

GraviTrax® - Bahnen bauen und Bauanleitungen verfassen



Stand des Dokuments: 4.1. 2025

neue Notation für Balkone und Wände ab Version 1.10

neue Notation für unbekannte Elemente ab Version 1.11

neue Elemente kleine Grundplatten und vertikale Kanone ab Version 1.12

Zusammenfassung

Gravitrax® ist ein System von Ravensburger zum Erstellen von Marmelbahnen. Du benötigst dazu mindestens ein Starter Set. Es gibt eine offizielle App, um eigene Bahnen zu registrieren. Diese App konzentriert sich auf Grafikeffekte und Visualisierung von Läufen, während die hier vorgeschlagene Notation auf ein kompaktes Textformat abzielt und auch ohne Programmunterstützung verwendet werden kann. Ein Programm kann jedoch nützlich sein, um die Rezepte auf Fehler zu überprüfen, gut lesbare Bauanleitungen auszugeben und vieles mehr. Die Beschreibungen solcher Bahnen können in Dateien gespeichert werden. Ein Programm `gravi` wurde geschrieben, um viele solcher Beschreibungen in einer Datenbank zu speichern. Auf diese Weise kannst Du schnell die Anzahl der benötigten Elemente für eine Bahn sehen, Deine Bausätze speichern, Bilder und Bauanleitungen von Bahnen erstellen, exportieren und vieles mehr.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	4
2 Große Grundplatten und Elementpositionen darauf.....	4
Anordnung von Grundflächen, die kein Rechteck bilden.....	5
Andere Grundplatten.....	5
3 Höhensteine.....	6
4 Grundelemente (sechseckige Steine).....	6
5 Schienen und andere Verbindungselemente.....	8
6 Transparente Ebenen.....	9
7 Kugeln.....	10
8 Andere Positionsangaben für Bahnen.....	11
9 Erweiterungen.....	11
Neue und nicht beschriebene Erweiterungen.....	11
Flip, Hammer, Jumper, Kaskade, Katapult, Tiptube, Vulkan, Looping, Transfer, Dipper, Spinner und Color Swap.....	12
Spirale.....	13
Lift.....	13
Erweiterung Tunnel.....	13
Seilbahn.....	14
Flextube.....	14
Trampolin.....	14
Erweiterung Brücken.....	14
Neue Teile im Adventskalender 2021.....	15
Vertikale Kanone.....	15
Starterset vertikal und Erweiterungsset vertikal.....	16
Neue Höhenelemente.....	16
Wände.....	16
Doppelbalkon.....	17
Einfache Balkone.....	17
Teile aus GraviTrax Pro®.....	18
Mixer, Splitter Helix und Turntable.....	18
Carousel.....	18
Releaser.....	18
10 Die Aufzeichnung einer Bahn.....	19
11 Meine GraviTrax® Baukästen.....	19
12 Software zur Aufzeichnung der Bahnen.....	20
Installation unter Linux.....	20
Installation unter Windows.....	20
Benutzung des Programms.....	21
13 Programmdetails.....	24
14 Anhang.....	25
Tabelle aller verwendeten Elemente und deren Abkürzungen.....	25
Abbildung von weiteren Steinen.....	26
Orientierung von Elementen.....	27
Quellen im Internet.....	28

1 Einleitung

Wenn Du diese Beschreibung liest, hast Du sicher schon einen GraviTrax® Baukasten oder mindestens schon einmal davon gehört. Der Aufbau ist mit den Grundplatten, den sechseckigen Steinen, den Schienen und anderen Elementen leicht und schnell zu machen und Du freust Dich über jede funktionierende Bahn.

Bei den vielen Möglichkeiten, aus den/ Teilen Bahnen zu bauen, ist es fast unmöglich, sich den Aufbau zu merken, um die gleiche Bahn später noch einmal zu bauen.

Es gibt eine App von Ravensburger, mit der Du solche Bahnen erstellen und dann abspeichern kannst. Diese Bahnen können dann zentral zu einem Rechner geschickt werden, von wo sich dann Deine Freunde die Bauanleitungen abholen können. Dazu brauchst Du aber die App und musst Dich an dem zentralen Rechner anmelden. Es geht auch anders und wenn Du willst, sogar ganz ohne App nur mit Bleistift und Papier.

Im folgenden wird Dir gezeigt, wie Du Deine gebauten Bahnen aufschreiben kannst, um sie später wieder nachbauen zu können. Natürlich kannst Du lange Sätze schreiben, zum Beispiel: "Nimm eine Grundplatte, lege sie so hin, dass die linke obere Ecke grün ist. Dann lege einen grauen Stein auf das zweite obere grüne Feld... ". Das dauert sicher sehr lange und ist nicht sehr praktisch. Daher wird hier vorgeschlagen, wie Du mit möglichst wenig Buchstaben und Zahlen aufschreiben kannst, wie Deine Murrelbahnen gebaut werden.

Dazu wird in den folgenden Kapiteln nach und nach beschrieben, wie die Teile von GraviTrax® in eine Bauanleitung eingefügt werden können. Das ist viel Text, damit Du auch wirklich verstehst, wie alles gemeint ist.

Wenn Du dann später nur noch einmal nachsehen willst, wie bestimmte Teile notiert werden, musst Du nicht wieder den ganzen Text durchlesen. Im Anhang ist in Tabellen und Bildern noch einmal kurz zusammengefasst, wie die Regeln zum Aufschreiben der Bauanleitungen sind.

Beim Aufschreiben kann es immer mal passieren, dass Du Fehler machst. Daher ist es sehr nützlich, wenn Du Deine Bauanleitung von einem Computer überprüfen lässt. Zu dieser Anleitung gibt es ein Programm, was nachschaut, ob Du alle Teile richtig aufgeschrieben hast und ob Steine und Schienen zusammenpassen. Dann wird aus Deiner Anleitung auch noch ein Bild erstellt, wie die Bahn aussieht, falls sie richtig notiert wurde. Sonst meldet das Programm, wo Du Fehler gemacht hast. Anhand des Bildes kannst Du sehen, ob Du die Bahn richtig aufgeschrieben hast. Das Programm heißt gravi, ist aber wie gesagt nicht unbedingt erforderlich,

Wo Du das Programm herbekommst und wie Du es installieren kannst, steht ganz am Ende. Es ist in der Sprache Perl geschrieben und läuft auf Computern mit Windows, Linux und MacOSX. Mit dem Programm kannst Du noch viel mehr machen als hier gesagt, aber auch dazu später mehr. Jetzt geht es erst mal los.

2 Große Grundplatten und Elementpositionen darauf

Es sollen ja möglichst wenige Zeichen verwendet werden, um Bahnen aufzuschreiben. Daher wird jedes Teil von GraviTrax® mit nur einem bis zwei Zeichen notiert. Damit Du Dir die Zeichen merken kannst, wurden sie so gewählt, dass ein Buchstabe aus dem englischen Namen des Teils verwendet wird oder das Zeichen bildlich an das Teil erinnert. Für die großen rechteckigen Grundplatten wurde der Unterstrich gewählt.

Da Du viele Grundplatten zusammenstecken kannst, gibst Du zuerst an, welche der Platten gerade beschrieben werden soll. Du platzierst die erste Grundplatte und legst sie links oben hin. Das grüne Feld muss in der linken oberen Ecke sein. Da die Platte die erste Reihe und die erste Spalte bildet, schreibst Du

1 1

Legst Du rechts daneben weitere Platten, so schreibe dafür 1 2, 1 3 und so weiter. Fängst Du unter der ersten Reihe eine weitere an, so heißen diese Platten dann 2 1, 2 2 und so weiter. Die erste Zahl gibt also die Reihe an, die zweite die Spalte. Du kannst die Zahlen auch mit Komma trennen, also z.B. 1,1 statt 1 1.



Nachdem Du nun aufschreiben kannst, auf welcher Grundplatte Du dich gerade befindest, willst Du ja auch Teile darauf platzieren. Wie aber notierst Du, wohin die Teile kommen? Schau dazu bitte auf eine Grundplatte (Bild auf der nächsten Seite). Sie hat 6 Spalten mit sechseckigen Aussparungen. In der ersten, dritten und fünften Spalte gibt es 5 Möglichkeiten, ein Teil zu stecken, in den anderen nur vier.

Wie bei den Grundplatten nummerierst Du auch hier wieder die Positionen. Die erste Position oben links heißt 1,1 da schreibst Du einfach **11**. Darunter die ist dann Position **21** und rechts neben **11** etwas nach unten versetzt findest Du Position **12**.

Wenn Du zwei Grundplatten untereinander anordnest, wird aus den halben Sechsecken in Reihe 2, 4 und 6 jeweils ein komplettes Sechseck, auf dem auch Teile sein können. Diese Positionen heißen dann **52**, **54** und **56** in der oberen Grundplatte. Wenn Du willst, kannst Du die Positionen auch **02**, **04** und **06** in der unteren Grundplatte nennen, darfst dabei aber nicht die Null weglassen, da eine Position immer aus Zeile (hier die Null) und Spalte besteht.

Nun hast Du den wichtigsten Teil, die Benennung von Positionen auf den Grundplatten schon gelernt. Wenn Du zwei Grundplatten nebeneinander legst und auf der zweiten Grundplatte in der fünften Spalte das dritte Feld von oben aufschreiben willst, geht das so:

```
# Ein Beispiel
_ 1 2 # das ist die zweite Grundplatte in der ersten Reihe
35   # das ist in der fünften Spalte das dritte Feld von oben
```

Hier siehst Du auch, dass Du beim Aufschreiben beliebigen Text dazu schreiben kannst, der für Dich eine Hilfe zum Verstehen ist, aber sonst nicht weiter beachtet werden muss. Alles, was nach dem Zeichen **#** bis zum Zeilenende steht, sind solche Bemerkungen. Weil auf vielen Zeilen nur wenige Zeichen stehen, könntest Du statt jedes Mal eine neue Zeile zu beginnen, die Beschreibungen auch durch ein Semikolon trennen. Das wird aber schnell unübersichtlich und sollte daher nicht benutzt werden.

In einem Kapitel weiter unten wird auch noch beschrieben, wie Du die Positionen noch anders aufschreiben kannst. Statt der Nummerierung von Grundplatten werden dann alle Zeilen und Spalten fortlaufend gezählt. Damit sparst Du ein paar Zeilen in der Beschreibung, musst aber beim Aufschreiben mehr aufpassen, um die Zeilen- und Spaltennummer richtig aufzuschreiben.

Anordnung von Grundflächen, die kein Rechteck bilden

Meist wirst Du für Deine Bahnen eine Fläche in Form eines Rechtecks benutzen. Aber es gibt auch Bahnen wo die Grundflächen anders angeordnet sind, zum Beispiel in Form eines S, T oder U. Um das bei der Darstellung zu berücksichtigen, musst Du angeben, welche Platten im Rechteck fehlen. Statt des **_** benutzt Du **!**, um zu sagen, dass diese Platte fehlt. Für eine T-Form aus einem 3x3 Rechteck notierst Du die fehlenden Platten so:

```
! 2 1
! 3 1
! 2 3
! 3 3
```

Andere Grundplatten

Neben den großen rechteckigen Grundplatten gibt es inzwischen auch andere Formen von Grundplatten, wie die kleine kreisförmige Grundplatte, kleine halbkreisförmige Grundplatten und eine Grundplatte, auf der nur ein einziges Element Platz hat. Diese Grundplatten können derzeit nicht in Bauanleitungen notiert werden, Du musst dafür ersatzweise die Anordnung auf großen Grundplatten beschreiben. Sie können aber benutzt werden, um zu notieren, welche Gravitrax® Teile Du besitzt. Hier ist die Übersicht der verwendeten Zeichen für die verschiedenen Grundplatten:

Zeichen	Ebene	Bemerkung
-	Grundplatte	Oben links ist ein grünes Sechseck
@	Kleine runde Grundplatte	Für Beschreibung von Bahnen nicht benutzt
(Kleine halbrunde Platte	Links in der Mitte mit Steg, rechts mit zwei Einkerbungen
)	Kleine halbrunde Platte	Die andere Hälfte, die mit der Form (kombiniert werden kann
*	Kleinstmögliche Platte	Auf dieser Platte hat nur ein Element Platz

3 Höhensteine

Höhensteine erlauben Dir, andere Elemente von GraviTrax® über der Grundplatte anzuordnen. Damit gestaltest Du abwechslungsreiche Bahnen. Im Starterset sind graue und halb so hohe schwarze Höhensteine enthalten. Es gibt auch ein "Starterset vertikal" in dem noch andere Höhensteine enthalten sind. Diese werden erst in einem späteren Abschnitt beschrieben.

Die grauen Höhensteine bekommen das Zeichen **1**, die schwarzen halbhohen das Zeichen **+**. Daher kann auch gesagt werden, ein grauer Stein ist eine **Höheneinheit** hoch, ein schwarzer nur eine halbe. Höhensteine kannst Du übereinander stapeln. Dazu schreibst Du einfach die zu stapelnden Steine hintereinander, zum Beispiel **+1+1**. Das ist ein schönes Muster aus abwechselnd einem schwarzen und grauen Stein. Für eine Bahn ist es aber egal, wie die Höhe zustande kommt. Du hättest auch nur 3 graue und keinen schwarzen Stein nehmen können, denn **111** ergibt die gleiche Höhe. Da sehr oft solche Steine benutzt werden, kannst Du die Höhensteine zusammenzählen und stattdessen die Summe hinschreiben. So wird aus **+1+1** eine **3**, falls Du nicht auf das schöne Muster Wert legst. Hast Du aber noch einen halben Höhenstein mehr, zum Beispiel **111+**, dann musst Du auch **3+** schreiben.

Wie sollst Du nun aber eine Höhe von 12 Steinen aufschreiben? **12** heißt ja 1 Höhenstein und noch zwei, das sind nur 3. Du kannst 12 Einsen hintereinander schreiben oder auch Ziffern, die zusammen 12 ergeben, also für 12 Höhensteine schreibst Du **93** oder **66** oder auch **9111**.

Jetzt musst Du notieren, wo die Höhensteine liegen sollen. Dazu kommt zuerst die Position (**35**) und danach die Höhensteine (**+1+1** oder **3**):

```
# Höhensteine platzieren
_ 1 2 # die zweite Grundplatte rechts neben der ersten
35 3 # 3 Höhensteine auf das Feld in der dritte Reihe und fünften Spalte
```

Nachdem Du nun weißt, wo und wie hoch Du Steine platzierst, geht es daran, die Bahnen zu entwerfen.

4 Grundelemente (sechseckige Steine)

Im Starterset sind mehrere sechseckige Steine und Schienen enthalten. Los geht es mit den Steinen. Jedem der verschiedenen Steine wird ein **Großbuchstabe** zugeordnet. Da die 26 Buchstaben auf Dauer nicht reichen, können Steine (wie der Basisstein) auch mit einem vorangestellten **x**, **y** oder **z** benannt werden. Die Basissteine erhalten zwar ein Zeichen, werden aber nicht in Bahnen notiert, da sie erst mit einem grünen Einsatz zu einem Ziel, Freifall, Fänger oder Splash werden. Die Zuordnung siehst Du in der Tabelle.

Zeichen	Stein	Bemerkung
A	Start	A steht für Anfang
Z	Ziel	
C	Kurve	C für Englisch „curve“
X	Kreuzung	Das Bild einer Kreuzung
Y	2 in 1	Das Bild von zwei Bahnen in eine
W	3 in 1	So ähnlich wie Y es kommen oben 3 Bahnen an
S	Weiche	Der gleiche Stein wie Y, aber mit grüner Wippe (für Englisch „switch“)
M	Gaußkanone	Arbeitet magnetisch, daher M
V	Wirbel	Kugel kreiselt, fällt dann nach unten, daher V (dieser Stein hat 2 Eingänge!)
D	Freifall	D für Englisch „drop“
G	Fänger	Das Gegenstück zum Freifall oder Wirbel
P	Splash	S ist schon vergeben, daher wurde der zweite Buchstabe P gewählt
xG	Basisstein	Wird für Bahnen nicht benutzt

Weitere Steine aus Erweiterungskästen werden später behandelt. Eine Aufzählung aller derzeit bekannten Elemente findest Du in der Tabelle im Anhang.

Für die meisten Steine ist es nicht egal, wie sie orientiert sind. Schau Dir zum Beispiel einen Kurvenstein an. Je nachdem, wie Du ihn drehst, ergibt es eine andere Bahn. Damit eine Bahn fehlerfrei nachgebaut werden kann, musst Du für jeden Stein aus der Tabelle oben angeben, wie er liegen soll. Das wird mit den Buchstaben **a**, **b**, **c**, **d**, **e** und **f** gemacht. Die Verwendung der Buchstaben siehst Du im Bild auf der nächsten Seite. Die linke Spalte zeigt Steine mit der Orientierung **a**. Die Orientierung **a** ist so gewählt, dass (fast immer) an der oberen Kante eine Kugel den Stein verlassen kann. Wo das nicht so ist (zum Beispiel beim Freifall), wird

das extra erwähnt. Am besten siehst Du die Orientierung am Fänger. Bei Orientierung **a** kann die Kugel nur nach oben laufen. Drehst Du die Steine ausgehend von dieser Orientierung weiter im Uhrzeigersinn, erhältst Du die Orientierung **b** und so weiter. Da der Freifall nur eine Richtung der Kugel erlaubt, definiert das als Ausnahme von obiger Regel in dem Fall ebenfalls die Richtung.

Du siehst auch dass für den Stein 2 in 1 und die Weiche das gleiche Bild gilt. Bei 2 in 1 verlässt die Kugel den Stein, wo die beiden Bahnen zusammen kommen. Bei der Weiche kann eine Kugel dort nur dann hinaus, wenn die Wippe in der richtigen Stellung steht, sonst blockiert die Wippe die Kugel. Daher kommt bei den meisten Bahnen dort die Kugel an. Trotzdem ist die Orientierung genau wie beim Stein 2 in 1.

Bei der Weiche kann es wichtig sein, in welcher Stellung die Wippe steht. Das kannst Du bei der Beschreibung des Steins angeben, indem Du ein **+** oder **-** zwischen das **S** für Weiche und den Buchstaben für die Orientierung schreibst. Solche zusätzlichen Angaben werden auch als Detail bezeichnet. Das **+** zeigt an, dass die Wippe im Uhrzeigersinn gedreht wurde. Bei Orientierung **a** des Steins zeigt das schmale Ende der Wippe dann nach links. Die Drehung der Wippe in die andere Richtung wird dann mit dem Zeichen **-** notiert. Du schreibst dann also zum Beispiel **S+b** oder **S-b** statt nur **Sb**.

Orientierung	a	b	c	d	e	f
Kurve						
2 in 1, Weiche						
Kreuzung						
Fänger, Freifall						
gerader Stein						
Basisstein						

Für einige Steine haben manche Orientierungen das gleiche Bild. So sieht für einen Basisstein die Orientierung **a**, **c** und **e** gleich aus. Du kannst dann eine der Orientierungen auswählen. Bei einigen anderen Steinen, auf die das Bild mit dem geraden Stein passt, ist die Orientierung aber wichtig. So schießt die Gaußkannonne mit Orientierung **a** nach oben, mit Orientierung **d** nach unten.

Mit diesen Regeln kannst Du nun auf der Grundplatte oder auf Höhensteinen Grundelemente (Steine) platzieren. Eine Kurve auf den Höhensteinen im Beispiel oben sieht dann so aus:

35 3Cf # drei Höhensteine und darauf ein Kurvenstein

Nun sollen Steine auf insgesamt 4 Grundplatten angeordnet werden. Kannst Du das nachbauen?

Ein Beispiel mit 4 Grundplatten

_ 1 1 # links oben

43 5Ac # Start auf 5 grauen Höhensteinen

55 3Cf # Kurve auf 3 Höhensteinen

_ 2 1 # links unten

35 3Cf

_ 1 2 # rechts oben (leer, die Zeile kannst Du auch weglassen)

_ 2 2 # rechts unten

13 Ce

14 Cf

24 Za # Ziel

Das sieht schon fast wie eine Bahn aus. Beim Startstein hätte statt Orientierung **c** auch **a** stehen können. Da von dort nur eine Kugel nach rechts unten loslaufen wird, sieht das **c** etwas schöner aus, aber **a** wäre genau so richtig gewesen. Wie die Schienen zwischen den Steinen notiert werden, steht im nächsten Abschnitt.

5 Schienen und andere Verbindungselemente

Wenn Du das vorige Beispiel nachgebaut hast, kannst Du leicht erkennen, welche Verbindungselemente noch gebraucht werden. Im Starterset sind drei Sorten von Schienen, kurze, mittlere und lange. Dazu kommt noch die Zielleiter, die ähnlich wie die Schienen in einen sechseckigen Stein eingehängt wird. Alle Verbindungselemente erhalten als Abkürzung **Kleinbuchstaben**, wobei auch hier wieder ein vorangestelltes **x**, **y** oder **z** möglich ist.

Neben den drei Schienenarten gibt noch viele weitere Verbindungselemente, die in Zusatzkästen enthalten sind. Diese werden später besprochen. Eine Aufzählung aller derzeit bekannten Elemente findest Du in der Tabelle im Anhang

Für die hier genannten Schienenarten wurden folgende Bezeichnungen gewählt:

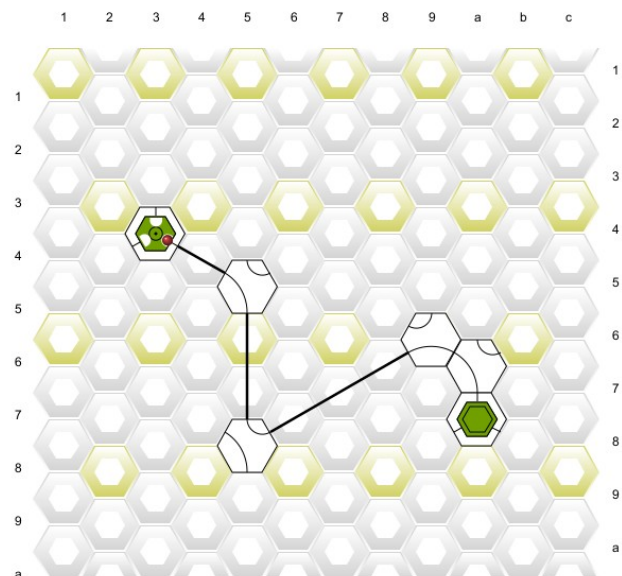
Zeichen	Element	Bemerkung
s	kurze Schiene	S für Englisch „short“
m	mittel lange Schiene	
l	lange Schiene	Das ist der Kleinbuchstabe „el“, nicht der Großbuchstabe I
e	Zielleiter	Endpunkt für Kugeln

Willst Du nun beschreiben, welche zwei Steine eine Schiene verbinden soll, wählst Du zuerst den Stein aus, von dem die Schiene startet. Dann gibst Du die Art der Schiene (zum Beispiel **s** für die kurze Schiene) an. Nun musst Du noch sagen, in welche Richtung die Schiene zeigt. Wie bei der Orientierung der Steine wählst Du wieder die Buchstaben **a** bis **f**. Mit **a** ist die Richtung nach oben gemeint, **b** bedeutet rechts oben, **c** rechts unten, **d** nach unten, **e** nach links unten und **f** nach links oben.

Damit besteht die Beschreibung nur aus Kleinbuchstaben, der Art der Schiene und der Richtung. Diese zwei (oder mit **x**, **y**, **z** auch drei) Zeichen werden nach einem Leerzeichen an die Beschreibung des Steins angehängt, von dem die Schiene ausgeht. An jedem Stein dürfen höchstens so viele solcher Angaben folgen, wie Einhängestellen für Schienen existieren, zum Beispiel für eine Kurve drei und für eine Kreuzung vier.

Da eine Schiene (bis auf die Zielleiter) immer zwei Steine verbindet, ist es egal, welchen Stein Du für die Beschreibung der Schiene wählst. Aber je nach Schiene ist die Richtung dann eine andere. Nun kennst Du alle Regeln, um das vorige Beispiel zu vervollständigen. Es sieht dann wie auf dem Bild rechts aus: Wie die rote Kugel in das Bild kommt, wird erst weiter unten beschrieben.

```
# Track A aus dem Bauplanheft vom
Starterset
_ 1 1      # links oben
43 5Ac sc # Start
55 3Cf md
_ 2 1      # links unten
35 3Cf lb
_ 2 2      # rechts unten
13 Ce
14 Cf
24 Za      # Ziel
```



Auf der rechten oberen Grundplatte sind keine Steine, daher wurde die Zeile **_ 1 2** aus dem vorigen Beispiel weggelassen. Mit dem weiter oben erwähnten Programm (**gravi**) kannst Du Dir eine Bauanleitung erstellen. Aus dem Beispiel oben entsteht dann folgender Text (leicht gekürzt):

Anleitung für Bahn A mit 2x2 Bodenplatten

Auf Platte 1,1 Pos 43 5 x Höhenstein groß, Start Orientierung ↘ (c)
Auf Platte 1,1 Pos 55 3 x Höhenstein groß, Kurve Orientierung ↖ (f)
Auf Platte 2,1 Pos 35 3 x Höhenstein groß, Kurve Orientierung ↖ (f)
Auf Platte 2,2 Pos 13 Kurve Orientierung ↙ (e)
Auf Platte 2,2 Pos 14 Kurve Orientierung ↖ (f)
Auf Platte 2,2 Pos 24 Ziel Orientierung ↗ (b)
Von Platte 1,1 Pos 43 nach Platte 1,1 Pos 55 Schiene kurz Richtung ↘ (c)
Von Platte 2,1 Pos 35 nach Platte 2,2 Pos 13 Schiene lang Richtung ↗ (b)
Von Platte 1,1 Pos 55 nach Platte 2,1 Pos 35 Schiene mittel Richtung ↓ (d)

Zuerst werden die Steine auf der ersten Platte benannt, dann weiter auf den Platten 2,1 darunter bis zur letzten Platte, egal in welcher Reihenfolge Du die Steine und Schienen notiert hast. Wenn die Steine alle aufgebaut sind, kannst Du die Schienen darauf legen, daher kommen diese Angaben zum Schluss. Mit dem Programm wird auch das Bild der notierten Bahn erzeugt. Hier kannst Du schön erkennen, wie die Bahn der Kugel von **A** nach **Z** verläuft. Bis auf die transparente Ebene sind nun alle Starterset Teile beschrieben.

6 Transparente Ebenen

Die transparenten Ebenen (^) (und =, siehe unten), werden auf einer separaten Zeile mit der Position als Mittelpunkt der Ebene und dem Zeichen für die Ebene notiert. Alles was nach der Zeile mit dem Zeichen ^ kommt, befindet sich auf der transparenten Ebene. Folgt über der ersten transparenten Ebene noch eine zweite, wird das wieder mit einer Zeile aufgeschrieben, die nur die Position des Mittelpunktes und das Zeichen ^ enthält. Im Bild rechts ist in hellblau eine transparente Ebene mit Mittelpunkt auf Position **33** gezeichnet. Da man wie bei Höhensteinen auf die Ebene wieder Steine legen kann, ist sie so etwas wie ein großer Höhenstein, der genau so hoch ist, wie ein schwarzer Höhenstein. Als Beispiel soll eine Ebene auf der Grundplatte 1,2 auf Position **33** mit Start und einer Kurve entstehen. Dazu legst Du auf die Plätze **21**, **25** und **53** je 5 Höhensteine und darauf kommt die transparente Ebene. Das schreibst Du so:



```
_ 1 2 # auf dieser Platte befindet sich die transparente Ebene
21 5 # je 5 Höhensteine
25 5
53 5
33 ^ # darauf die transparente Ebene auf Position 33
24 3Ce # Kurve auf der transparenten Ebene mit 3 Höhensteinen
25 3Af # Start auf der transparenten Ebene mit 3 Höhensteinen
```

Die transparente Ebene überdeckt im folgenden Beispiel zwei Grundplatten. Die Säulen für die transparente Ebene sind dann auch auf zwei Platten verteilt. Auf der Grundplatte ist eine Kurve, genau darüber auf der ersten transparenten Ebene ein Fänger und auf der zweiten ein Wirbel. Da die Positionen auf der transparenten Ebene andere Nummern haben als auf der Grundplatte, heißen die Positionen dafür einmal 31 und zweimal 33.

Damit Du leichter den Anfang einer transparenten Ebene wiederfindest, kannst Du zusätzlich noch eine Zeile mit dem Wort **Ebene** und einer Nummer einfügen, die anzeigt, dass jetzt eine transparente Ebene mit darauf befindlichen Teilen beschrieben wird. Jede transparente Ebene erhält eine neue Nummer. Dann muss die Zeile für die transparente Ebene (^) nicht sofort danach folgen. Dadurch kannst Du die Zeilen zum Beispiel nach der Position auf dieser Ebene ordnen, was sonst nicht immer möglich ist. Statt dem Namen **Ebene** kannst Du auch das englische Wort **Level** verwenden

```
_ 1 1 # die Grundplatte
16 5 # 3 mal 5 Höhensteine auf die Grundplatte
46 5 # für die erste transparente Ebene
_ 1 2
33 5 # die dritte Stütze ist auf der zweiten Grundplatte
Level 1
```



```

12 5 # wieder je 5 Höhensteine für die zweite Ebene
# Die Positionen sind relativ zum Mittelpunkt auf 33
35 5
31 ^ # Mittelpunkt der ersten transparenten Ebene (auf Grundplatte)
33 Ga # ein Fänger in der Mitte der ersten Ebene
Level 2
31 ^ # die zweite Ebene, Mittelpunkt liegt wieder auf 2. Grundplatte
33 Va # hier liegt ein Wirbel in der Mitte der zweiten Ebene
_ 1 2
31 Ca # eine Kurve auf der Grundplatte

```

Wenn sich über einer transparenten Ebene weitere Ebenen befinden, müssen sie eine höhere Nummer bekommen. Das erreichst Du dadurch, dass zuerst die untere Ebene beschrieben wird oder die höhere Ebene durch eine Ebenenzeile eine größere Nummer bekommt. Die Verwendung solcher Zeilen hat noch andere Vorteile. Wenn Du mit dem erwähnten Programm `gravi` eine Bauanleitung erstellst, wird auch immer die Nummer der Ebene mit genannt. Du findest dann die Stellen in der Beschreibung oben viel leichter, die zu einer bestimmten Ebene gehören.

Mit jeder Zeile, die das Zeichen `_` enthält, wechselst Du wieder auf die Grundplatten. Auch das kannst Du erreichen oder stärker hervorheben, indem Du eine Zeile **Ebene 0** einfügst. Du könntest also schreiben:

```

_ 1 2 # die Grundplatte
21 5 # je 5 Höhensteine auf die Grundplatte
25 5 # darauf die erste transparente Ebene, wieder 5 Höhensteine
53 5 # und darauf dann die zweite transparente Ebene
33 ^ # der Mittelpunkt der ersten transparenten Ebene
21 5 # je 5 Höhensteine auf die Grundplatte
25 5 # darauf die erste transparente Ebene, wieder 5 Höhensteine
53 5 # und darauf dann die zweite transparente Ebene
33 Ga # ein Fänger in der Mitte der ersten Ebene
33 ^ # das ist nun die zweite Ebene
33 Va # hier liegt ein Wirbel in der Mitte der zweiten Ebene
Ebene 0
33 Ca # eine Kurve, nun wieder auf der Grundplatte

```

Im Starterset Speed und Adventskalender 2021 ist eine neue kleinere transparente Ebene enthalten. Sie erhält das Symbol `=`. Die Nummerierung der Positionen siehst Du im Bild rechts. Alles weitere von diesem Abschnitt gilt auch für die kleine transparente Ebene. Hier ist die Notation für Ebenen noch einmal zusammengefasst:



Zeichen	Ebene	Bemerkung
<code>^</code>	Transparente Ebene	Die Position ist der Mittelpunkt der Ebene
<code>=</code>	Kleine transparente Ebene	Die Position ist der Mittelpunkt der Ebene

Bis jetzt kannst Du noch nicht notieren, wie viele Kugeln Du brauchst und wo sie starten sollen. Das wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

7 Kugeln

Die Kugeln werden von Startsteinen (Start, Lift, Spinner, ...) losgeschickt. Wie viele Kugeln Du brauchst, siehst Du daran, ob von dort nur eine oder mehrere Bahnen möglich sind. Aber vielleicht willst Du beschreiben, welche Farbe die Kugeln haben, die loslaufen oder die in die Gaußkanone geladen werden sollen. Dafür fügst Du zu dem Stein, auf dem die Kugeln liegen sollen, noch weitere Zeichen an.

Die Kugeln werden mit dem Buchstaben `o` aufgeschrieben, danach kannst Du noch eine Farbe – **R** für rot, **G** für grün, **B** für blau, **S** für silber und **A** für Gold (chemisches Symbol Au) – und eine Platzierung angeben (**a** ist wieder oben, dann kommt im Uhrzeigersinn **b** bis **f**). Auf Start passen bis zu 3 Kugeln, auf den Spinner bis zu 6 und in den Lift noch viel mehr. Für den Start im vorigen Beispiel könntest Du schreiben:

34 5^Ac sc oRc # Startstein mit roter Kugel rechts unten

Das Aufschreiben der Kugeln ist freiwillig, und wenn Du es machst, ist nur das **o** (kleines o) wichtig, Du kannst Farbe **RGBSA** oder Platzierung **abcdef** auch weglassen. Dort wo Kugeln notwendig sind, wird automatisch die richtige Zahl von Kugeln mit der Farbe Silber hinzugefügt, falls Du keine Angaben gemacht hast. Auf den Start werden drei Kugeln **RGB** gelegt. Du kannst auch vor dem **o** die Zahl gleichartiger Kugeln angeben, zum Beispiel **3oS** für 3 silberne Kugeln.

Willst Du mehrere Kugeln nacheinander von der gleichen Position losschicken, darfst Du das auch vermerken, indem Du das bei dem Stein aufschreibst, von wo die Kugeln loslaufen sollen, also zum Beispiel

34 5^Ac sc oRc oRc oRc # Start mit 3 roten Kugeln, 2 werden später gestartet

Um kompliziertere Bahnen zu bauen und weitere neue Teile zu verwenden, benötigst Du weitere Regeln, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Vorher kommt noch ein Abschnitt, wie Du die Positionen auch anders schreiben kannst. Das ist um so vorteilhafter, je komplizierter die Bahnen werden. Vor allem bei Verwendung von Wänden und Balkonen (Starterset vertikal) ist die Notierung dann einfacher.

8 Andere Positionsangaben für Bahnen

Anstatt bei jeder Grundplatte wieder mit der Position **11** zu beginnen, könntest Du auch die Positionen durchgehend nummerieren. Mit den Ziffern 1 bis 9 kommst Du aber nicht sehr weit. Daher machst Du mit a bis z weiter. So kannst Du horizontal und vertikal eine ziemlich große Bahn beschreiben. Da dann schon klar ist, dass in der ersten Reihe Position **11** bis **16** auf der ersten Grundplatte sind und **17** bis **1c** auf der Platte daneben, werden alle Zeilen mit dem **_** weggelassen. Dann sieht die Bahn A aus dem Bauplanheft so aus:

```
43 5Ac sc oc
55 3Cf md
85 3Cf lb
69 Ce
6a Cf
7a Za
```

Das ist etwas kürzer als vorher, dafür siehst Du vielleicht nicht so schnell, wo das Feld **6a** ist. Du könntest unter die Grundplatten Papier legen und in die Löcher der Grundplatten die Positionen schreiben, damit Du nicht immer abzählen musst, wo das Feld gerade ist. Das gilt natürlich auch für die transparenten Ebenen. So eine transparente Ebene auf Platte 1, 2 mit einem Kurvenstein kann dann so aussehen:

```
Ebene 1
19 ^Ca # Kurvenstein auf der transparenten Ebene oben Mitte
39 ^ # eine transparente Ebene auf Position 39, das ist auf Platte 1,2
```

Du kannst auch die Zeilen und Spalten durchgehend nummerieren. Dann musst Du aber zwischen die beiden Zahlen immer ein Komma einfügen. Die letzte Zeile im Beispiel oben lautet dann 7,10 Za

Wenn Grundplatten, auf denen sich keine Steine befinden, weggelassen werden sollen, musst Du wie weiter oben beschrieben Zeilen schreiben, die mit **!** beginnen.

9 Erweiterungen

Neue und nicht beschriebene Erweiterungen

Für GraviTrax® erscheinen immer wieder neue Erweiterungen, die neue Steine, Schienen und andere Elemente enthalten können. Für viele dieser Erweiterungen müssen nur neue Zeichen vergeben werden, damit Du sie genau so aufschreiben kannst, wie in den vorigen Abschnitten gezeigt. Wie bereits weiter oben gesagt, reichen die 26 Großbuchstaben für alle Erweiterungssteine auf Dauer nicht aus und ein Stein kann auch mit zwei Zeichen benannt werden. Dafür sind die Zeichen **x**, **y** und **z** reserviert. Die Elemente, die mit **z** anfangen, gehören zur **Gravitrax® Power** Serie und werden derzeit nicht auf fehlerhafte Orientierungen überprüft.

Bei manchen Erweiterungen sind zusätzliche Angaben nötig, um alles genau zu beschreiben. Das hast Du schon an der Weiche (**S**) gesehen, wo die Stellung der Wippe als Detail mit **+** oder **-** beschrieben werden kann. Diese Angaben werden wie für die Weiche erläutert als Detail zwischen das Zeichen für den Stein und das Zeichen für die Orientierung geschrieben. Wo das wichtig ist, wird im folgenden beschrieben.

Es kann auch vorkommen, dass neue Steine im Programm nicht berücksichtigt sind und noch keine Kurzbezeichnung erhalten haben. Das gilt auch für Steine, die vielleicht mit einem 3D Drucker selbst erstellt sind und daher dem Programm nicht bekannt sind. In solchen Fällen kannst Du den Namen des Steins zwischen zwei senkrechte Striche schreiben und überall dort einsetzen, wo sonst Steine notiert werden. Die Orientierung des Steins kann angegeben werden, es wird aber nicht überprüft, ob die Orientierung sinnvoll ist. Hier kommt ein Beispiel:

11 3|Elevator| ma mc

Dieser Stein wird als Sechseck mit dem Namen |Elevator| auch grafisch dargestellt. Stimmt die Bezeichnung mit einem Elementnamen (siehe Tabelle im Anhang) überein, wird die Kurzbezeichnung genommen. Daher kannst Du beim Aufschreiben einer Bahn z.B. statt **C** auch **|Kurve|** schreiben.

Flip, Hammer, Jumper, Kaskade, Katapult, Tiptube, Vulkan, Looping, Transfer, Dipper, Spinner und Color Swap

Die Erweiterungen bestehen jeweils aus einem Stein, nur bei Transfer sind es bis zu drei. Die Orientierung **a** ist dadurch gegeben, dass dort die Kugel nach oben läuft. Das heißt, wenn z.B. bei Kaskade die Kugel von unten in den Stein einläuft, ist das die Orientierung **a**. Vulkan und Dipper machen eine Ausnahme. Beim **Vulkan** ist Orientierung **a** diejenige, wo der Auslöseknopf nach oben zeigt, d.h. die Kugel von oben ankommt und den Vulkan auslöst. Beim **Dipper** ist es ähnlich. Bei Orientierung **a** zeigt die grüne Halbkugel nach oben. Damit wird auch beim Dipper die Orientierung durch die ankommende und nicht durch die auslaufende Kugel festgelegt. Beim Dipper gibt es ein bewegliches Teil ähnlich wie bei der Weiche. Je nach Stellung wird die Kugel in unterschiedliche Richtungen gelenkt. Wie bei der Weiche wird die Stellung der Wippe als Detail mit **+** oder **-** notiert. Folgende Buchstaben werden für die Erweiterungen benutzt:

Zeichen	Stein	Bemerkung
F	Flip	
H	Hammer	
J	Jumper	
K	Kaskade	
xK	Katapult	Ähnlich zu Kaskade, funktioniert mit Gummi statt mit Kugelgewichten
xT	Tiptube	Kugeln in der Tiptube können danach angegeben werden
N	Vulkan	Beachte die Orientierung
Q	Looping	Das Q sieht ein wenig wie ein Looping aus
xR	Transfer	
xD	Dipper	Die Stellung der Wippe ist + (im Uhrzeigersinn gedreht) oder -
XS	Spinner	Die Orientierung muss nicht angegeben werden
xP	Color Swap	Eine Kugel im Color Swap kann danach angegeben werden

Der **Spinner** ist ein Startstein, bei dem bis zu 6 Kugeln gleichzeitig losgeschickt werden können. Bei ihm kann eine Orientierung angegeben werden, falls nicht alle 6 Kugeln benutzt werden.

Color Swap ist eine recht einfache Erweiterung. Eine ankommende Kugel verbleibt in diesem Element. Befindet sich bereits eine Kugel darin, läuft diese Kugel statt der angekommenen weiter. Sind beim Start schon Kugeln in der Tiptube oder im Color Swap, kannst Du das wie im Abschnitt Kugeln beschrieben vermerken.

Eine Bahn, die ein **Katapult** enthält, verhält sich je nach Spannung des Gummis, der mit der Zeit altert, unterschiedlich. Deshalb kann es sein, dass eine solche Bahn bei Dir nicht wie gewünscht funktioniert. Eine mögliche Verbesserung ist in den Bildern rechts dargestellt. Eine Feder (aus einem Kugelschreiber) wird statt der Gummis mit stabilem Draht eingehängt. Damit ist auch nach längerer Benutzung die Sprungweite der Kugel einigermaßen konstant.



Katapult mit Spiralfeder statt Gummiring

Spirale

Die **Spirale** ist ein Stein, den Du wie gewohnt platzieren kannst. Die Höhe kannst Du selbst bestimmen, indem Du mehr oder weniger Kurventeile in der Spirale verwendest. Es geht auch ganz ohne Kurventeile. Mit jedem Kurventeil ändert sich die Richtung, aus der die Kugel ankommen kann, wenn der Kugelauslauf gleich bleibt. Die Orientierung der Spirale ist durch die Richtung der auslaufenden Kugel festgelegt. Als Symbol für die Spirale wird **xH** gewählt (für Englisch Helix). Jedes grüne Teil (mindestens zwei, Anfang und Ende sind erforderlich) ist eine halbe Höheneinheit hoch. Die gesamte Höhe der Spirale und damit auch die Richtung, aus der die Kugel in die Spirale läuft, ist durch die Zahl der grünen Teile bestimmt. Diese Zahl musst Du als Zusatzinformation zwischen das Symbol **xH** und das Zeichen für die Orientierung der Spirale schreiben, also zum Beispiel **xH4b**. Wenn Du nichts angibst, wird angenommen, dass Du nur zwei grüne Teile verwendest.

Zeichen	Element	Bemerkung
xH	Spirale	
h	Spirale Kurve	Wird nicht in den Bahnbeschreibungen verwendet
i	Spirale Start	Wird nicht in den Bahnbeschreibungen verwendet
j	Spirale Auslauf	Wird nicht in den Bahnbeschreibungen verwendet

Lift

Der **Lift** ist ähnlich variabel wie die Spirale. Er wird mit den Zeichen **xF** notiert. Auch beim Lift kannst Du die Höhe wählen, indem Du eine unterschiedliche Zahl an durchsichtigen Teilen verwendest. Es müssen mindestens zwei sein, da Start und Auslauf der Kugel immer verwendet werden. Die Richtung der auslaufenden Kugel ist hier frei wählbar. Die Orientierung des Steins wird ausnahmsweise diesmal durch die Seite definiert, wo die Kugel unten ankommt. Als Zusatz wird nicht nur die Zahl der durchsichtigen Teile, sondern danach auch die Richtung der auslaufenden Kugel aufgeschrieben. Ein Beispiel für einen Lift mit 4 durchsichtigen Elementen ist **xF4be**. In diesem Beispiel laufen die Kugeln unten links (**e**) ein und werden oben nach rechts (**b**) ausgeworfen. Wird nichts angegeben, heißt es, dass 4 Elemente verwendet wurden und der Kugeleinlauf entgegengesetzt zum Auslauf ist.

Die minimale Höhe zwischen Kugeleinlauf und Auslauf sind 3 und eine halbe Höheneinheit. Mit jeder Röhre kommen 4 Höheneinheiten hinzu.

Zeichen	Element	Bemerkung
xF	Lift	
f	Lift Röhre	Wird nicht in den Bahnbeschreibungen verwendet
xi	Lift Start	Wird nicht in den Bahnbeschreibungen verwendet
xj	Lift Auslauf	Wird nicht in den Bahnbeschreibungen verwendet

Erweiterung Tunnel

Die Erweiterung Tunnel bringt mehrere neue Steine und Schienen mit. **Tunnelkurve (T)** und **Tunnelweiche (U)** funktionieren genau so wie Kurve und Weiche, **Tunnel gerade (l)** und **Tunnel vertikal (t)** sind neu. Der vertikale Tunnel ist eine Schiene, denn er wird wie eine normale Schiene in einen Stein eingehängt und verbindet zwei Steine. Weitere neue Schienen sind die **Bernoulli Schiene (b)** (längere gebogene Schiene) und **zwei Schienen mit Loch (u, v)**, die sich durch ihre Biegung unterscheiden. Durch das Loch kann eine Kugel fallen, die dann in einem **Auffangkorb (O)** landet. Der Auffangkorb wird auf eine andere Schiene gesteckt. Das ist eine Position wie für einen Stein. Daher wird für den Auffangkorb auch ein Großbuchstabe gewählt. Alle Elemente aus der Erweiterung Tunnel und ihre Abkürzungen siehst Du in der folgenden Tabelle:

Zeichen	Element	Bemerkung
T	Tunnelkurve	
U	Tunnelweiche	Die Wippe kann nicht entfernt werden, daher kein 2 in 1 Tunnel
l	Tunnel gerade	Der Großbuchstabe l, nicht der Kleinbuchstabe „el“
O	Auffangkorb	Der Großbuchstabe O, nicht die Null
t	Tunnel vertikal	
u	Lochschiene nach oben gebogen	Konvex
v	Lochschiene nach unten gebogen	Konkav
b	Bernoulli Schiene	Es gibt im vertikalen Starterset weitere gebogene Schienen

Bei der Tunnelweiche musst Du genau hinschauen, wo die Kugel hineinläuft, das ist wie bei der normalen Weiche wichtig für die Orientierung des Steins. Da die Wippe verdeckt ist, siehst Du es schwerer als bei der normalen Weiche. Auch für die Tunnelweiche kannst Du wie bei der normalen Weiche ein + oder – für die Anfangsposition der Wippe angeben. Der Auffangkorb sitzt auf einer Schiene. Du musst zur kompletten Beschreibung die Position des Korbs angeben, dazu die Schiene und die Laufrichtung der Kugel auf der Schiene, obwohl die Schiene ja schon an anderer Stelle beschrieben wird..

Seilbahn

Die Seilbahn besteht aus dem Startstein, der die Seilbahn auslöst, dem Zielstein, auf dem eine Kugel liegen muss und der Schiene. Die Orientierung der Steine ist wieder durch die Laufrichtung der Kugel gegeben, das heißt, xA und xZ haben immer die gleiche Orientierung. Für Start, Schiene und Ziel verwendest Du:

Zeichen	Element	Bemerkung
xA	Seilbahn Start	Alle Teile der Seilbahn werden mit zwei Zeichen notiert
xZ	Seilbahn Ziel	
xa	Seilbahn Schiene	

Flextube

Die Flextube ist eine Röhre sehr ähnlich zum vertikalen Tunnel (**t**). Daher erhält die Flextube auch das Symbol **xt**. Im Gegensatz zum vertikalen Tunnel ist die Richtung der auslaufenden Kugel frei wählbar. Daher musst Du diese Richtung (**a .. f**) als Detail zwischen das **xt** und die Orientierung schreiben. Wie auch bei Schienen ist die Orientierung diejenige, wo die Flextube eingehängt wird. Im Beispiel

23 6Cb xtfd

hängt die Flextube an einer Kurve mit Orientierung b, die Flextube ist an der engen Kurve eingehängt (zeigt nach unten) und die Kugel läuft in Richtung f aus der Flextube.

Zeichen	Element	Bemerkung
xt	Flextube	Die Richtung der auslaufenden Kugel wird als Detail notiert

Trampolin

In der Erweiterung Trampolin findest Du neben dem Trampolin (**R**) (Stein mit der elastischen Matte) noch zwei schräge Winkelsteine (**r**). An das Trampolin passen keine Schienen, dafür kannst Du neben normalen Höhensteinen noch ein oder zwei Winkelsteine darunter legen. Sie können bewirken, dass die Kugel das Trampolin in leicht geänderter Richtung verlässt. Die Winkelsteine haben eine hohe und eine niedrige Kante. Daher ist für die Winkelsteine die Orientierung wieder wichtig. Bei der Orientierung **a** ist die hohe Seite oben. Werden Winkelsteine benutzt, wird nur deren Orientierung als Detail direkt hinter das Symbol **R** geschrieben. Der Trampolinstein selbst braucht keine Angabe zur Orientierung, dafür ist für die Winkelsteine nur die Orientierung wichtig. Eine Beispielzeile für ein Trampolin mit zwei Winkelsteinen könnte so aussehen:

43 2Rbb # Trampolin auf zwei Höhensteinen und zwei Winkelsteinen

Wie weit die Kugeln springen, die auf ein Trampolin treffen, musst Du ausprobieren. Es kann sein, dass die Matten mit der Zeit weniger elastisch werden oder die Steine unterschiedlich hergestellt wurden. Daher funktionieren Bahnen mit einem Trampolin nicht immer wie beschrieben.

Zeichen	Element	Bemerkung
R	Trampolin	Hier wird keine Orientierung gebraucht
r	Winkelstein	Wird nicht in den Bahnbeschreibungen verwendet

Erweiterung Brücken

Mit der Erweiterung Brücken kommt ein **Brückenstein** (**xB**), auf den als Gewicht zwei Kugeln gelegt werden. Auf der Seite, wo die Kugel den Stein verlässt, werden **Teile für eine Fallbrücke** (**xb**) angesteckt. Am besten funktioniert die Fallbrücke mit 4 Teilen, es sind aber auch zwei oder mehr als vier möglich. Nur mit 4 Elementen ist eine sich öffnende Fallbrücke möglich. Die Fallbrücke ist wie eine Schiene, denn sie lässt die Kugeln von einem Brückenstein zu einem anderen Stein rollen. Damit eine Verbindung zu einem anderen Stein

möglich ist, muss die Zahl der Fallbrückenteile gerade sein. Außerdem gibt es noch zwei neue **überlange Schienen** (**g** und **q**). Folgende Zeichen werden für die Teile aus diesem Erweiterungskasten verwendet:

Zeichen	Element	Bemerkung
xB	Brückenstein mit Fallbrücke	Mit 4 Fallbrückenteilen, sonst muss deren Zahl angegeben werden
xb	Fallbrückenelement	Wird nicht zur Notation einer Bahn benutzt
g	Schiene extralang	
q	Schiene langsam	Hier rollt die Kugel langsam, ruhig (Englisch „quiet“)

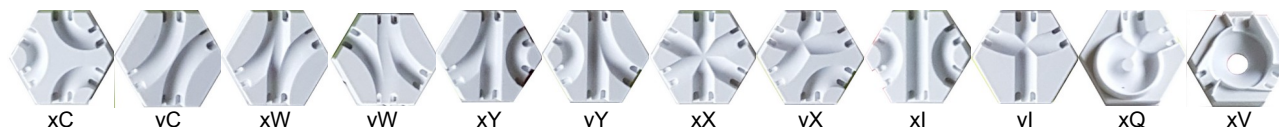
Die Fallbrücke hängt immer am Brückenstein, daher wird die Fallbrücke nicht extra als Schiene notiert. Stattdessen schreibst Du die Zahl der Brückenteile direkt nach **xB** und vor das Zeichen für die Orientierung des Brückensteins. Bei 4 Teilen kannst Du die Zahl auch weglassen. Obwohl **xb** nicht in einer Beschreibung von Bahnen vorkommt, wird es benutzt um zu zählen, wie viele Fallbrückenelemente gebraucht werden und zu prüfen, ob Du genügend solche Teile hast. Das wird später noch einmal erläutert. Ein Beispiel sieht so aus:

22 xB6c # ein Brückenstein auf Position 22 mit 6 Teilen für eine Fallbrücke

Die Brücke kann dann nur in ausgeklapptem Zustand benutzt werden, da sonst die Kugel nicht rollen kann.

Neue Teile im Adventskalender 2021

Neben bereits bekannten Teilen sind im Adventskalender 12 neue Kurven und Kreuzungen enthalten. Die Abbildung zeigt die Steine und die zugeordneten Symbole in Orientierung **a**.



Die Orientierung dieser Teile kannst Du auch noch im Anhang sehen. Neben den hier abgebildeten Teilen sind auch weitere Teile enthalten. Die noch nicht besprochenen Schienen (**a**, **c**, **d**) werden im nächsten Abschnitt erläutert. Du findest außerdem noch weitere Schienen, eine Spirale (**xH**), eine kleine transparente Ebene (Symbol **=**) sowie eine goldene Kugel (**A**) im Adventskalender. In der folgenden Tabelle sind die neuen Steine beschrieben.

Zeichen	Element	Beschreibung
xC	Kurve 3x klein	
yC	Kurve 2x groß	
xW	2 mal 2 in 1 links	2 große Kurven und eine gerade Bahn, Kurve von oben nach links
yW	2 mal 2 in 1 rechts	2 große Kurven und eine gerade Bahn, Kurve von oben nach rechts
xY	2 in 1 links mit Kurve	Große Kurve, kleine Kurve und gerade Bahn, große Kurve nach links
yY	2 in 1 rechts mit Kurve	Große Kurve, kleine Kurve und gerade Bahn, große Kurve nach rechts
xx	Kreuzung 3fach	Drei gerade durchgehende Bahnen
yX	Gekreuzte Kurven	2 große Kurven kreuzen sich, dazu eine kleine Kurve
xI	Gerade mit 2 Kurven	2 kleine Kurven links und rechts, eine gerade durchgehende Bahn
yI	Gerade kreuzt Kurve	1 große Kurve kreuzt eine gerade Bahn (großes i, nicht kleines el)
xQ	Kurve mit Schleife	Kugel macht einen großen Kreis auf dem Stein
xV	Wirbel mit 3 Eingängen	Gleiches Element wie der Oberteil vom Mixer

Vertikale Kanone

Wie üblich wird die Orientierung des Elements durch die einlaufenden Kugeln (von oben ist Orientierung **a**) angegeben. Da der Auslauf drehbar ist, wird die Richtung der auslaufenden Kugel als Detail notiert.

Zeichen	Element	Bemerkung
yM	Kanone vertikal	Die Richtung der auslaufenden Kugel wird als Detail notiert

Starterset vertikal und Erweiterungsset vertikal

Im Starterset vertikal sind viele Teile enthalten, die schon beschrieben sind. Neu sind gebogene kurze Schienen. Weiterhin gibt es Säulen, das sind Höhenelemente, die Du übereinander stapeln kannst. Sie haben aber auch noch Aussparungen zum Einhängen von durchsichtigen Wänden. Da diese Wände immer zwei Säulen verbinden, werden sie wie Schienen mit Kleinbuchstaben bezeichnet. Schließlich gibt es noch Balkone und Doppelbalkone. Balkone werden in die transparenten Wände eingehängt, um darauf normale Steine zu platzieren. Wie diese vielen Elemente mit wenigen Buchstaben beschrieben werden, wird jetzt gezeigt. Zuerst kommt die Tabelle mit den neuen Teilen und den dazu gehörenden Symbolen.

Zeichen	Element	Bemerkung
L	Säule	7 Höheneinheiten
xL	Tunnelsäule	Säule mit Loch in der Mitte
B	Balkon	Wird in einer Wand eingehängt
E	Doppelbalkon	Kommt auf ein Höhenelement
xs	Kurze Wand	Mit 10 + 10 Aussparungen zum Einhängen von Balkonen
xm	Mittellange Wand	Mit 10 + 13 + 10 Aussparungen
xl	Lange Wand	Mit 10 + 13 + 13 + 10 Aussparungen
a	Kurze Bernoullischiene	Wie die gebogene Schiene b, nur kürzer
c	Schiene gebogen minus	Gebogene Schiene, Bahn macht Drehung entgegen Uhrzeigersinn
d	Schiene gebogen plus	Gebogene Schiene. Wenn oben eingehängt, geht die Bahn nach rechts

Die Schienen **a**, **c** und **d** sind kurze gebogene Schienen. Bei den Schienen mit dem Zusatz plus oder Minus läuft die Kugel nicht gerade nach unten sondern macht noch eine Biegung im (plus) oder entgegen dem (minus) Uhrzeigersinn. Die Biegung wäre genau andersherum, wenn Du die Schiene vom unteren Stein aus betrachtest.



gebogene Schienen b,c, a und d

Neue Höhenelemente

Säule, Tunnelsäule und Doppelbalkon sind Höhenelemente, die beliebig übereinander gestapelt werden können, auch gemischt mit den anderen Höhensteinen. Säulen sind so hoch wie 7 graue Höhensteine, ein Doppelbalkon ist so hoch wie ein schwarzer Höhenstein.

Bisher wurden für Höhenelemente keine Orientierungen gebraucht. Da die Tunnelsäule ein Loch hat, ist aber hier die Orientierung wichtig und muss angegeben werden. Wie bei vielen anderen geraden Elementen sieht Orientierung **a** und **d** gleich aus, ebenso **b** und **e** oder **c** und **f**. **Die Richtung von Balkon und Doppelbalkon wird berechnet**, sie darf auch angegeben werden, muss dann aber korrekt sein. Dabei ist **a** wie immer die Orientierung nach oben, für den einfachen Balkon leicht rechts oben. Für normale Säulen ist die Orientierung unnötig, falls aber eine angegeben wurde, wird sie ignoriert.

Weil das schon relativ komplizierte Regeln sind, kommt nun ein Beispiel zur Notierung der Höhenelemente auf Position **23**, wobei hier alle Steine die Orientierung **a** haben, für die eine Orientierung gebraucht wird:

```
23 LEa2Ca # eine Säule, Doppelbalkon, 2 Höhensteine und eine Kurve gestapelt
23 xLaEa2Ca # wie vorher, statt Säule eine Tunnelsäule
23 1L4Ca # In einer Höhe von 1+7+4=12 eine Kurve (Säule ist 7 Steine hoch)
23 93Ca # In einer Höhe von 9+3=12 wieder eine Kurve auf Höhenelementen
```

Wände

Wände verbinden wie eine Schiene zwei Steine, aber nur Säulen oder Tunnelsäulen. Daher müssten sie eigentlich wie Schienen hinter den Stein geschrieben werden. Da an den Wänden aber einfache Balkone hängen, muss klar sein, zu welcher Wand die einfachen Balkone gehören. Daher wird jede Wand auf einer neuen Zeile notiert und danach folgen die Beschreibungen der einfachen Balkone für diese Wand. Eine Wand muss nicht immer in die unterste Säule eingehängt werden. Daher erhält eine Wand neben der Richtung auch die Nummer der Säule, in der sie eingehängt ist. Die Nummer beginnt mit Eins für die unterste Säule (und kann weggelassen werden). Wird sie stattdessen in die Säule darüber eingehängt, notierst Du die Zahl 2 und so weiter. Da eine Wand so hoch ist wie zwei Säulen, kann die zweite Wand in der gleichen Richtung erst in die dritte Säule eingehängt werden.

Betrachte nun das folgende Beispiel, wo auf Position 13 zwei Wände übereinander in Richtung b eingehängt sind, auf Position 15 ist die Wand genau so hoch wie die zweite Wand auf Position 15:

```
13 LLLLCc # vier Säulen übereinander
13 xlb    # darin zwei Wände eingehängt, hier die erste
13 3xlb   # und die zweite
15 77LLCc # 14 Höhensteine, nur zwei Säulen
15 xlb    #: Wand hat die gleiche Höhe wie die zweite Wand oben
```

Doppelbalkon

Ein Doppelbalkon erstreckt sich über zwei Felder der Grundplatte. Beide Felder müssen beschrieben werden. Ein Teil des Doppelbalkons wurde ja schon bei den gestapelten Höhenelemente notiert (siehe oben). Der überstehende Teil vom Doppelbalkon befindet sich genau über einem Loch der Grundplatte. Diese Feldangabe kommt in eine neue Zeile. Es ist immer die Angabe der Position auf der Grundplatte, auch wenn sich der tragende Stein oder die tragende Säule auf einer transparenten Ebene befindet. Dann folgt nochmals das Zeichen (**E**) für den Doppelbalkon. Wenn der zweite Teil des Doppelbalkons auf einer anderen Grundplatte liegt, muss die Grundplatte mit einer `_` Zeile umgeschaltet werden. Daher ist es wie schon weiter oben erwähnt einfacher, die fortlaufende Notation der Positionen zu benutzen und die Zeilen für die Grundplatten wegzulassen. Nun kommt die Beschreibung, was auf den Doppelbalkon gelegt wird. Wie immer kommen zuerst Höhensteine, falls welche darauf liegen, dann ein anderer Stein zum Abschluss. Natürlich darfst Du zu dem abschließenden Stein auch wie üblich Schienen notieren.

Die zweite Zeile für den Doppelbalkon, die mit **E** beginnt, muss aufgeschrieben werden, bevor ein neuer Doppelbalkon notiert werden kann. Wenn Du mehrere Doppelbalkone übereinander anordnen willst, müssen alle zweiten Zeilen für die Doppelbalkone in der Reihenfolge aufgeschrieben werden, wie sie von unten nach oben eingebaut sind, bevor an anderen Stellen neue Doppelbalkone beschrieben werden. Ein Beispiel:

```
_ 1 1      # Grundplatte 1
15 LLELLEaCc # vier Säulen übereinander mit zwei Doppelbalkonen
15 xlb      # die untere Wand
15 2xlb     # die obere Wand
_ 2 1      # Der untere Doppelbalkon zeigt auf die zweite Grundfläche
11 E+Cf md  # Doppelbalkon mit halbem Höhenstein und Kurve mit einer Schiene
_ 1 1      # Dieser Doppelbalkon liegt auf der ersten Grundfläche
14 ECa      # zweiter (oberer) Doppelbalkon mit Kurve
```

Einfache Balkone

Die einfachen Balkone werden in eine Wand eingehängt. Auch sie befinden sich dann über einem Loch der Grundplatte. Nun hast Du schon mal die Position des Balkons. Danach musst Du sagen, in welche Aussparung der Balkon eingehängt wurde. Die Aussparungen werden von unten nach oben nummeriert. Wo es 13 Löcher gibt, geht es von 1 bis 9, dann kommt a,b,c,d. Bei 10 Aussparungen gibt es die Positionen 6, 7 und 8 nicht, Du zählst also von unten von 1 bis 5, dann kommt 9 bis d. Danach notierst Du das **B** für Balkon.

Da sich mehrere Wände an einer Position übereinander befinden und in die gleiche Richtung zeigen können, muss bei den Balkonen immer klar sein, zu welcher Wand sie gehören. Das wird dadurch erreicht, dass die einfachen Balkone immer direkt nach der Zeile für die Wand beschrieben werden. Sobald eine neue Wand notiert wird, gelten die Zeilen für einfache Balkone dann für diese Wand. Hier kommt wieder ein Beispiel:

```
35 LLLLCc   # vier Säulen übereinander, darin drei Wände eingehängt
35 xld      # zwei Wände zeigen in die gleiche Richtung
54 dBCb     # Balkon in der ersten Wand in Loch 13, mit Kurve darauf
54 5BCe af  # weiterer Balkon in Loch 5 mit Kurve darauf und Schiene
35 2xld     # Wand über der ersten Wand
44 1B1+Ca aa # Balkon in der zweiten Wand in Loch 1, mit 3 Steinen und Schiene
35 1xsc     # dritte Wand auf einer Höhe zwischen den beiden vorigen Wänden
26 3B       # Balkon in der kurzen Wand in Loch 3, ohne Steine darauf
```

Wie bei den Doppelbalkonen sind die Positionsangaben der Balkone immer für die Grundplatte, nie für transparente Ebenen und auch hier ist die fortlaufende Notation von Positionen meist einfacher.

Teile aus Gravitrax Pro®

Mixer, Splitter Helix und Turntable

Der **Mixer** ist ein Stein, der ähnlich symmetrisch wie der Startstein ist. Er wird mit **xM** notiert. Es gibt nur zwei Orientierungen, die sich unterscheiden. Die Besonderheit ist der grüne Stein, der je nach Stellung festlegt, wohin die Kugel rollt. Wenn Du willst, kannst Du die Richtung der auslaufenden Kugel als Zusatzangabe zwischen **xM** und die Orientierung des Mixers schreiben. Für die Orientierung **a**, **c** und **e** des Mixers sind nur die Richtungen **b**, **d** oder **f** möglich, für **b**, **d** und **f** die anderen drei Richtungen. Ein anderer Zusammenbau des Mixers ist möglich, wo die Richtungen anders sind. Das wird im Programm aber nicht berücksichtigt.



Mixer (xM)



Splitter (yS)



Helix (yH)



Turntable (yT)

Der **Splitter** ist ein Stein, der je nach Stellung der drehbaren grünen Klappe die Kugel in eine oder die entgegengesetzte Richtung lenkt. Daher entscheidet die Stellung der Klappe, in welche Richtung die Kugel läuft. Oben am Stein können genau wie bei der Kreuzung bis zu vier Schienen verbunden werden. Die Orientierung ist daher genau so festgelegt wie für eine Kreuzung. Bei Orientierung **a** zeigt die grüne Klappe nach oben leicht nach rechts. Damit brauchst Du keine zusätzliche Angabe, wie die Klappe am Anfang steht. Der Splitter erhält das Symbol **yS**.

Die **Helix** sieht auf den ersten Blick so aus, als ob die Orientierung keine Rolle spielt. Die Funktion ist auch gleich, egal welche Orientierung man wählt. Da aber eine Bahn oben mal flacher, mal steiler beginnt, soll die Orientierung **a** die sein, bei der die Bahn weniger steil abfällt. Die Helix wird mit **yH** notiert. Beim Element **Turntable** gibt es auf der oberen Ebene eine durchgehende Bahn. Als Symbol wird **yT** festgelegt und bei Orientierung **a** geht die Kugel in der oberen Ebene von oben nach unten.

Carousel

Die Erweiterung **Carousel** erhält als Symbol die Buchstaben **yK**. Sie hat sowohl in der unteren als auch oberen Ebene abwechselnd einen Kugeleinlauf (so hoch wie ein schwarzer Stein) und einen etwas tieferen Kugelauslauf. Wenn der Stein die Orientierung **a** hat, zeigt in der unteren Ebene ein Kugelauslauf nach oben. Dann ist in der oberen Ebene dort ein Kugeleinlauf. Je nachdem wo eine Kugel oben oder unten ankommt, kann sie liegen bleiben oder in eine neue Richtung wieder auslaufen (Einlauf **a**, Auslauf **b** usw.).



Carousel (yK)

Releaser

Die Erweiterung **Releaser** wird mit der Buchstabenfolge **yR** notiert. Dieses Element hat unten einen 3 in 1 Stein, der auch die Orientierung bestimmt. In der mittleren Ebene ist ein bewegbaren Kugelauslauf. Wenn wie im Bild rechts die untere Ebene die Orientierung **a** hat, dann sind für den Kugelauslauf in der Mitte die Richtungen **a**, **b**, **c** und **d** möglich. Die Richtung wird wie bei anderen Steinen als Detail zwischen das Symbol **yR** und die Orientierung des Steins geschrieben. In der oberen Ebene können Kugeln ankommen und bleiben so lange liegen, bis eine Kugel in der unteren Ebene den Auslauf in der Mitte freigibt.



Releaser (yR)

Damit sind alle Regeln für die bisher bekannten Teile bis auf die Power Serie beschrieben.

Für die Elemente aus der Power Serie wurden Symbole festgelegt, die mit **z** beginnen. Diese Elemente werden aber im Programm nicht korrekt mit ihrer Funktion berücksichtigt.

Die verstreuten Informationen findest Du noch einmal zusammengefasst im Anhang. Wie Du siehst, werden die Regeln immer komplizierter, je mehr und kompliziertere Teile es gibt. Aber auch bei den Vorschlägen für Bahnen, die im Beiheft zum vertikalen Starterset zu finden sind, werden bis zu 11 Bilder gebraucht, um zu zeigen, wie Bahnen gebaut werden.

10 Die Aufzeichnung einer Bahn

Wenn Du eine funktionierende Bahn hast, die Du aufschreiben willst, ist es eine gute Methode, die Bahn nach und nach abzubauen und dabei zu notieren was Du gerade abbaust.

Damit Du auch später noch weißt, was die vielen Buchstaben und Zahlen bedeuten, schreibst Du erst einmal auf, wie Du die Bahn nennen willst. Dann willst Du vielleicht später einmal wissen, wann Du die Bahn gebaut hast. Dazu kannst Du in eine neue Zeile „Datum: ...“ schreiben. Wie Du das Datum genau schreibst, ist egal.

Hast Du vor, Deine Bahnen mit anderen auszutauschen, solltest Du auch noch „Name: ...“ ergänzen. Weitere Zeilen, die mit einem # beginnen, können eine zusätzliche Beschreibung Deiner Bahn enthalten..Der Anfang von Deiner Beschreibung könnte also so aussehen:

```
Bahn A aus dem Bauplanheft vom Starterset
Datum: 24. Dezember 2020
Name: Melanie Müller
# Jetzt fängt die Beschreibung der Bahn an
```

Wenn Du transparente Ebenen benutzt, fängst Du mit der oberen Ebene an. Zuerst schreibst Du, auf welcher Grundplatte () sich der Mittelpunkt der transparenten Ebene befindet, dann kommt die Zeile mit dem ^, das die Ebene beschreibt. Notiere dann den ersten Stein mit seiner Höhe und den Schienen, die von diesem Stein abgehen. Dann räumst Du diese Schienen und danach den Stein ab. So verfährt Du, bis die Ebene leer ist und machst mit der nächsten Ebene weiter. Sind nur noch Steine auf der Grundfläche übrig, schreibst Du zuerst eine Zeile mit der Position der Platte auf (), von der Du Steine abräumen willst. Dann verfähre wie mit den transparenten Ebenen. Du kannst immer wieder zwischen den Grundplatten wechseln, indem Du _ Zeilen einfügst. Wenn auch die Grundfläche leer ist, sollte die Bahn korrekt notiert sein. Natürlich kannst Du auch umgekehrt vorgehen und beim Aufbau mitschreiben, welche Teile Du jeweils zur Bahn hinzufügst.

11 Meine GraviTrax® Baukästen

Welche GraviTrax® Baukästen Du hast, kannst Du auch aufschreiben. Das ist in Verbindung mit dem erwähnten Programm nützlich. Wenn Du eine Anleitung für eine Bahn hast, kann das Programm zählen, welche Teile Du wie viel mal brauchst, um die Bahn zu bauen. Dann kann das Programm prüfen, ob die Teile in deinen Baukästen für diese Bahn reichen. Die Namen der Baukästen lauten wie folgt:

Starter Sets	Erweiterungssets	Actionsteine		
Starter Set	Bauen	Seilbahn	Looping	Flextube
XXL Starter Set	Trax	Transfer	Gaußkanone	Helix
Starter Set vertikal	Tunnel	Jumper	Hammer	Turntable
Starter Set Speed	Lift	Flip	Katapult	Color Swap
	Brücken	Tiptube	Spirale	Carousel
	Erweiterung vertikal	Vulkan	Mixer	Game Sets
	Advent 21	Trampolin	Splitter	Game Flow
		Kaskade	Spinner	Game Impact
			Dipper	Game Course

Du kannst in die erste Zeile Deinen Namen schreiben, falls Du auch von anderen weißt, was für Baukästen sie haben und schauen willst, welche Bahnen sie mit ihren Teilen bauen können. Danach notierst Du Zeile für Zeile, wie viele Baukästen Du von welcher Sorte hast, zuerst die Zahl, dann den Namen. Es muss natürlich mindestens ein Starter Set dabei sein. Du kannst sogar einzelne Teile dazu schreiben, dazu verwendest Du die Symbole, nicht die Namen der Teile. Wenn Du ein Teil verloren hast oder es kaputt ist, zum Beispiel ein Kurvenstein, trägst Du es mit einem Minuszeichen ein. Deine Liste könnte so aussehen:

```
Melanie Müller
2 Starter Set
1 Hammer
1 Spirale
3 s          # 3 kurze Schienen mehr
-1 C         # ein Kurvenstein fehlt
```


Wenn Du für mehrere Personen solche Listen hast und diese mit dem schon mehrfach erwähnten Programm speichern willst, wird angenommen, dass die erste Liste, die gespeichert wird, Deine Baukästen enthält. Für die Steine Lift, Spirale und Fallbrücke werden Teile gebraucht, bei denen es nur auf deren Zahl ankommt und für die bis jetzt kein Kurzzeichen festgelegt wurde. Für den Bau der Bahnen ist es aber wichtig zu wissen, wie viele dieser Teile vorhanden sind. Daher werden auch für diese Elemente Symbole verwendet. Software zur Aufzeichnung der Bahnen

Wenn Du Bahnen baust, kann es vorkommen, dass die Höhensteine nicht reichen. Da es Anleitungen gibt, wie Du selbst Säulen bauen kannst, hast Du vielleicht schon welche und willst vermerken, wie viele Du mit welcher Höhe hast. Dafür kannst Du die Ziffern 3 bis 9 verwenden, die bisher nur als Höhe, nicht aber für einen Stein verwendet werden. Im Bild siehst Du einen solchen Stein mit Höhe 7 und schwarzem Höhenstein als Abschluss. Das Sechseck unten ist ein ausgestanztes Teil aus der Grundplatte, das wieder genau in die Grundplatte passt.



Selbst gebaute Säule
mit halbem Höhenstein

12 Software zur Aufzeichnung der Bahnen

Das obige Konzept wurde in einem Perl-Programm implementiert. Neben einem Standard-Perl sind das Datenbankmodul DBD :: SQLite, SVG und für die Unterstützung der Mehrsprachigkeit das Modul Locale :: Maketext :: Lexicon nötig. Beim Installieren der Module werden dann weitere perl Module mit installiert, zum Beispiel DBI. Die Unterstützung anderer Datenbanken als sqlite3 ist derzeit nicht geplant. Während des ersten Aufrufs von gravi wird eine .gravi.db sqlite3-Datei im Home-Verzeichnis des Benutzers erstellt. Wenn Anweisungen für den Bau einer Bahn angezeigt werden, kann danach eine SVG-Bilddatei (Webbrowser haben die beste Darstellung) erstellt werden.

Installation unter Linux

Ein installiertes perl vorausgesetzt gibt es bei der Installation keine Besonderheiten. Das neueste marblerun-xy.tar.gz wird heruntergeladen (xy ist die Versionsnummer), ausgepackt und in das neue Verzeichnis wird gewechselt. Danach erfolgt die übliche Prozedur zum Installieren von perl Modulen:

```
tar xf marblerun-xy.tar.gz # xy ist die aktuelle Version, z.B. 1.01
cd marblerun-xy
perl Makefile.PL
make
make test
make install
```

Das Programm kann auch im Homedirectory installiert werden, wenn Du das Perl Modul local::lib benutzt. Wie das geht, ist an vielen Stellen im Internet zu finden, zum Beispiel hier: <https://metacpan.org/pod/local::lib>

Installation unter Windows

Die Installation unter Windows setzt Strawberry-Perl (<https://strawberryperl.com/>) voraus.

Beim Installieren von Strawberry perl muss die Sicherheitswarnung ignoriert werden. Wenn Strawberry perl installiert ist, öffnest Du die Eingabeaufforderung. Danach musst Du einige benötigte perl Module nachinstallieren und die weiteren Befehle ähnlich wie bei Linux eingeben. DBD::SQLite sollte bei Strawberry Perl schon dabei sein, dann bewirkt der cpan Befehl nichts. Wenn Strawberry-Perl installiert ist, darf nicht gleichzeitig ActiveState Perl auch installiert sein, sonst funktionieren die folgenden Befehle nicht.

```
cpan install DBD::SQLite
cpan install SVG
cpan install Locale::Maketext::Lexicon
tar xf marblerun-xy.tar.gz # xy ist die aktuelle Version, z.B. 1.01
```

Mit dem letzten Befehl wurde ein neues Verzeichnis angelegt. In dieses Verzeichnis musst Du nun gehen

```
cd marblerun-xy
und dann dort die folgenden Befehle ausführen.
```

```
perl Makefile.PL
gmake
```

```
gmake test
gmake install
```

Da Du die Eingabeaufforderung (das Programm `cmd`) oder ein anderes Windows Terminalprogramm (die Power Shell oder das Windows Terminal) benutzen musst, werden die Zeichen dort normalerweise mit Windows Kodierung ausgegeben. Da das Programm `gravi` aber Unicode Zeichen verwendet, würden einige Sonderzeichen falsch dargestellt. Daher wird im Programm die aktive Codepage auf Unicode (65001) geändert und am Ende des Programms wieder zurückgesetzt. Da normalerweise eine Schriftart eingestellt ist, wo einige Unicode Zeichen fehlen, sollte die Schriftart für die Eingabeaufforderung geändert werden. Dazu klickst Du mit der rechten Maustaste auf die obere Leiste des Programms. Im Menü, was sich dann öffnet, wählst Du den Reiter Schriftart. Dort kannst Du entweder die Schrift „DejaVu Sans Mono“ oder „Source Code Pro“ wählen. Nur diese beiden Schriften stellen alle verwendeten Sonderzeichen korrekt dar. Diese Einstellung musst Du nur einmal vornehmen, Windows merkt sich Deine Wahl der Schrift.

Benutzung des Programms

Nach der Installation kannst Du das Programm `gravi` aufrufen. Das machst Du unter Linux in einem Terminalfenster und unter Windows in der Eingabeaufforderung.

Zu Beginn kommt aber erst noch ein Hinweis. Alle Namen der Teile und Baukästen werden mit ihren englischen Namen in der Datenbank gespeichert. Das Programm wurde so geschrieben, dass immer auch die englischen Namen akzeptiert werden, wo das wichtig ist. Das gilt auch in den Dateien mit den gespeicherten Bahnen. Du kannst dort zum Beispiel Level statt Ebene verwenden, Date statt Datum, Author statt Autor und Source statt Quelle. Auch anstelle von J für Ja bei Fragen kann das englische Y für Yes benutzt werden.

Beim allerersten Aufruf von `gravi`, wenn noch keine Datenbank angelegt wurde, kannst Du wählen, ob eine Bahn als Beispiel gespeichert werden soll. In dem Fall wird diese Bahn als erste Bahn gespeichert und gleich danach wird die Bauanleitung ausgegeben. Willst Du ein Bild dieser Bahn erhalten, musst Du bei der Frage nach einem Dateinamen etwas angeben, zum Beispiel `demo`. Dann wird eine Datei `demo.svg` erzeugt, die das Bild der Bahn enthält. Diese Datei kannst Du dann mit einem Programm anschauen, was SVG Dateien versteht. Das sind zum Beispiel Web Browser wie Firefox, Chrome oder auch Microsoft Edge.

Fehlermeldungen und andere Texte, die das Programm ausgibt, sind in Englisch programmiert und werden erst durch eine Datei mit Übersetzungen ins Deutsche umgewandelt. Du kannst aber auch probeweise die **Sprache umstellen**. Mit der Option `-l en` wird das Programm auf englisch umgestellt, also

```
gravi -l en
```

Das Programm ist die Zentrale für alle Funktionen rund um Deine Murmelbahnen. Zuerst kannst Du die Liste Deiner Baukästen speichern. Das ist nicht unbedingt notwendig, hat aber viele Vorteile. So kannst Du sehen, ob deine Teile für den Bau einer bestimmten Bahn reichen oder welche Teile Dir dazu fehlen. Ohne Deine Liste wird angenommen, dass Du nur ein Starterset hast. Die Eingabe Deiner **Liste der Baukästen** geht mit

```
gravi -a Datei_mit_der_Liste
```

Genau so kannst Du Deine eigenen notierten **Bahnen speichern**. Falls Du noch keine hast, kannst Du auch die mitgelieferten Bahnen im Unterverzeichnis `runs` speichern. Das geht mit einem Aufruf für alle Dateien im Verzeichnis `runs`

```
gravi -a runs
```

Damit hast Du eine ganze Menge Bahnen gespeichert. Hast Du eine neue Bahn aufgeschrieben, solltest Du erst einmal die **Bahn prüfen**, ob es noch Fehler gibt, ohne die Bahn gleich zu speichern. Das machst Du mit

```
gravi -an meine_neue_Bahn
```

Wenn nur eine Bahn geprüft wird, kannst Du Dir auch das Bild der Bahn ausgeben lassen siehst, wo vielleicht eine Schiene fehlt oder ein Stein die falsche Orientierung hat. Ist die **Bahn** doch aus Versehen (in der sqlite Datenbank `.gravi.db` in Deinem Home Directory) gespeichert, kannst Du sie **überschreiben**, indem Du die geänderte Bahn (wieder mit `-a`) eingibst. Denke aber bitte daran, dass mit einer neuen Datumszeile oder

auch mit geändertem Autor, Name oder Quelle es eine neue Bahn wird. Dann kannst Du die alte Bahn auch **löschen**:

```
gravi -d
```

Danach fordert Dich das Programm auf, die Nummer der Bahn anzugeben, die Du löschen willst. Rufst Du das Programm ohne weitere Parameter auf, erhältst Du eine **Übersicht der gespeicherten Bahnen**:

```
gravi
```

Liste der in der Datenbank registrierten Kugelbahnen

```
-----  
Nr OK x*y*z Name (Quelle)  
-----
```

```
1 J 2x2x0 Bahn A (Bauplanheft)  
2 J 2x2x0 Bahn B (Bauplanheft)  
3 J 2x2x0 Bahn C (Bauplanheft)  
4 J 2x2x0 Bahn D (Bauplanheft)
```

```
...
```

```
14 N 2x2x1 Bahn E vertical (Vertical Construction plan booklet)
```

Zeige die Bauanleitung für eine Kugelbahn an:

Bitte wähle eine Nummer aus obiger Liste

Gibst Du nun nichts weiter ein (Enter), dann wird das Programm beendet. Wenn Du aber durch die Eingabe einer Nummer eine Bahn auswählst, wird die **Beschreibung der Bahn** angezeigt. Gibst Du eine 1 für Bahn Nummer 1 an, sieht das so aus:

Anleitung für Bahn A mit 2x2 Bodenplatten

Bitte gib einen Dateinamen ein (oder ENTER ohne SVG)

Nun kannst Du noch wählen, ob Du ein **Bild der Bahn** (vereinfachte Ansicht von oben) erzeugen willst, oder nur die Bauanleitung sehen willst. Das Bild wurde bereits weiter oben gezeigt, sodass es hier nicht noch einmal abgebildet wird. Mit der Option -m wird auch eine vereinfachte Animation der Kugeln im SVG Bild erzeugt. Die Webbrowser zeigen die SVG's mit der Animation normalerweise korrekt an, Bildbetrachter eher nicht.

Rund um die Grundplatten werden im Bild die horizontalen und vertikalen Koordinaten angegeben, damit Du schnell ermitteln kannst, wo sich ein Feld mit angegebener Position befindet. Die Positionen können auch innerhalb der Grundplatte auf freien Positionen ausgegeben werden, dazu musst Du beim Aufruf von gravi die Option -f (für das Füllen der freien Felder) angeben.

Die Ausgabe des Programms Bahn 1 sieht etwas anders aus als oben gezeigt:

```
Auf Pos 43 5 x Höhenstein groß, Start Orientierung ↘ (c)  
Auf Pos 55 3 x Höhenstein groß, Kurve Orientierung ↖ (f)  
Auf Pos 85 3 x Höhenstein groß, Kurve Orientierung ↖ (f)  
Auf Pos 69 Kurve Orientierung ↗ (e)  
Auf Pos 6a Kurve Orientierung ↖ (f)  
Auf Pos 7a Ziel Orientierung ↗ (b)  
Von Pos 43 nach Pos 55 Schiene kurz Richtung ↘ (c)  
Von Pos 55 nach Pos 85 Schiene mittel Richtung ↓ (d)  
Von Pos 85 nach Pos 69 Schiene lang Richtung ↗ (b)
```

Das ist die auch schon erwähnte **andere Angabe der Positionen**, wo die Positionen von 1..9a..z angegeben werden. Dadurch wird der Text etwas kürzer, da jetzt ja nicht mehr gesagt werden muss, auf welcher Grundplatte sich ein Stein befindet. Für die Beschreibung mit den Grundplatten musst Du die Option -r angeben, das bedeutet, die Positionen sind relativ zur oberen linken Ecke der jeweiligen Grundplatte, also:

```
gravi -r
```

Im Beispiel oben steht nach der Bahn mit der Nummer 14 ein N, das heißt, dass Du nicht alle Teile hast, um

die Bahn zu bauen. Welche Teile das sind, erfährst Du, wenn Du beim Aufruf von `gravi` noch die Option `-v` (für Englisch **verbose**, geschwätzig) angibst, also

```
gravi -v 14
```

Willst Du nur die Teile sehen und nicht die Bauanleitung für die Bahn, kannst Du noch die Option `-q` (für Englisch **quiet**, still) verwenden. Dann wird die Bauanleitung nicht gezeigt: Mit dieser Option wird aber immer noch ausgegeben, was Du zu Beginn eines Kugellaufs beachten musst, zum Beispiel Kanone laden oder Hammer richtig stellen. Das ist nützlich, wenn die Bahn richtig funktionieren soll.

```
gravi -qv 14
```

Hast Du eine Erweiterung mit einer extralangen langsamen Schiene und willst wissen, in welchen Bahnen sie verwendet wird, hilft Dir das Programm auch bei der **Suche**. Das Symbol für die Schiene ist `q`. Du schreibst nun

```
gravi q
```

Dann werden die Bahnen angezeigt, in denen diese Schiene verwendet wird:

Liste der in der Datenbank registrierten Kugelbahnen

Nr OK x*y*z Name (Quelle)

16 J 2x2x1 Lift Bahn (Wolfgang)
34 J 2x2x0 Bahn 6a unfolding bridges (Wolfgang)

Zeige die Bauanleitung für eine Kugelbahn an:

Bitte wähle eine Nummer aus obiger Liste

Du kannst auch noch anders Bahnen auswählen. Als Kriterien sind neben der Nummer der Bahn und der schon vorgestellten Möglichkeit, ein in der Bahn benutztes Element anzugeben, auch noch eine Zeichenkette möglich, die im Bahnnamen vorkommt, oder auch ein OK für Bahnen ohne fehlende Elemente. Durch Komma getrennte Kriterien müssen alle, durch Leerzeichen getrennte können erfüllt sein. Wenn Du die langsame Schiene nicht hast und wissen willst, in welchem Erweiterungskasten sie vorkommt, kannst Du Dir erst mal die **Namen aller bisher bekannten Kästen** anzeigen lassen:

```
gravi -s
```

Um auch die **darin befindlichen Teile** anzuzeigen, schreibst Du

```
gravi -sv
```

und kannst aus der langen Liste sehen, dass diese Schiene aus der Erweiterung „Brücken kommt. Gibst Du beim Aufruf mit `-s` Kastennummern oder einen Teil des Namens an, werden nur die Teile aus den entsprechenden Kästen ausgegeben, wie Du im folgenden Beispiel siehst:

```
gravi -s Brücken,10
```

```
8 Brücken
12 x Brückenelement      3 x Schiene kurz      3 x Brückenstein
 2 x Schiene langsam      2 x Schiene extralang  2 x Schiene mittel
 1 x Schiene lang
10 Hammer
 3 x Schiene kurz      2 x Schiene mittel      1 x Schiene lang
 1 x Hammer
```

Hast Du einmal die **Liste der Abkürzungen** für die Steine und Schienen nicht zur Hand, kannst Du Dir das auch schnell anzeigen lassen.

```
gravi -e
```

Bist Du Dir nicht mehr sicher, ob Du alle **Deine Baukästen** registriert hast, kannst Du nachschauen:

```
gravi -i
```

Was mit dem Programm noch alles möglich ist, erfährst Du im **Hilfetext**

```
gravi -h
```

Da werden auch die oben beschriebenen Funktionen erwähnt. Bist Du nun neugierig geworden und willst Details wissen, wie das Programm intern funktioniert oder willst sogar bei der Verbesserung des Programms mithelfen, ist der nächste Abschnitt für Dich. Ansonsten ist die Beschreibung hier zu Ende

13 Programmdetails

Das Programm wurde in perl5 geschrieben. Nahezu jede Version sollte benutzbar sein. Das Programm funktioniert sowohl unter Linux als auch unter Windows. Die Bahnen werden in einer sqlite Datenbank gespeichert, wobei nur an einer Stelle ein sqlite spezifische Befehl verwendet wird. Wegen der geringen Datenmenge ist sqlite sicher optimal. Eine Anpassung an eine andere Datenbank sollte aber leicht möglich sein. Das Programm gravi verwendet das neu entwickelte perl Modul Game::MarbleRun und Untermodule. Details zu den verwendeten perl Modulen erhältst Du wie in perl üblich mit

```
perldoc Game::MarbleRun
perldoc Game::MarbleRun::Store und
perldoc Game::MarbleRun::Draw
```

Der Speicherort für die SQLite Datenbank kann in der Prozedur new geändert werden.

Das Programm gibt standardmäßig Texte in der eingestellten Sprache aus, das wird durch Übersetzungsdateien de.po, fr.po usw. realisiert. Wenn es die Dateien nicht oder nur unvollständig gibt, wird auf Englisch ausgewichen. Für Deutsch ist die Übersetzung komplett, für Französisch gibt es nur die meisten Bausteine in der Übersetzung. Nach der Installation des Programms kann eine neue .po Datei durch den Aufruf

```
make_gravi_po_file -l lang
```

erzeugt werden, wobei lang entweder eine Abkürzung für eine Sprache wie z.B. fr, es, hu usw. ist oder auch ein Dialekt wie en_GB oder en_US oder auch ein Dialekt mit Angabe der Kodierung, wie z.B. de_DE.UTF-8.

14 Anhang

Tabelle aller verwendeten Elemente und deren Abkürzungen

Abkürzung	Element	Detail / Bemerkung
–	Bodenplatte	Nummer der Bodenplatte: Zeile Spalte
@	Kleine runde Bodenplatte	So groß wie eine transparente Ebene
(Kleine halbrunde Bodenplatte links	Links mit Steg, rechts mit zwei Einkerbungen
)	Kleine halbrunde Bodenplatte rechts	Die andere Hälfte, die mit (kombinierbar ist
*	Bodenplatte für ein Element	Auf dieser Platte hat nur ein Element Platz
!	Nicht dargestellte Bodenplatte	Nummer der Bodenplatte: Zeile Spalte
^	Transparente Ebene	Position des Mittelpunkts, keine Orientierung
=	Transparente Ebene klein	Position des Mittelpunkts, keine Orientierung
o	Kugel	Farbe ARGB, Richtung a-f
+	Höhenstein klein	
1	Höhenstein groß	
2	Höhenstein x 2	Nicht sinnvoll
3	Höhenstein x 3	Nur für Zahl der eigenen Elemente
4	Höhenstein x 4	Nur für Zahl der eigenen Elemente
5	Höhenstein x 5	Nur für Zahl der eigenen Elemente
6	Höhenstein x 6	Nur für Zahl der eigenen Elemente
7	Höhenstein x 7	Nur für Zahl der eigenen Elemente
8	Höhenstein x 8	Nur für Zahl der eigenen Elemente
9	Höhenstein x 9	Nur für Zahl der eigenen Elemente
A	Start	Kugelangabe
B	Balkon	
C	Kurve	
D	Freifall	
E	Doppelbalkon	Balkonnummer,E, Steinbeschreibung
F	Flip	
G	Fänger	
H	Hammer	
I	Tunnel gerade	
J	Jumper	
K	Kaskade	
L	Säule	
M	Gaußkanone	Kugelangabe
N	Vulkan	Kugelangabe
O	Auffangkorb	Keine Höhenangabe, keine Orientierung
P	Splash	Kugelangabe
Q	Looping	
R	Trampolin	
S	Weiche	Detail: Orientierung von Winkelsteinen
T	Tunnelkurve	Weichenstellung + oder -
U	Tunnelweiche	
V	Wirbel	Weichenstellung + oder -
W	3 in 1	
X	Kreuzung	
Y	2 in 1	
Z	Ziel	
xA	Seilbahn Start	Kugelangabe
xB	Brückenstein	Zahl der Brückenelemente (gerade Zahl)
xC	Kurve 3x klein	
xD	Dipper	Hebelstellung (+ oder -)
xF	Lift	Zahl der durchsichtigen Elemente (2 oder mehr)
xG	Basissteine für Einätze	Nur für Zahl der eigenen Elemente
xH	Spirale	Zahl der grünen Elemente (2 oder mehr)
xl	Gerade mit 2 Kurven	2 kleine Kurven links und rechts

xK	Katapult	
xL	Tunnelsäule	
xM	Mixer	Detail:Richtung der auslaufenden Kugel
xP	Color Swap	
xQ	Kurve mit Schleife	Kugel macht einen großen Kreis auf dem Stein
xR	Transfer	
xS	Spinner	Kugelangabe
xT	Tiptube	Kugelangabe
xV	Wirbel mit 3 Eingängen	
xW	2 mal 2 in 1 links	2 große Kurven und eine gerade Bahn
xX	Kreuzung 3fach	Drei gerade durchgehende Bahnen
xY	2 in 1 links mit Kurve	Große Kurve, kleine Kurve und gerade Bahn
xZ	Seilbahn Ende	
yC	Kurve 2x groß	
yH	Helix	
yl	Gerade kreuzt Kurve	1 große Kurve kreuzt eine gerade Bahn
yK	Carousel	
yM	Kanone vertikal	Detail:Richtung der auslaufenden Kugel
yR	Releaser	
yS	Splitter	
yT	Turntable	
yW	2 mal 2 in 1 rechts	2 große Kurven und eine gerade Bahn
yX	Gekreuzte Kurven	2 große Kurven kreuzen sich, eine kleine Kurve
yY	2 in 1 rechts mit Kurve	Große Kurve, kleine Kurve und gerade Bahn
a	Schiene gebogen kurz	
b	Schiene gebogen	
c	Schiene gebogen minus	
d	Schiene gebogen plus	
e	Zielleiter	
f	Lift Röhre	Nur für Zahl der eigenen Elemente
g	Schiene extralang	
h	Spirale Kurve	Nur für Zahl der eigenen Elemente
i	Spirale Start	Nur für Zahl der eigenen Elemente
j	Spirale Auslauf	Nur für Zahl der eigenen Elemente
l	Schiene lang	
m	Schiene mittel	
q	Schiene langsam	
r	Winkelstein	Nur als Detail zu R
s	Schiene kurz	
t	Tunnel vertikal	
u	Lochschiene konkav	
v	Lochschiene konvex	
xa	Seilbahnschiene	
xb	Brückenelement	Nur für Zahl der eigenen Elemente
xi	Lift Kugeleinlauf	Nur für Zahl der eigenen Elemente
xj	Lift Kugelauslauf	Nur für Zahl der eigenen Elemente
xl	Wand lang	Sowohl als Schiene als auch Stein mit Position
xm	Wand mittel	Wandnummer, Höhe des Balkons 1-9,a-c,
xs	Wand kurz	dann B, dann Steinbeschreibung
xt	Flextube	Richtung der auslaufenden Kugel
z+	Lichthöhenstein klein	
z1	Lichthöhenstein groß	
z2	Lichthöhenstein Steuerelement	
zA	Dome Starter	
zE	Elevator	
zF	Finish Trigger	
zL	Lever	
zQ	Queue	
zS	Drop Down Switch	
zT	Trigger	
zZ	Finish Arena	

Abbildung von weiteren Steinen



Start (A)



Ziel (Z)



Kurve (C)



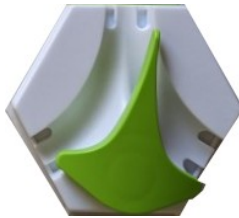
Kreuzung (X)



2 in 1 (Y)



3 in 1 (W)



Weiche (S)



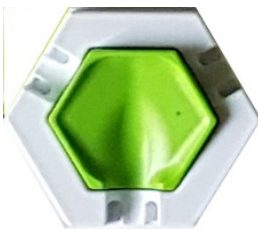
Gaußkanone (M)



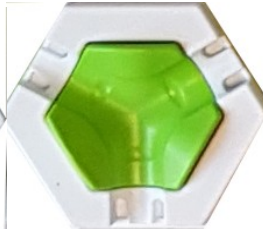
Wirbel (V)



Freifall (D)



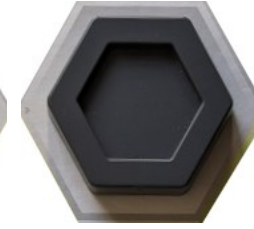
Fänger (G)



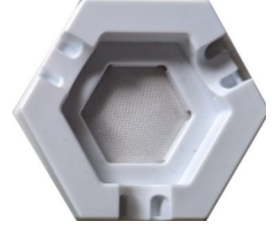
Splash (P)



Höhenstein klein (+)



Höhenstein groß (1)



Basisstein (xG)



Flip (F)



Hammer (H)



Jumper (J)



Kaskade (K)



Katapult (xK)



Tiptube (xT)



Vulkan (N)



Looping (Q)



Transfer (xR)



Dipper (xD)



Spinner (xS)



Spiral (xH)



Tunnel gerade (I)



Tunnelweiche (U)



Tunnelkurve (T)

Orientierung von Elementen

Orientierung	a	b	c	d	e	f
Kurve						
2 in 1, Weiche						
Kreuzung						
Fänger, Freifall						
gerader Stein						
Basisstein						
Balkon						
Kurve 3x klein						
Kurve 2x groß						
2 mal 2 in 1 links						
2 mal 2 in 1 rechts						
2 in 1 links mit Kurve						
2 in 1 rechts mit Kurve						
Kreuzung 3fach						
Gekreuzte Kurven						
Gerade mit 2 Kurven						
Gerade kreuzt Kurve						
Kurve mit Schleife						
Splitter, Wirbel mit 3 Eingängen						

Kommentare, Anregungen, Fehlermeldungen, Verbesserungswünsche oder sogar Korrekturen des Programms und Übersetzungen in andere Sprachen kannst Du gern an mich schreiben: wp.friebel@gmail.com

Quellen im Internet

Derzeit befindet sich die gesamte Dokumentation und die Software sowohl auf <https://www.zeuthen.desy.de/~friebel/gravitemp/> und auf github <https://github.com/wofr06/marblerun>.

© Wolfgang Friebel 2020 – 2025

Stichwortverzeichnis

Baukasten.....		Tunnelweiche.....	12f., 24, 26
Adventskalender.....	2, 9, 14	Turntable.....	2, 17f., 25
Erweiterungsset vertikal.....	2, 15	Vulkan.....	2, 11, 18, 24, 26
Starterset.....	2, 5, 7ff., 12, 15, 17f., 20	gravi.....	1, 3, 7, 9, 19ff.
Vertikale Kanone.....	14	Grundelemente.....	
Doppelbalkon.....	15f., 24	2 in 1.....	5f., 12, 14, 24ff.
Ebenen.....		3 in 1.....	5, 17, 24, 26
Ebene.....	4, 8ff., 14, 16ff., 20, 24	Basisstein.....	5f., 26
Grundplatten.....	3ff., 16, 18f., 21	Fänger.....	5f., 8f., 24, 26
Transparente Ebene.....	9, 24	Freifall.....	5, 24, 26
Erweiterungssteine.....		Gaußkanone.....	5f., 9, 18, 24, 26
Brückenstein.....	13f., 22, 24	Kreuzung.....	5, 7, 14, 17, 24ff.
Carousel.....	2, 17f., 25	Kurve.....	5ff., 11ff., 21, 24ff.
Color Swap.....	2, 11, 18, 25	Splash.....	5, 24, 26
Dipper.....	2, 11, 18, 24, 26	Start.....	5ff., 21, 24ff.
Flextube.....	2, 13, 18, 25	Weiche.....	5f., 11ff., 24, 26
Flip.....	2, 11, 18, 24, 26	Wippe.....	5f., 11ff.
Hammer.....	2, 11, 18, 22, 24, 26	Wirbel.....	5, 8f., 14, 24ff.
Helix.....	2, 12, 17f., 25	Ziel.....	5ff., 13, 21, 24, 26
Jumper.....	2, 11, 18, 24, 26	Höheneinheiten.....	5, 12
Kaskade.....	2, 11, 18, 24, 26	Höhensteine.....	5, 8, 15f., 19, 21, 24, 26
Katapult.....	2, 11, 18, 25f.	Installation.....	2, 19f., 23
Lift.....	2, 9, 12, 18f., 22, 24f.	Kugeln.....	5ff., 10ff., 17, 24f.
Looping.....	2, 11, 18, 24, 26	Level.....	8f., 20
Mixer.....	2, 14, 17f., 25	Orientierung.....	2, 5ff., 11ff., 17, 20f., 24, 27
Releaser.....	2, 17, 25	Positionsangabe.....	4f., 8ff., 12ff., 18, 21, 24f.
Seilbahn.....	2, 13, 18, 24f.	Richtung.....	6ff., 12ff., 21, 24f.
Spinner.....	2, 9, 11, 18, 25f.	Schienen.....	
Spiral.....	26	Bernoulli Schiene.....	12
Spirale.....	2, 12, 14, 18f., 24f.	kurze Schiene.....	7
Splitter.....	2, 17f., 25	lange Schiene.....	7
Tiptube.....	2, 11, 18, 25f.	Lochschiene.....	12, 25
Trampolin.....	2, 13, 18, 24	Schiene extralang.....	14, 22, 25
Transfer.....	2, 11, 18, 25f.	Schiene langsam.....	14, 22, 25
Tunnel.....	2, 12f., 18, 24ff.	Zielleiter.....	7, 25
Tunnel gerade.....	12, 24, 26	Tunnelsäule.....	15f., 24
Tunnel vertikal.....	12, 25	Wände.....	15f., 25
Tunnelkurve.....	12, 24, 26		