

# **Verkehrsfluss bei Bahnsystemen**

“Spielen ist eine Tätigkeit, die man garnicht ernst genug nehmen kann!”

*Jacques-Yves Cousteau*

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Anleitung</b>	<b>4</b>
1. Aufbau der Strecke	5
2. Signalbegriffe	5
3. Simulation der Fahrdynamik	5
4. Beispiel	6
<b>II. Aufgaben</b>	<b>8</b>
1. Erste Stufe	9
1.1. Einführung Fahrdynamik . . . . .	9
1.2. Sicht- und Bremsweg . . . . .	10
2. Zweite Stufe	10
2.1. Blockteilung . . . . .	10
2.2. Verkehrsfluss . . . . .	11
3. Dritte Stufe	12
3.1. Fahrstraßenverschluss und -festlegung . . . . .	12
3.2. Durchrutschweg . . . . .	12
3.3. Zwieschutzweiche . . . . .	13

# Ziel und Materialien

Ziel des Lernspieles ist die Fahrdynamik von Zügen im Zusammenhang mit Blockteilung zu simulieren und zu erfahren. Dafür wird benötigt:

- zwei Züge mit unterschiedlicher Fahrdynamik
- eine Strecke, bestehend aus Spielfeldern
- Halteplätze für die Züge
- Signale für die Blockteilung
- ggf. Weichen

Reale kontinuierliche Größen Zeit ( $t$ ) und Strecke ( $s$ ) werden dabei in diskrete Einheiten von Runden ( $t$ ) und Felder ( $s$ ) eingeteilt. Die Simulation erfolgt also Rundenbasiert, um im Schrittverfahren einen Computer nachzuahmen.

Version 0.6.1 vom 2019-08-26

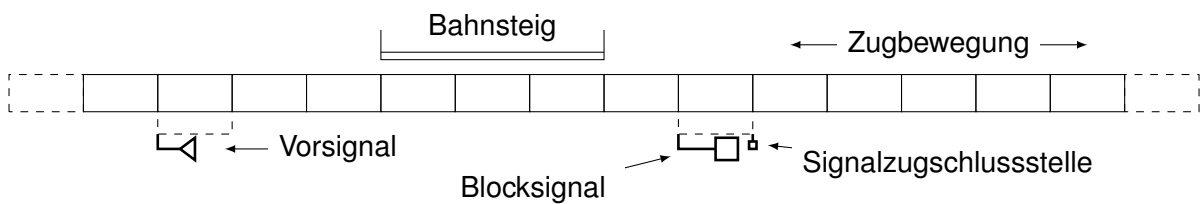
 Dieses Werk steht unter der Creative Commons Lizenz (CC BY 4.0).

**Teil I.**

**Anleitung**

# 1. Aufbau der Strecke

Die Strecke besteht aus einer beliebigen Anzahl von Feldern. An die Strecke können Signale oder Bahnsteigkanten angeordnet werden.



# 2. Signalbegriffe

Das Hauptsignal darf nur Fahrt zeigen, wenn im nachfolgenden Blockabschnitt (von Gleisfreimeldegrenze zu Gleisfreimeldegrenze) kein Zug ist. Das Vorsignal steht im Bremswegabstand vor dem Hauptsignal und spiegelt den Signalbegriff vom Hauptsignal.

	Halt	Fahrt
Hauptsignal		
Vorsignal		

# 3. Simulation der Fahrdynamik

Die Simulation erfolgt Rundenbasiert.  
Jede Runde besteht aus mindestens zwei aufeinanderfolgenden Schritten:

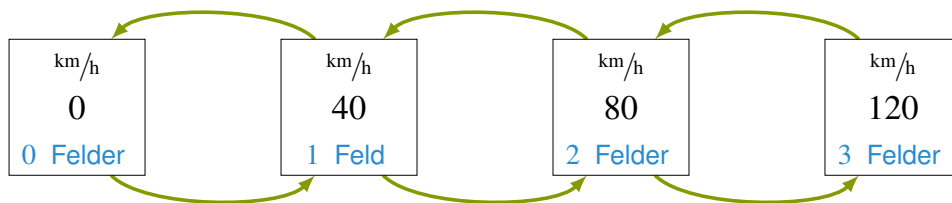
1. Der Zug macht die Bewegung, die in der vorhergehenden Runde gesetzt wurde.

2. Alle Signale werden entsprechend der Gleisbelegung eingestellt.
3. (optional) Eine neue Schalthebelposition kann gewählt werden.

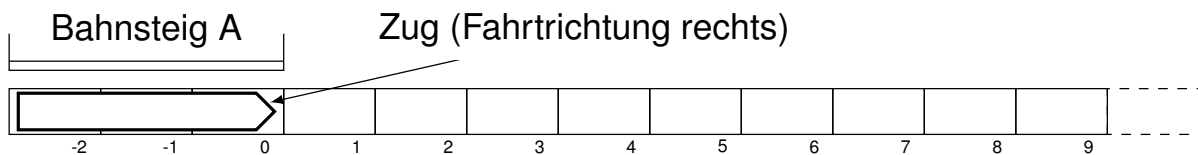
Beim Start des Spiels steht der Zug. Schalthebelposition beginnen bei dem Feld "0". Die unterschiedliche Fahrdynamik von Zügen wird durch unterschiedliche mögliche Schalthebelbewegung abgebildet.

## 4. Beispiel

Der Schalthebel wird entlang der grünen Pfeile bewegt. Schalthebelpositionen für einen Personenzug:




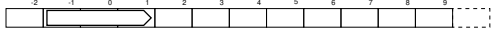
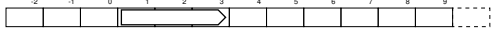
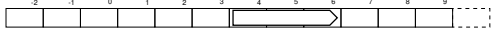
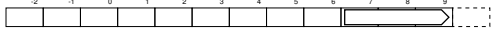
Ein Zug soll auf folgender Strecke beschleunigen:



Für den Verlauf des Lernspiels beginnen wir mit der ersten Runde und befolgen den Ablauf aus vorherigen Abschnitt *Simulation der Fahrdynamik*. In der ersten Runde steht der Zug aus der Anfangsbedingung. Im Beispiel gibt es keine Signale die eingestellt werden können. Wir können den Schalthebel um eine Position auf 40 km/h nach vorne bewegen. Die Runde ist beendet.

Die zweite Runde beginnt mit dem Ausführen der Bewegung um ein Feld nach rechts. Der Schalthebel kann wieder weiterbewegt werden und die Runde ist damit beendet. Die dritte Runde beginnt mit dem Ausführen der Bewegung um zwei Felder nach rechts. Der Schalthebel kann wieder weiterbewegt werden und die Runde ist damit beendet. Und so weiter, bis man auf der Position auf 120 km/h angekommen ist und der Zug sich gleichmäßig mit drei Felder pro Runde weiter bewegt.

#### 4. Beispiel

Runde	aktuelle Geschwin- digkeit	1.Schritt Bewegen um	2.Schritt Schalthebel auf	
1	0 km/h	0 Felder	40 km/h	
2	40 km/h	1 Feld	80 km/h	
3	80 km/h	2 Felder	120 km/h	
4	120 km/h	3 Felder	120 km/h	
5	120 km/h	3 Felder	120 km/h	
etc.				

**Teil II.**

**Aufgaben**



# 1. Erste Stufe

## 1.1. Einführung Fahrdynamik

### Ausgangssituation

- ein Zug,
- Strecke mit Feldern  $-2$  bis  $39$ ,
- Bahnsteig A am Feld  $-2$  bis  $0$ ,
- Bahnsteig B am Feld  $13$  bis  $15$ ,
- Bahnsteig C am Feld  $37$  bis  $39$ .

### Aufgabe 1

Der Zug (auf Feld  $0$  in Richtung  $39$ ) steht und hat seinen Schalthebel auf  $0 \text{ km/h}$ .

- a) Wenn der Zug maximal beschleunigt, bis zu welchem Feld gelangt er in *neun* Runden?
- b) Wie viele Runden benötigt man minimal, wenn der Zug in jedem Bahnhof halten soll?

Notiere die Lösungsschritte in einem Protokoll!

### Aufgabe 2

Der Zug (auf Feld  $0$  in Richtung  $39$ ) fährt gerade durch den ersten Bahnhof durch und hat seinen Schalthebel auf der maximalen Geschwindigkeit.

- a) Wie viele Felder braucht der Zug, bis er zum Stehen gekommen ist?
- b) Wie viele Runden benötigt man, wenn der Zug ohne Halt die Strecke vollständig verlassen soll?

## 1.2. Sicht- und Bremsweg

### Ausgangssituation

Unbekannte Strecke mit verschiedenen Sichtverhältnissen:

Sichtverhältnis	Sicht in Feldern
Sehr gut	3
Normal	2
Schlecht	1

### Aufgabe 3

- Wie schnell kann der Zug bei sehr gutem Sichtverhältnis maximal fahren um vor einem Hindernis rechtzeitig anzuhalten?
- Wie viele Runden benötigt man minimal, um gefahrlos bei normalen Sichtverhältnissen in einem 12 Felder entfernten Bahnhof zu gelangen?
- Wie viele Felder weit müsste man sehen können, um  $160 \text{ km/h}$  fahren zu können?

## 2. Zweite Stufe

### 2.1. Blockteilung

#### Ausgangssituation

Ein Zug und eine beliebig lange Strecke, mit mindestens 3 vollständigen Blöcken. Ein Block besteht aus: Sichtpunkt, Vorsignal, Hauptsignal, Signalzugschlussstelle und Räumweg.

#### Aufgabe 4

- Platziere die Vor- und Hauptsignale mindestens so, dass  $160 \text{ km/h}$  gefahren werden kann und schlechte Sichtverhältnisse nicht zur Beeinträchtigung führt!
- Wie viele Runden ist ein Block mit einer Zugfahrt minimal belegt (vollständige Sperrzeit)?

## 2.2. Verkehrsfluss

### Ausgangssituation

- Zwei verschiedene Züge mit unterschiedlicher Fahrdynamik.
- Eine Strecke, mit mindestens 3 vollständigen Blöcken.
- Am Anfang der Strecke brechen Züge ein. Am Ende der Strecke brechen Züge aus. Die Infrastruktur vor und nach der Strecke wird vernachlässigt.

### Aufgabe 5

- a) Wie viele Runden werden benötigt vom Einbruch des ersten Zuges bis zum verlassen des zweiten Zuges, wenn beide Züge behinderungsfrei fahren sollen und der *schnelle* vor dem *langsamen* Zug fährt?
- b) Wie viele Runden werden benötigt vom Einbruch des ersten Zuges bis zum verlassen des zweiten Zuges, wenn beide Züge behinderungsfrei fahren sollen und der *langsame* vor dem *schnellen* Zug fährt?

## 3. Dritte Stufe

### 3.1. Fahrstraßenverschluss und -festlegung

#### Ausgangssituation

- Zwei verschiedene Züge mit unterschiedlicher Fahrdynamik.
- Eine Strecke, mit mindestens 2 vollständigen Blöcken.
- Je ein Bahnhof mit Fahrstraßen am Beginn und Ende der Strecke.
- Die Züge stehen zu Beginn im ersten Bahnhof und sollen in den zweiten fahren.

Die Weichen dürfen im abzweigenden Strang jeweils nur mit  $80 \text{ km/h}$  befahren werden. Im durchgehenden Strang ist die Geschwindigkeit nicht begrenzt.



#### Aufgabe 6

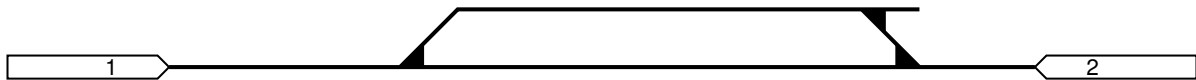
- Wähle den Zug aus, der als erster abfahren soll und begründe!
- Wie viele Runden dauert es bis der zweite Zug abfahren kann?
- Wie viele Runden dauert es bis beide Züge (Summe der Runden von Zug 1 und Zug 2) im Zielbahnhof angekommen sind?

### 3.2. Durchrutschweg

#### Ausgangssituation

In einem Bahnhof (zwei Gleise, drei Weichen gemäß Skizze) sollen sich zwei Züge kreuzen. Der Zug von links (Zug 1) ist etwa 25 Felder vom Einfahrsignal entfernt, fährt mit maximaler Geschwindigkeit und hat keinen Verkehrshalt im Bahnhof. Der Zug von rechts (Zug 2) befindet sich etwa 15 Felder vor dem Einfahrsignal, fährt ebenfalls mit maximaler Geschwindigkeit und hat einen Verkehrshalt (min. 2 Runden) im Bahnhof. Fahrstraßen sind keine eingestellt. Die

Weichen können im abzweigenden Strang mit 80 km/h befahren werden.



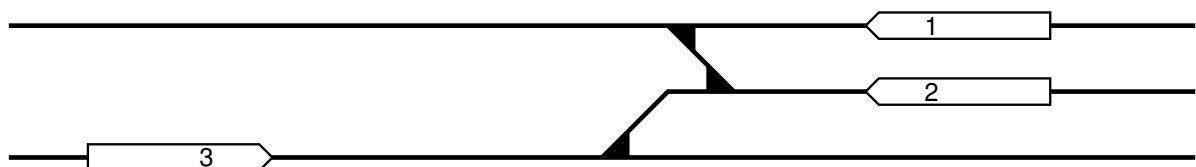
### Aufgabe 7

- Entscheide begründet welcher Zug auf welches Gleis fahren soll. Welche Probleme können auftreten?
- Nach wie viel Runden ist Zug 2 im Bahnhof zum stehen gekommen?
- Nach wie viel Runden hat Zug 1 den Bahnhof vollständig verlassen?

### 3.3. Zwieschutzweiche

#### Ausgangssituation

Zwei Züge stehen im Startbahnhof (drei Gleise, drei Weichen mit Zwischschutzweiche in der Mitte gemäß Skizze) vor den Ausfahrtsignalen. Am Bahnhofskopf beginnt eine zweigleisige Strecke. Von der Strecke (ca. 20 Felder entfernt) nähert sich Zug 3. Zug 3 soll im Bahnhof einfahren. Die Züge 1 und 2 sollen vom Bahnhof auf die Strecke ausfahren (Rechtsfahrbetrieb).



### Aufgabe 8

- Sichere die Ausfahrstraße für Zug 1!
- Sichere die Einfahrstraße für Zug 3!
- Sichere die Fahrstraße für Zug 2, nachdem Zug 1 ausgefahren ist. Welches Problem tritt auf? Wie kann es gelöst werden?

## Versionshistorie

<b>Version</b>	<b>Datum</b>	<b>Autor(en)</b>	<b>Änderungen</b>
0.1	2018-04-17	MS, FN, LG	Ersten Prototyp mit Fahrdynamik erstellt
0.2	2018-05-15	MS, LG	Lehrspiel mit Blocklogik erweitert
0.3	2018-09-03	MS	Handbuch erstellt
0.3.1	2018-10-17	MS	Handbuch mit neutralem Design
0.4	2018-11-16	MS, LE, SZ	Übersetzung ins Englische
0.5	2019-03-29	MS	Kleinere Verbesserungen und Bastelbögen
0.5.1	2019-03-29	MS	Anpassung der Streckenlänge und Aufgaben
0.6	2019-05-20	MS	Fahrstraßen und Fahrstraßenverschluss hinzugefügt
0.6.1	2019-08-26	MS, LP	Aufgaben für Fahrstraßen erweitert

Felix Nebel (FN), Laura Enders (LE), Lukas Gruber (LG), Leonhard Pelster (LP), Martin Scheidt (MS), Stephan Zieger (SZ)