Abbildung 7:** Beispielaufgabe im Hunderterraum. Die gesuchte Vorgängerzahl wurde schon eingegeben. Als nächste Ziffer muss die Zehnerstelle des Nachfolgers eingetippt werden.

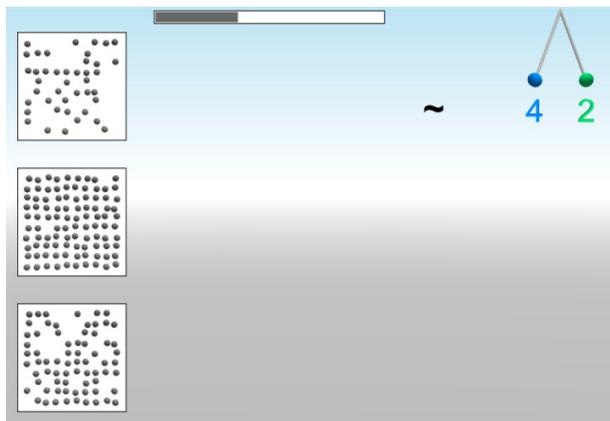
---

## Schätzen

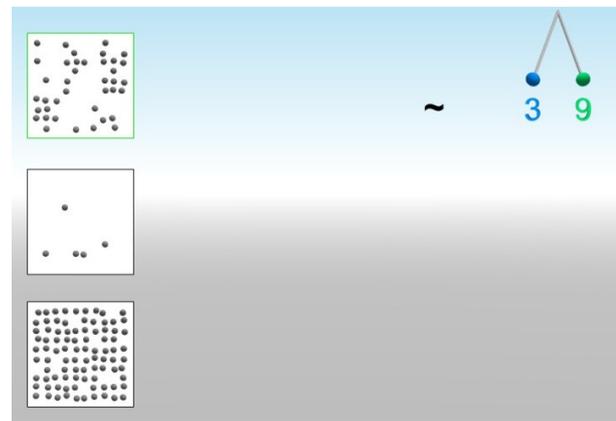
---

In diesem Spiel soll die Anzahl der Punkte in einer Punktemenge geschätzt werden. Gegeben ist in der rechten oberen Ecke des Bildschirms eine Zahl in geschriebener Form. Die Zahl wird zusätzlich auch noch laut vorgesprochen. Auf der linken Seite des Bildschirms werden drei Punktemengen zur Auswahl angezeigt (Abbildung 1). Es soll nun geschätzt werden, welche Punktemenge zu der gegebenen Zahl gehört. Die Zeit zur Lösung der Aufgabe ist dabei begrenzt und wird mit dem Balken in der Mitte des Bildschirms visualisiert. Die Zeit ist abgelaufen, wenn der Balken leer ist.

Die Auswahl der Punktemenge erfolgt durch Mausclick, das heißt, die korrekte Punktemenge kann einfach mit der Maus angeklickt werden. Sobald eine Punktemenge angeklickt wurde, erfolgt ein Feedback. Ist die Lösung korrekt, erhält die Punktemenge einen grünen Rahmen (Abbildung 2). Bei einer falschen Antwort wird der Rahmen rot markiert.



**Abbildung 1:** Beispielaufgabe im Hunderterraum



**Abbildung 2:** Die oberste Punktemenge wurde angeklickt. Da dies die korrekte Lösung ist, wird sie grün umrandet

---

## Reihenfolge

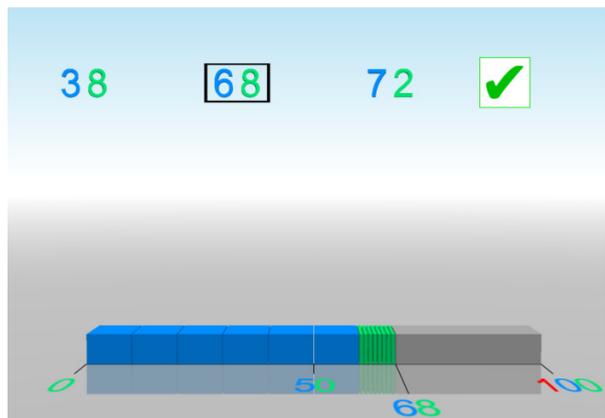
---

In diesem Spiel muss bestimmt werden, ob sich eine angezeigte Zahlensequenz in der richtigen Reihenfolge befindet. Angezeigt werden jeweils drei Zahlen für ca. 6 Sekunden, danach werden die Zahlen ausgeblendet. Rechts von den Zahlen befinden sich zwei Schaltflächen. Eine Schaltfläche mit einem grünen Häkchen und eine Schaltfläche mit einem roten Kreuz.

Ist die Reihenfolge der Zahlen korrekt, so muss die Schaltfläche mit dem grünen Häkchen mit der Maus angeklickt werden, bei einer falschen Reihenfolge soll die Schaltfläche mit dem roten Kreuz angeklickt werden. Sofort nach dem Klicken erfolgt ein Feedback über die Korrektheit der Lösung. Zusätzlich wird die korrekte Reihenfolge der Zahlen auf dem Zahlenstrahl angezeigt (Abbildung 2).



**Abbildung 1:** Anzeige einer Zahlensequenz im Hunderterraum



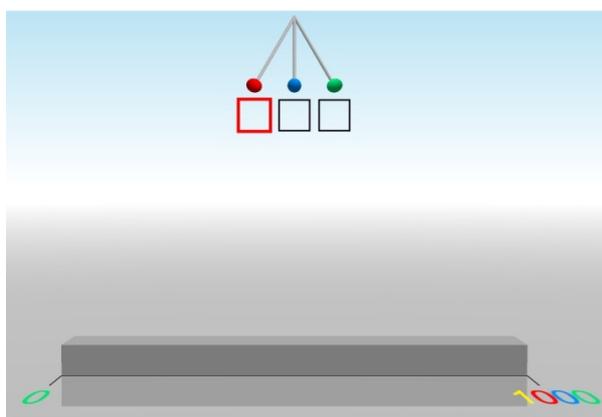
**Abbildung 2:** Anzeige der korrekten Reihenfolge auf dem Zahlenstrahl

### Geheimzahl

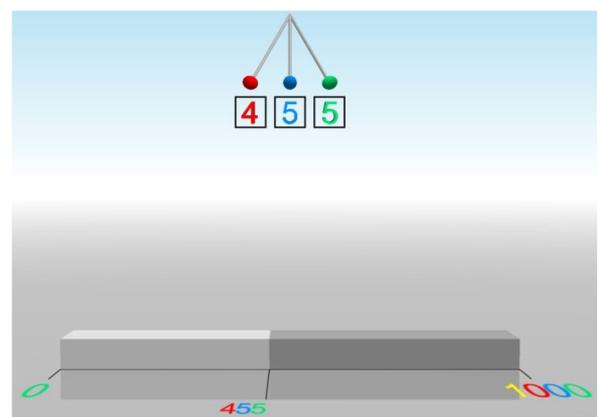
In diesem Spiel generiert der Computer eine Geheimzahl, die erraten werden muss. Die Geheimzahl befindet sich jeweils innerhalb eines gegebenen Intervalls. Im Zehneraum liegt die Zahl zwischen 0 und 10, im Hunderterraum zwischen 0 und 100 und im Tausenderraum zwischen 0 und 1000. Gegeben ist ein Zahlenstrahl, der das gültige Intervall anzeigt, sowie leere Felder zum Eintippen der Zahl (Abbildung 1).

Um eine Zahl zu raten, kann diese einfach in die gegebenen leeren Felder eingetippt werden. Die geratene Zahl muss dann durch Drücken der Enter-Taste bestätigt werden. Danach erfolgt sofort ein Feedback: Der Computer teilt mit, ob die Geheimzahl größer oder kleiner als die geratene Zahl ist. Auf dem Zahlenstrahl wird gleichzeitig das gültige Intervall angepasst (Abbildung 2). Nun kann weiter geraten werden.

Wenn die korrekte Zahl erraten wurde, wird diese auf dem Zahlenstrahl abgebildet.



**Abbildung 1:** Beispielaufgabe im Tausenderraum. Gesucht ist eine dreistellige Zahl.



**Abbildung 2:** Die Zahl 455 wurde geraten. Die Geheimzahl ist jedoch größer als 455. Das Intervall links von der 455 wird als ungültig markiert.

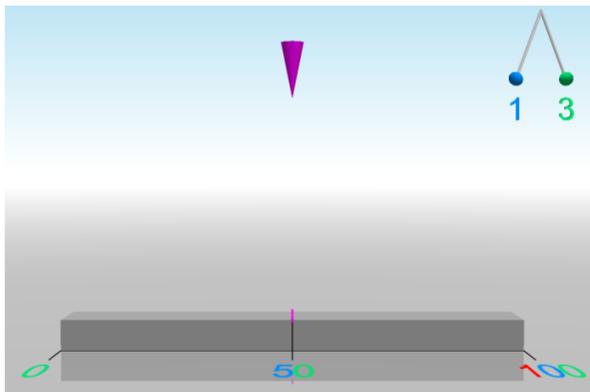
---

## Landung

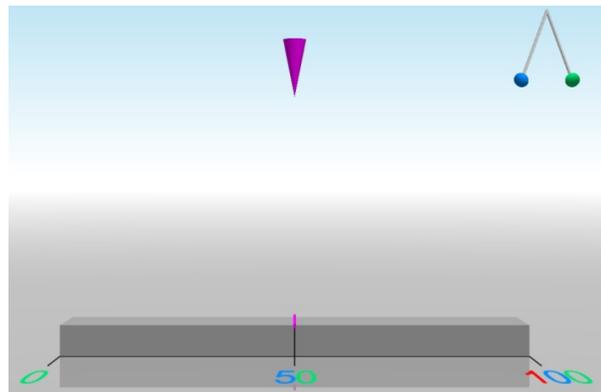
---

Im Spiel "Landung" wird die Zahlenraumvorstellung trainiert. Es bildet das Hauptspiel dieses Bereichs. Ziel ist es, die Position einer Zahl auf dem angezeigten Zahlenstrahl möglichst genau anzugeben. Die Zahl kann dabei in verbaler Notation (gesprochen) oder arabischer Notation (geschrieben) gegeben sein. Das Spiel trainiert also gleichzeitig die Übersetzung zwischen der verbalen bzw. arabischen Notation und der analogen Zahlendarstellung. Als weitere Option kann die Zahl als Punktemenge gegeben sein. Das Kind muss also zuerst die Größe dieser Punktemenge schätzen (kardinales Zahlenverständnis) und dann die Position dieser Anzahl auf dem Zahlenstrahl angeben.

Demnach gibt es drei verschiedene Aufgabentypen. Beim ersten Aufgabentyp ist die gesuchte Zahl in geschriebener Form gegeben (Abbildung 1). Beim zweiten Aufgabentyp wird die gesuchte Zahl laut vorgesprochen (Abbildung 2). Beim dritten Aufgabentyp ist die Zahl in Form einer Punktemenge gegeben (Abbildung 3).

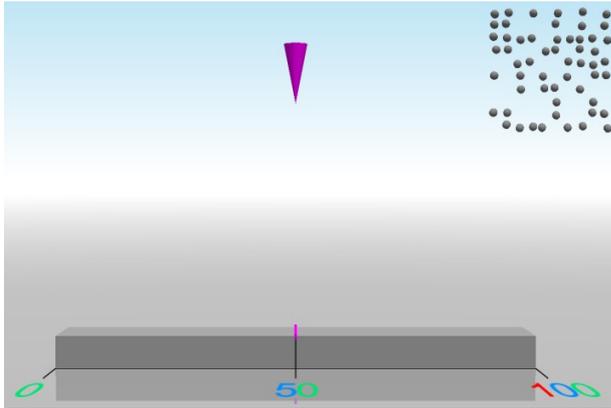


**Abbildung 1:** Die zu landende Zahl ist in der rechten oberen Ecke in geschriebener Form gegeben.

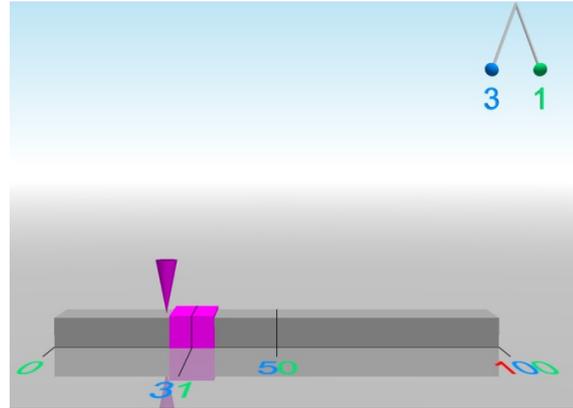


**Abbildung 2:** Die zu landende Zahl wird laut vorgesprochen. Zusätzlich ist in der rechten oberen Ecke der "Zahlenbaum" gegeben, der einen Hinweis auf die Anzahl der Stellen (hier zwei) der Zahl gibt.

Um die Position anzugeben, soll der violette Kegel in der Mitte des Bildschirms auf dem Zahlenstrahl gelandet werden. Der Kegel wird mit Hilfe des Joysticks gesteuert, d.h. mittels des Joysticks kann der Kegel nach links oder rechts bewegt werden. Alternativ lässt sich der Kegel auch über die Pfeiltasten der Tastatur (<- und ->) nach links und rechts steuern. Sobald der Kegel auf dem Zahlenstrahl gelandet ist, wird Feedback über die korrekte Position gegeben. Der violette Bereich auf dem Zahlenstrahl markiert die Region, in der die Aufgabe als korrekt gelöst gewertet wird (Abbildung 4).



**Abbildung 3:** Die zu landende Zahl wird in der rechten oberen Ecke als Punktmenge angezeigt. Die Anzahl der Punkte dieser Menge muss nun geschätzt werden.



**Abbildung 4:** Der violette Bereich markiert die korrekte Region für die Zahl 31, wobei hier das Ziel knapp verfehlt wurde.

Die hier gezeigten Abbildungen zeigen Aufgaben aus dem Hunderterraum (Zahlenstrahl von 0-100). Die Aufgaben im Zehneraum (Zahlenstrahl von 0-10) und im Tausenderraum (Zahlenstrahl von 0-1000) können auf die gleiche Weise gelöst werden.

Die folgenden Spiele gehören zum Bereich der **Arithmetischen Operationen**.

---

### Rechenschieber

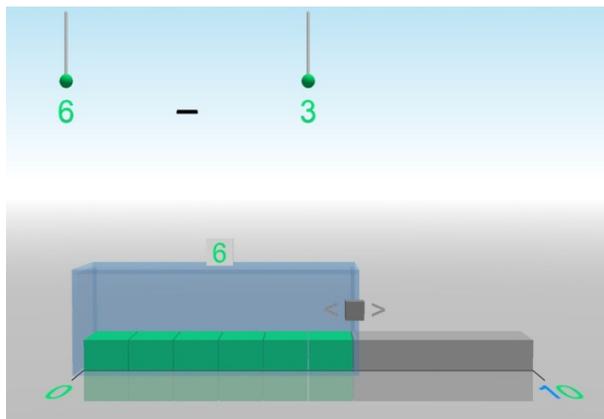
---

Dieses Spiel dient als erste Einführung in die Addition und Subtraktion im Zehnerraum. Gegeben ist eine Rechenaufgabe, die mit Hilfe der grünen Einerwürfel gelöst werden soll (Abbildung 1). Gesucht ist das Resultat der Aufgabe in Form von Einerwürfeln.

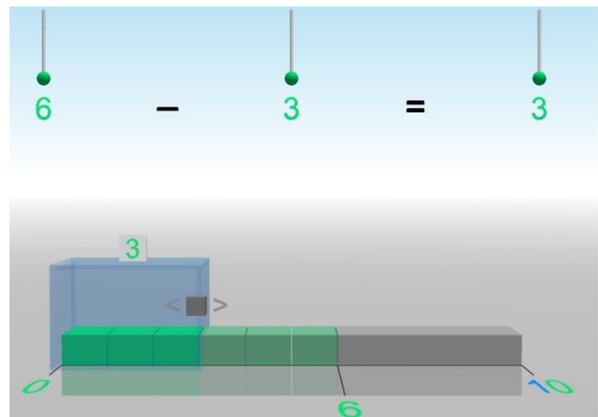
Die Größe der Box auf dem Zahlenstrahl soll so verändert werden, dass sie genau die Anzahl der Würfel enthält, die dem Resultat der gestellten Aufgabe entsprechen. Bei der in Abbildung 1 gezeigten Aufgabe, sollte die Box beispielweise am Ende noch 3 Einerwürfel ( $6-3=3$ ) enthalten. Die Größe der Box kann entweder mit den Pfeiltasten oder durch Mausclicks verändert werden:

- Veränderung der Größe durch Pfeiltasten: Mit den Pfeiltasten (-> und <-) auf der Tastatur kann die Boxgröße verändert werden. Durch Drücken des Pfeils nach rechts, wird die Box um jeweils einen Einer vergrößert. Durch Drücken des Pfeils nach links wird die Box um einen Einerwürfel verkleinert.
- Veränderung der Größe mit der Maus: Durch Klicken auf den grauen Block an der Seite der Box und anschließendes Ziehen der Maus (ohne Loslassen) nach rechts oder links kann die Box vergrößert (Ziehen nach rechts) oder verkleinert (Ziehen nach links) werden.

Sobald die gewünschte Boxgröße erreicht ist, muss das Resultat durch Drücken der Enter-Taste bestätigt werden. Danach erfolgt ein sofortiges Feedback.



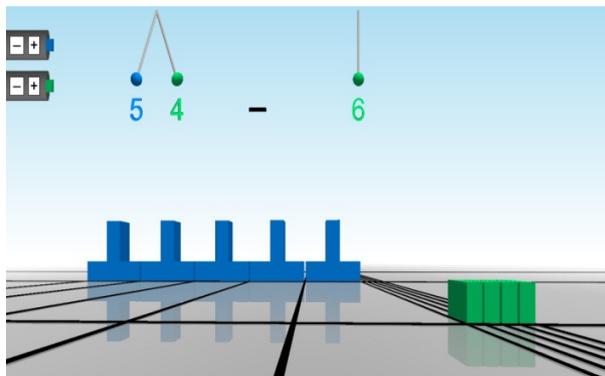
**Abbildung 1:** Beispiel einer Subtraktionsaufgabe.



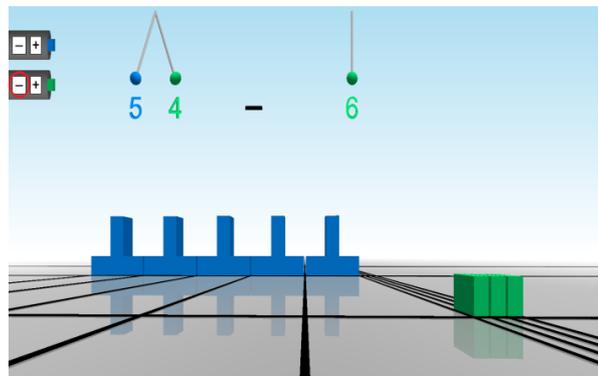
**Abbildung 2:** Korrekte Lösung einer Subtraktionsaufgabe.

In diesem Spiel wird das Verständnis der mathematischen Operationen gefördert. Das Kind hat Blöcke in verschiedenen Farben (100, 10, 1) zur Verfügung. Mithilfe dieser Blöcke löst das Kind die gestellte Additions- oder Subtraktionsaufgabe, das heißt, es "baut" die mathematische Operation mit den Blöcken nach. Dabei sind verschiedene Strategien erlaubt. Eine Aufgabe besteht jeweils aus zwei Teilen.

Im ersten Teil der Aufgabe ist eine Additions- oder Subtraktionsaufgabe gegeben. Die erste Zahl der Aufgabe wird mit Blöcken dargestellt. Auf der linken Seite des Bildschirms befinden sich bis zu drei Röhren mit Plus- und Minuszeichen. Eine rote Röhre (für die Hunderter), eine blaue Röhre (für die Zehner) und eine grüne Röhre (für die Einer). Die Anzahl der Blöcke soll nun der Aufgabe entsprechend verändert werden (Abbildung 1). Lautet die Aufgabe beispielsweise  $54 - 6$ , so müssen sechs Einerblöcke entfernt werden. Um einen Block einer bestimmten Stelle zu entfernen, muss mit der Maus auf das Minuszeichen der entsprechenden Röhre geklickt werden (Abbildung 2). Soll beispielweise ein Zehnerblock entfernt werden, so muss auf das Minuszeichen der blauen Röhre geklickt werden. Durch Klicken auf das Pluszeichen können Würfel hinzugefügt werden. Sobald die Zahl mit Hunderter-, Zehner- und Einerblöcken gebaut wurde, muss das Resultat durch Drücken der Enter-Taste bestätigt werden. Wieder erfolgt sofort ein Feedback. Bei einer falschen Lösung wird die Aufgabe vom Computer vorgelöst. Danach wechselt die Anzeige zum zweiten Teil der Aufgabe.

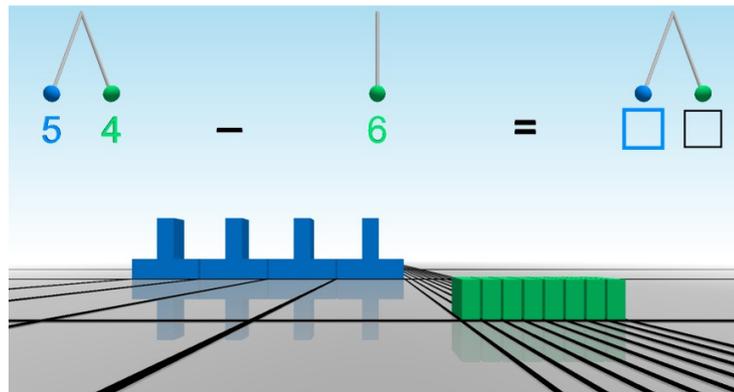


**Abbildung 1:** Beispiel einer Subtraktionsaufgabe im Hunderterraum. Die erste Zahl der Aufgabe, hier die 54, wird schon mit 5 Zehnerblöcken und 4 Einerblöcken angezeigt.



**Abbildung 2:** Durch Klicken auf das Minuszeichen der grünen Röhre, können Einerblöcke weggenommen werden.

Im zweiten Teil ist das Resultat der Aufgabe in seiner geschriebenen Form gesucht. Gegeben sind die Aufgabe sowie ein Zahlenbaum mit leeren Feldern für das Resultat (Abbildung 3). Die resultierende Zahl kann direkt in die gegebenen Felder eingetippt werden. Das Eingabefeld für die nächste Ziffer ist jeweils farbig markiert. Das Resultat muss jeweils mit der Enter-Taste bestätigt werden. Danach wird sofort ein Feedback zur Lösung gegeben.



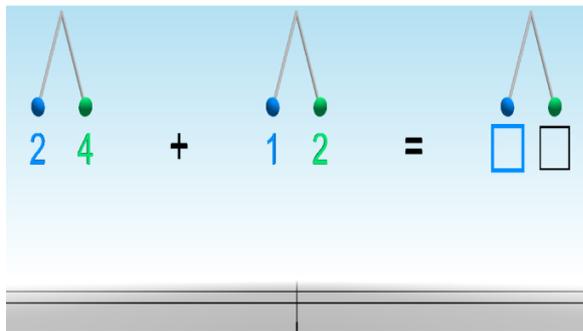
**Abbildung 3:** Im zweiten Aufgabenteil muss das Resultat eingetippt werden.

---

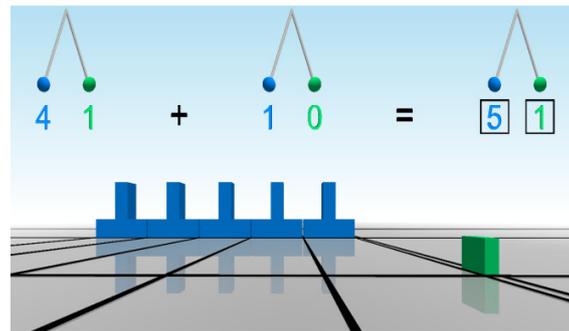
### Rechenmaschine

---

Dies ist das Hauptspiel der arithmetischen Operationen. In diesem Spiel muss das Resultat der angezeigten Aufgabe berechnet werden. Es gibt Additionsaufgaben und Subtraktionsaufgaben (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Beispiel einer Additionsaufgabe im Hunderterraum.



**Abbildung 2:** Lösung einer Additionsaufgabe im Hunderterraum

Das Resultat der Aufgabe kann nun direkt in die leeren Felder eingetippt werden. Das Eingabefeld für die nächste Ziffer ist jeweils farbig markiert. Das Resultat muss jeweils mit der Enter-Taste bestätigt werden. Danach wird sofort ein Feedback zur Lösung gegeben. Ist das eingetippte Resultat falsch, fallen die Ziffern hinunter und das korrekte Resultat wird angezeigt (Abbildung 2).

### Literatur:

1. Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
2. Kucian, K., Grond, U., Rotzer, S., Henzi, B., Schönmann, C., Plangger, F., Gälli, M., Martin, E. & von Aster M (2011). Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *NeuroImage*, 57, 782-795.
3. von Aster, M. G. & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-673.

## Allgemeine Hinweise zum Training

- Das Trainingsprogramm funktioniert nur, wenn der Memory-Stick angeschlossen ist. Darauf ist der aktuelle Trainingsstand des Kindes gespeichert. Daher ist es sehr wichtig, dass jedes Kind immer mit seinem eigenen Stick spielt. Um Verwechslungen zwischen den Kindern zu vermeiden, ist jeder Stick namentlich gekennzeichnet.
- Jedes Kind soll über sechs Wochen fünf Mal wöchentlich mit „Calcularis“ spielen. Das Ziel sind insgesamt 30 Trainingssitzungen mit jeweils 20 Minuten. In Sonderfällen, z.B. Krankheit, können sich diese Sitzungen auch auf bis zu 8 Wochen erstrecken. Jedes Kind erhält eine Trainingsübersicht, auf die für jeden Trainingstag ein Sticker aufgeklebt wird. Wir werden die Sticker wöchentlich mit dem Kind aufkleben, wenn wir in die Schule zur betreuten Trainingssitzung kommen. Wenn das Kind 30 Sticker gesammelt hat, kann es diese gegen eine kleine Überraschung eintauschen. Dies haben wir mit dem Kind vereinbart und in einer Trainingsabmachung fixiert.
- Bitte geben Sie während des Trainings keine Hilfen zur Lösung der Rechenaufgaben. Das Spielfeld passt sich an die Leistungen des Kindes an. Sollten Sie das Kind unterstützen wollen, motivieren Sie es bitte konzentriert weiterzuarbeiten.

Für weitergehende Fragen zum Training stehen wir Ihnen sehr gern zur Verfügung (Dipl.-Psych. Juliane Kohn: Tel.: 0331/977-4777; E-Mail: [jkohn@uni-potsdam.de](mailto:jkohn@uni-potsdam.de)).

**Wir wünschen allen Kindern viel Spaß und Erfolg beim Training!**

Diese Software wurde von Forscherteams des Computer Graphics Lab der ETH Zürich (Leitung Prof. Dr. Markus Gross) und des Kinderspitals der Universität Zürich (Leitung Prof. Dr. Michael von Aster) sowie der Dybuster AG entwickelt. Die Software sowie alle Materialien unterliegen dem Urheberrecht und sind geistiges Eigentum der Autoren.



## **Software-Lizenz für Calcularis**

### Allgemein

Diese Lizenz regelt die Rechte und Pflichten für die Teilnehmer der Calcularis-Studie im Frühjahr 2010. Mit der Annahme dieser Lizenz verpflichtet sich der Lizenznehmer, die in dieser Lizenz angeführten Bestimmungen einzuhalten. Ohne diese ist eine Verwendung der Software in jeglicher Form untersagt. Die Bestimmungen sind ohne zeitliche Beschränkung gültig. Autor der Software sind das Computer Graphics Lab der ETH Zürich unter Prof. Dr. Markus Gross, die Dybuster AG und Prof. Dr. Michael von Aster.

### Bestimmungen

1. Der Lizenznehmer hat das unübertragbare und nicht ausschliessliche Recht, die ausgeteilte(n) Version(en) von Calcularis zum persönlichen Gebrauch zu verwenden. Mit persönlichem Gebrauch wird dabei die Benutzung auf eigenen, privaten Computern bezeichnet.
2. Jegliche Weitergabe der Software oder Teilen davon sowie von Kopien der Software oder Kopien von Teilen davon an andere Personen oder Institutionen ist untersagt.
3. Die Software unterliegt dem Urheberrecht. Sie ist geistiges Eigentum des Autors und darf nur durch den Autor mittels entsprechenden Patenten geschützt werden.
4. Ohne Einwilligung des Autors sind Änderungen an der Software nicht erlaubt.
5. Dem Benutzer der Software kann der Autor die Wirksamkeit der Software nicht gewährleisten.
6. Soweit es gesetzlich zulässig ist, haftet der Autor nicht für die Auswirkungen der Software auf die Benutzer.
7. Die Daten, welche die Software während der Studie über die Benutzer sammelt, dürfen vom Autor anonym publiziert und weitergegeben werden.
8. Gerichtsstand für Streitigkeiten aus diesem Software-Lizenz-Vertrag ist Zürich. Auf den Software-Lizenz-Vertrag ist schweizerisches Recht anwendbar.