

# Laboraufgabe

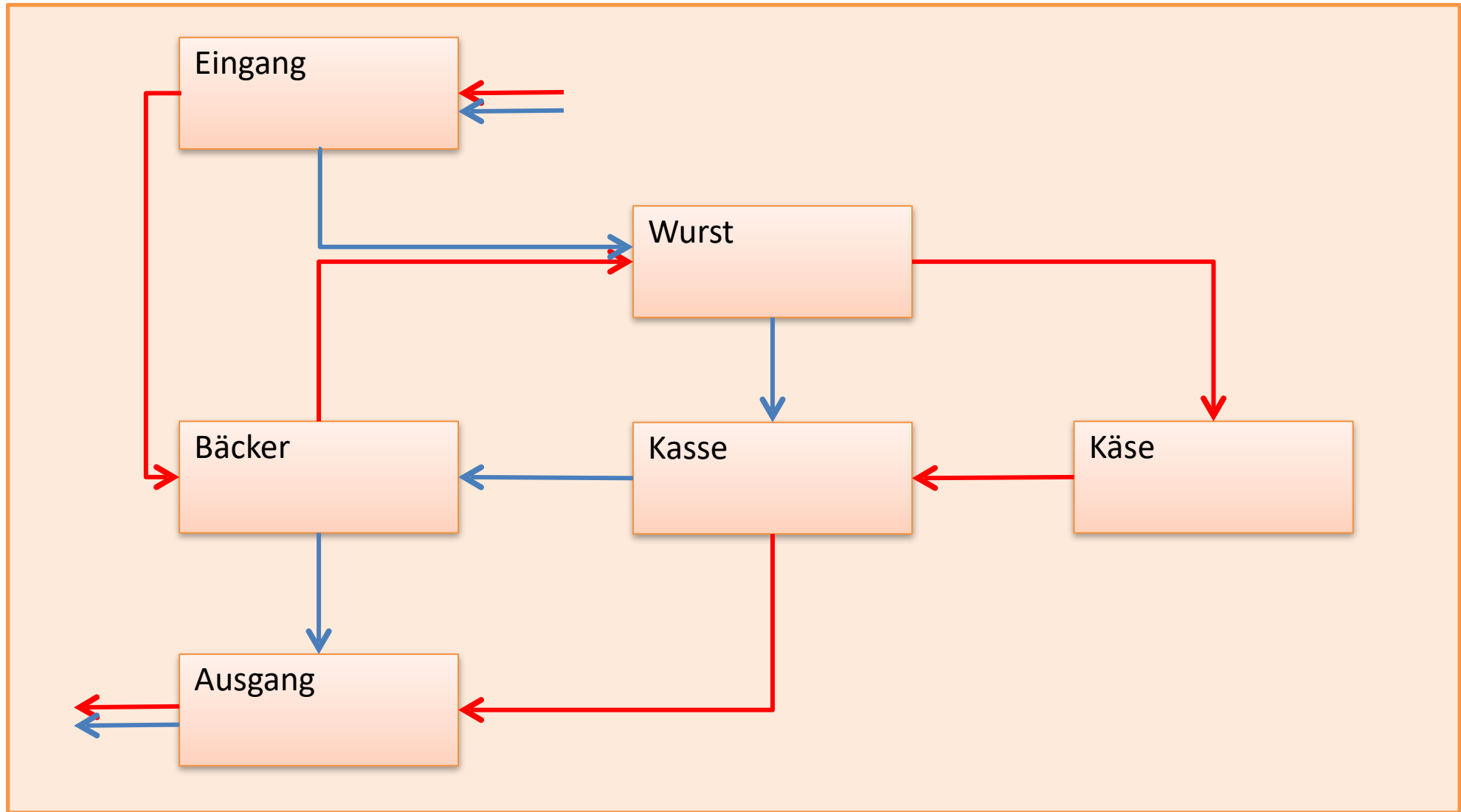
## Supermarkt Simulation



# Zielsetzung

- Vorbereitung auf Programmierung mit Sockets in Python
  - Nicht-trivialer Einstieg in Python-Programmierung
  - Umgang mit Threads, Locks und Events in Python
- Verständnisgewinn zu ereignis-orientierter Simulation
  - Supermarkt mit Warteschlangen bei Wursttheke, Kasse, etc. als Analogie zu Rechnernetzen mit Warteschlangen an Switches und Routern
  - Besseres Verständnis für „händische“ Simulation einer Übertragungsstrecke mit Paketverlusten in zweitem Theorie-Übungsblatt

# Unser Supermarkt: Stationen und Kund\*innen



Wie lange dauert der Einkauf?

# Supermarktmodell

- Supermarkt besteht aus Stationen und Kund\*innen
  - Kund\*innen bewegen sich im Supermarkt von Station zu Station
    - Kund\*innen besuchen die Stationen in einer bestimmten Reihenfolge
    - an jeder besuchten Station kaufen sie eine bestimmte Anzahl von Waren ein
    - Kund\*innen benötigen eine bestimmte Zeit um von Station zu Station zu gelangen
    - wenn eine Station gerade besetzt ist, warten sie, bis die Station frei wird
    - wenn sie an einer Station zu lange warten müssen, lassen Sie die Station aus und gehen direkt zur nächsten Station
  - Eine Station benötigt eine bestimmte Zeit, um eine Kund\*in zu bedienen, dem Produkt aus den Anzahl Waren und der stationsspezifischen Zeit pro Ware



# Supermarktmodell

- Modellbildung

- Stochastisches Modell

- in einem stochastischen Modell wird das Verhalten von Kund\*innen und Stationen über Zufallszahlen beschrieben, die bei jedem Vorkommen über einen Pseudo-Zufallszahlengenerator bestimmt werden

- Spezialfall deterministisches Modell:

- in deterministischen Modell ist das Verhalten der Kund\*innen deterministisch
    - in der Übung verwenden wir zunächst ein deterministisches Modell, um das Debuggen und ein Vergleich von Ergebnissen zu vereinfachen

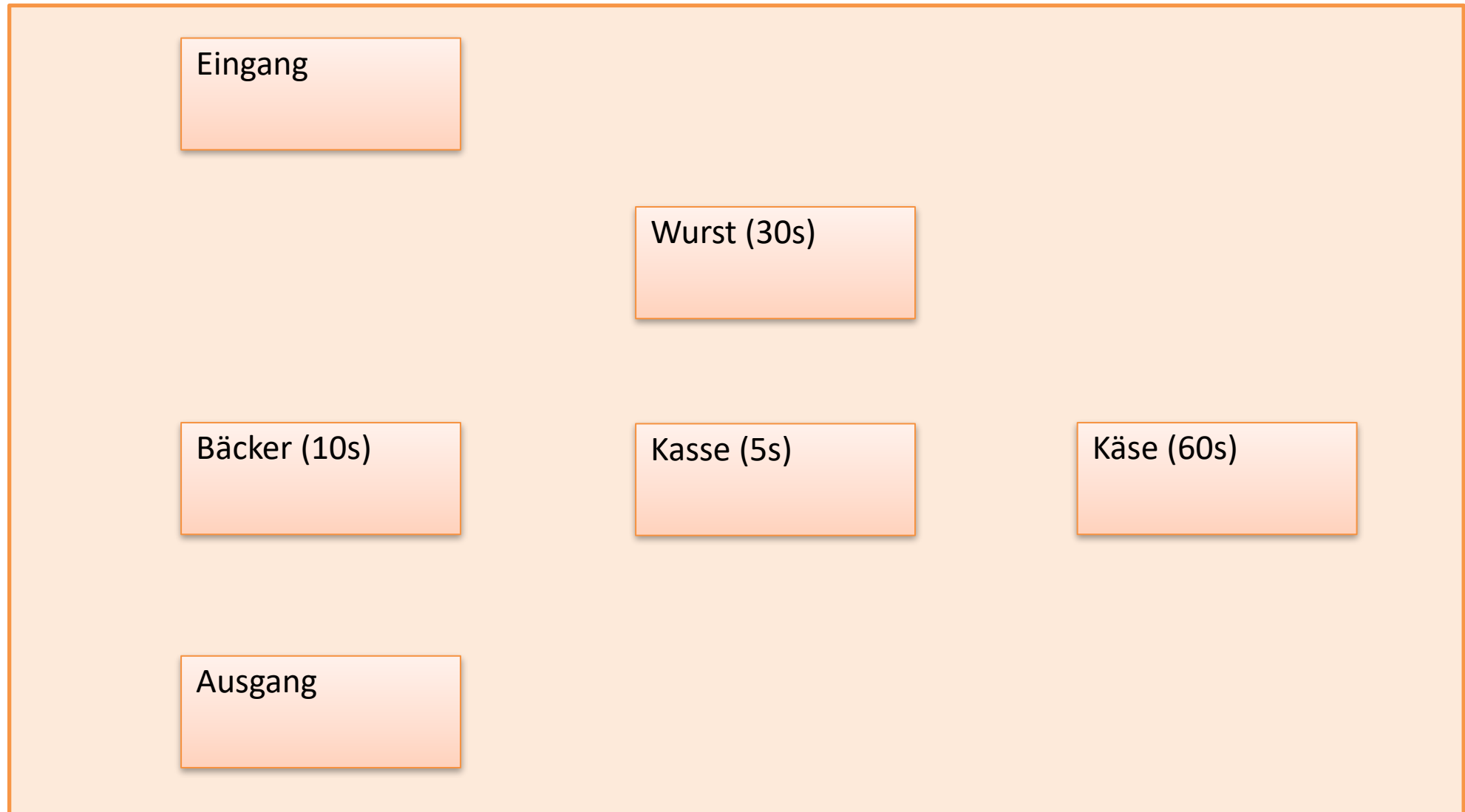
- Kund\*innen-Typen

- auch im deterministischen Modell verhalten sich nicht alle Kund\*innen gleich
    - wir unterstützen mehrere Kund\*innen-Typen, die sich hinsichtlich der besuchten Stationen, deren Reihenfolge und auch der gekauften Waren pro Station unterscheiden

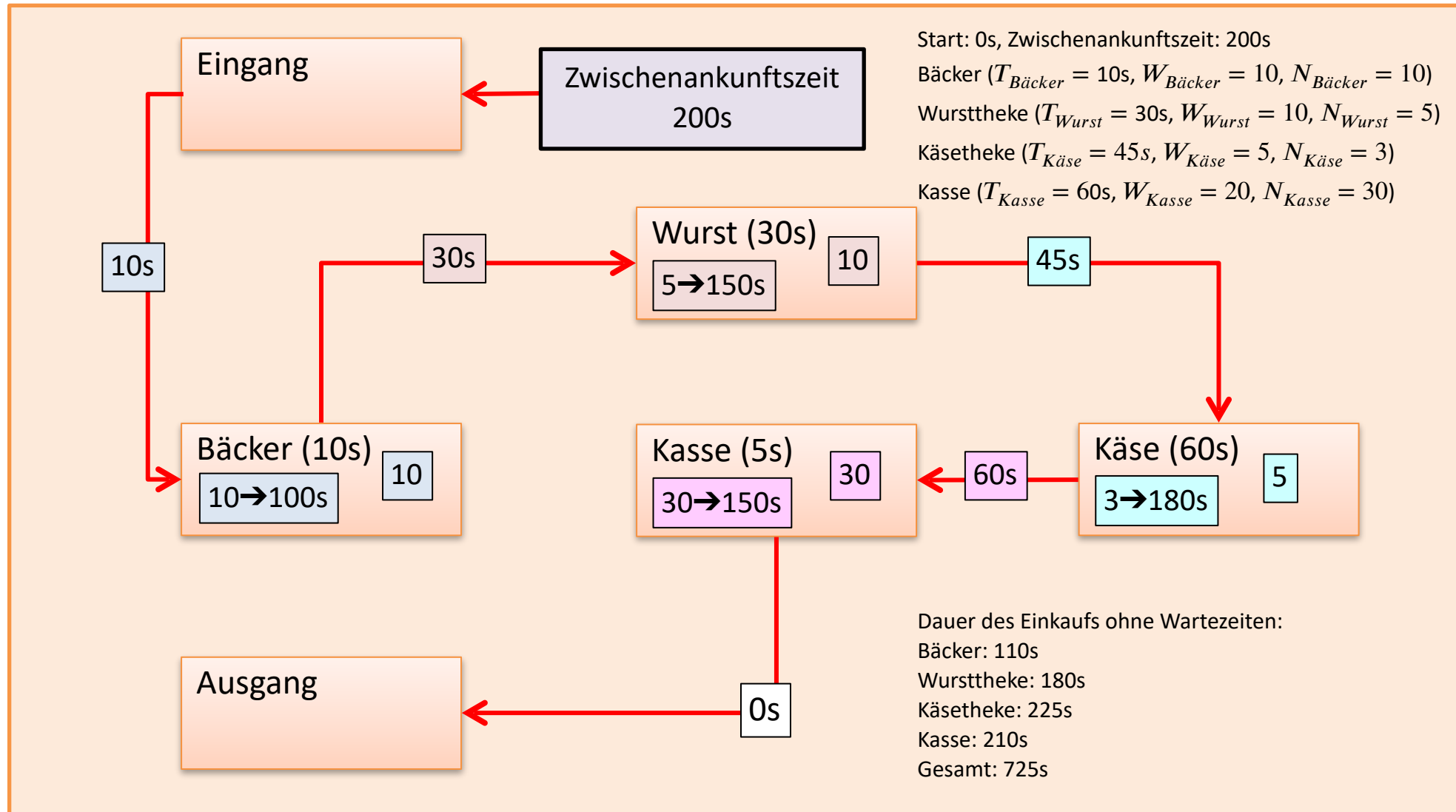
- Ankunftsprozess

- gibt an, wann Kund\*innen den Supermarkt betreten
    - wird über eine Zwischenankunftszeit pro Kund\*innen-Typ definiert, die eine Zufallsvariable oder eben deterministisch sein kann
      - Poisson Ankunftsprozess: Zwischenankunftszeit ist exponentiell verteilt
      - Ankunftsrate: Inverses der (mittleren) Zwischenankunftszeit
    - deterministisch: Typ-A-Kund\*innen kommen alle 60s an

# Unser Supermarkt: Die Stationen

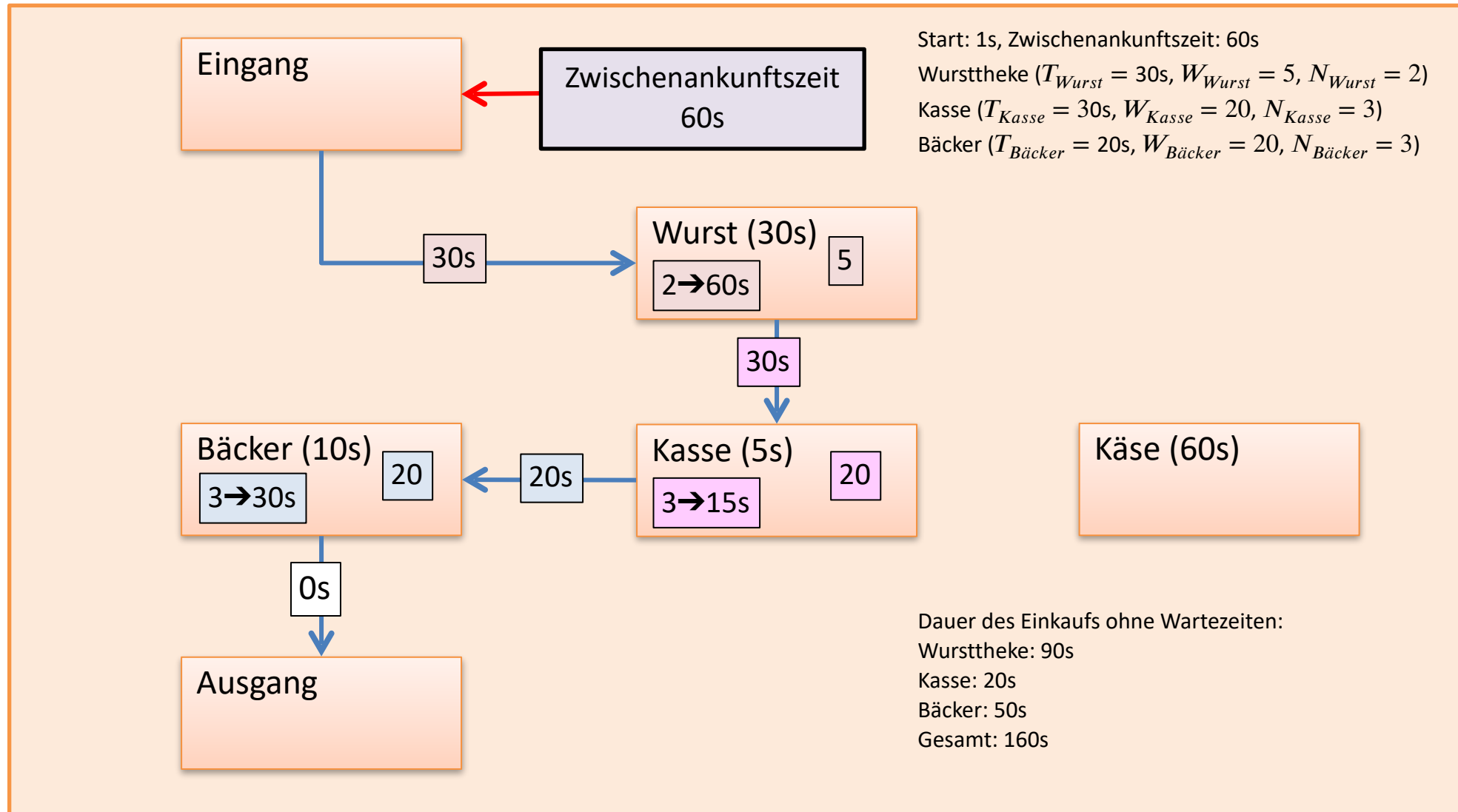


# Unser Supermarkt: Typ 1 Kund\*innen (vollständiger Einkauf)

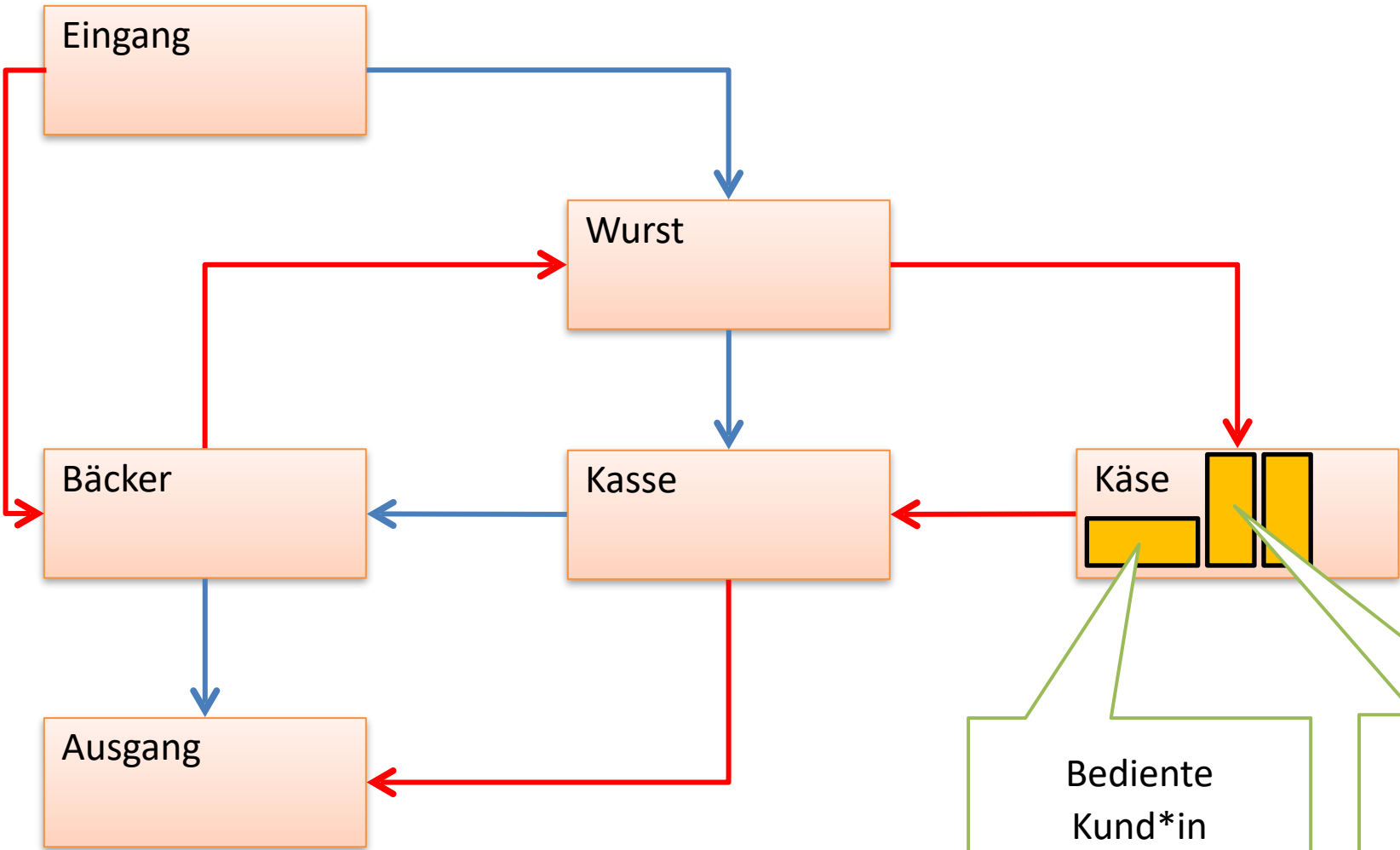




# Unser Supermarkt: Typ 2 Kund\*innen (Lebekäs-Semmel)



# Supermarktsimulation mit einer Ereignisliste



Zeit	Ereignis
0s	Beginn K1-1
1s	Beginn K2-1

Initiale  
Ereignisliste

Erste Typ-2  
Kund\*in

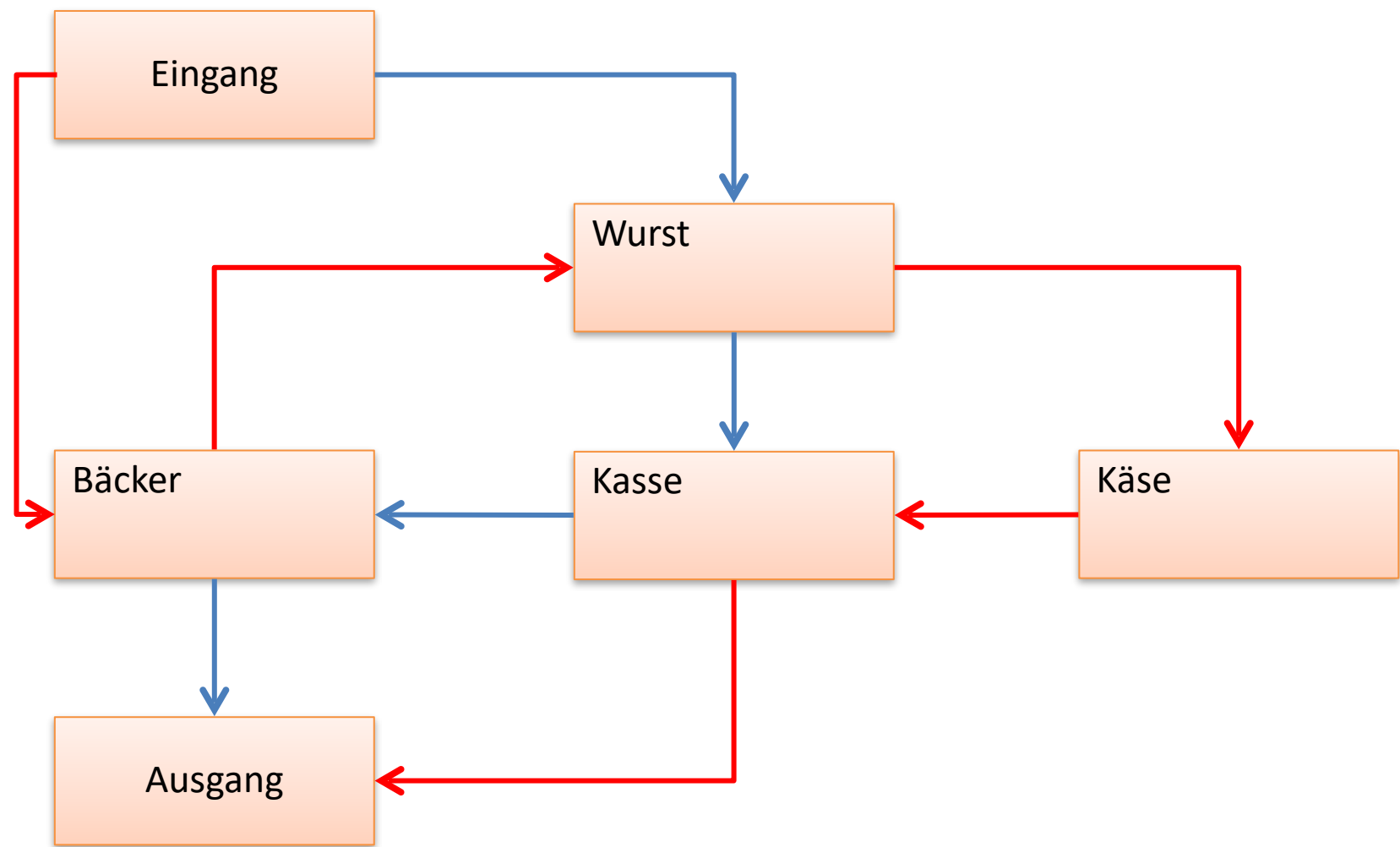
Priorität bei gleichzeitigen Ereignissen

- 1. Verlassen
- 2. Beginn
- 3. Ankunft

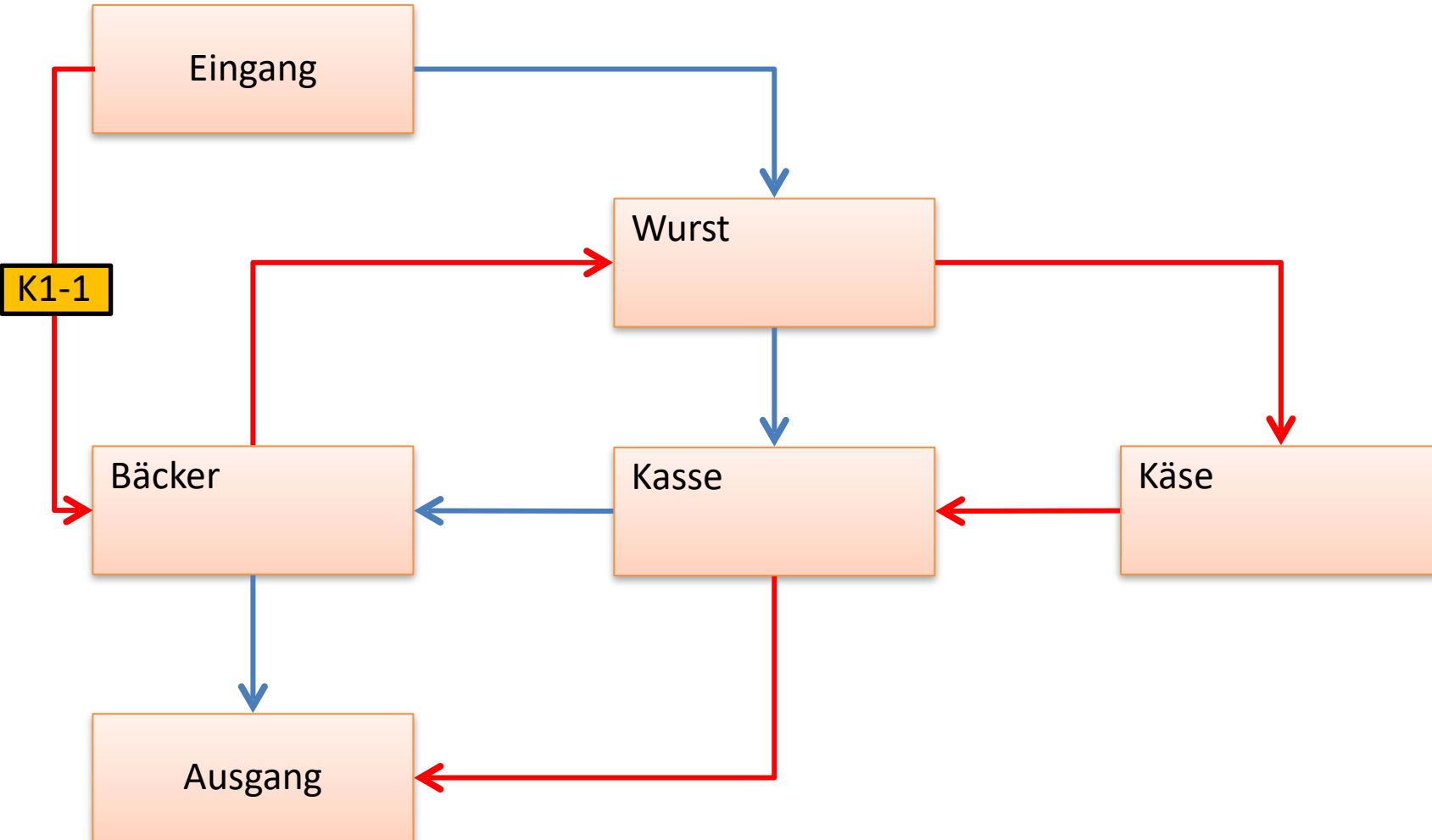
Bediente  
Kund\*in

Wartende  
Kund\*innen

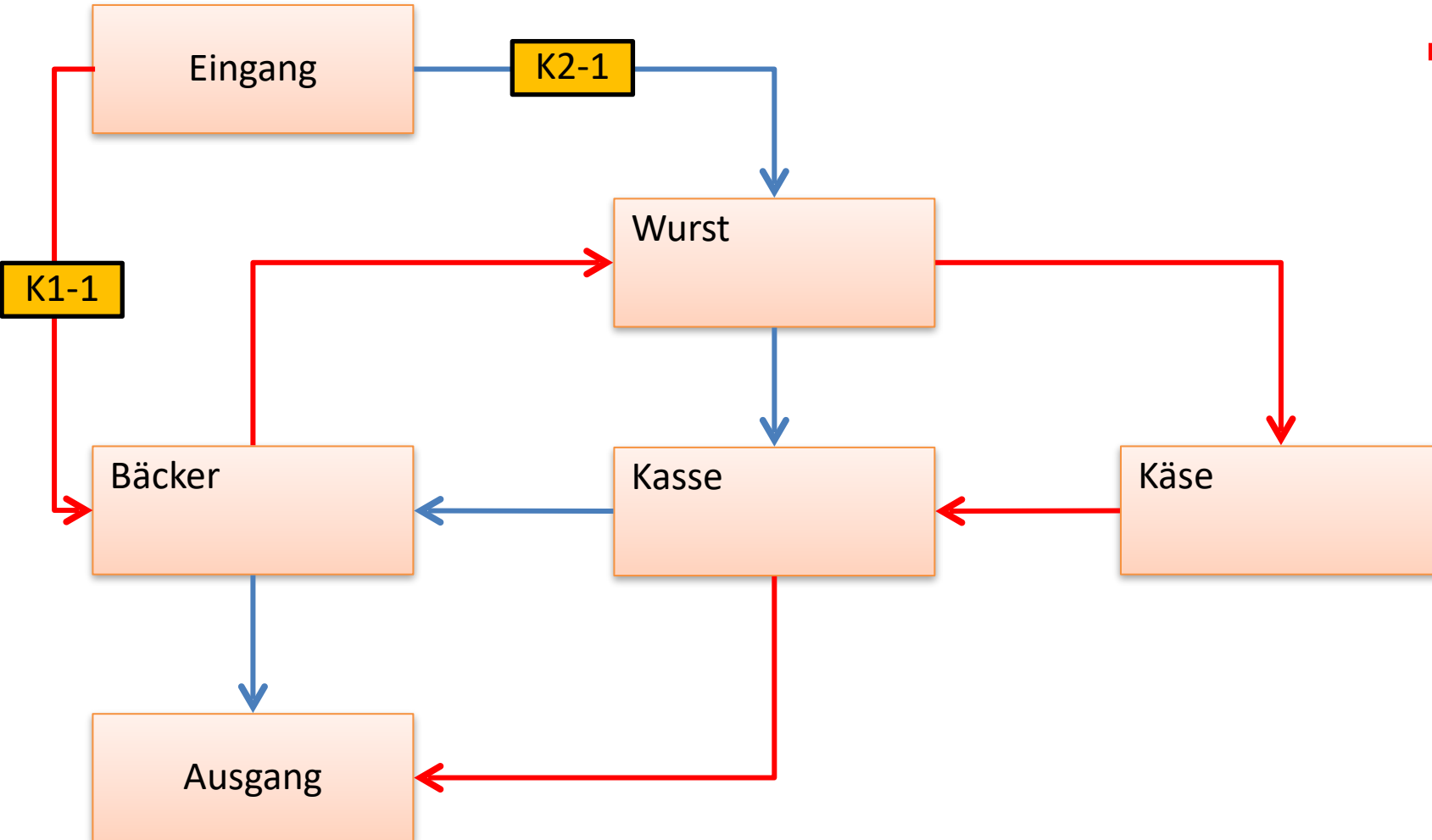
# Ausgangssituation am Simulationsanfang



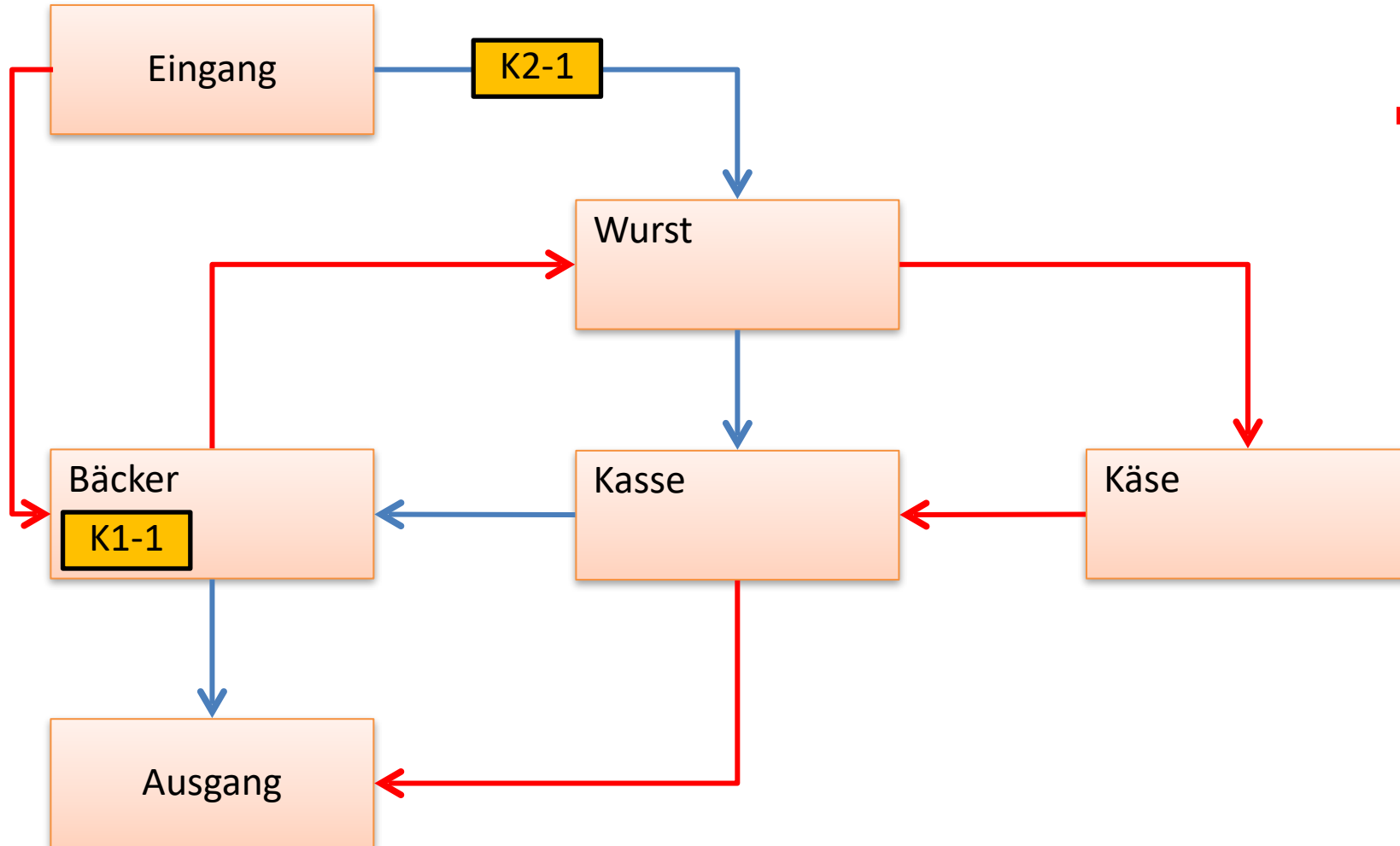
Zeit	Ereignis
0s	Beginn K1-1
1s	Beginn K2-1



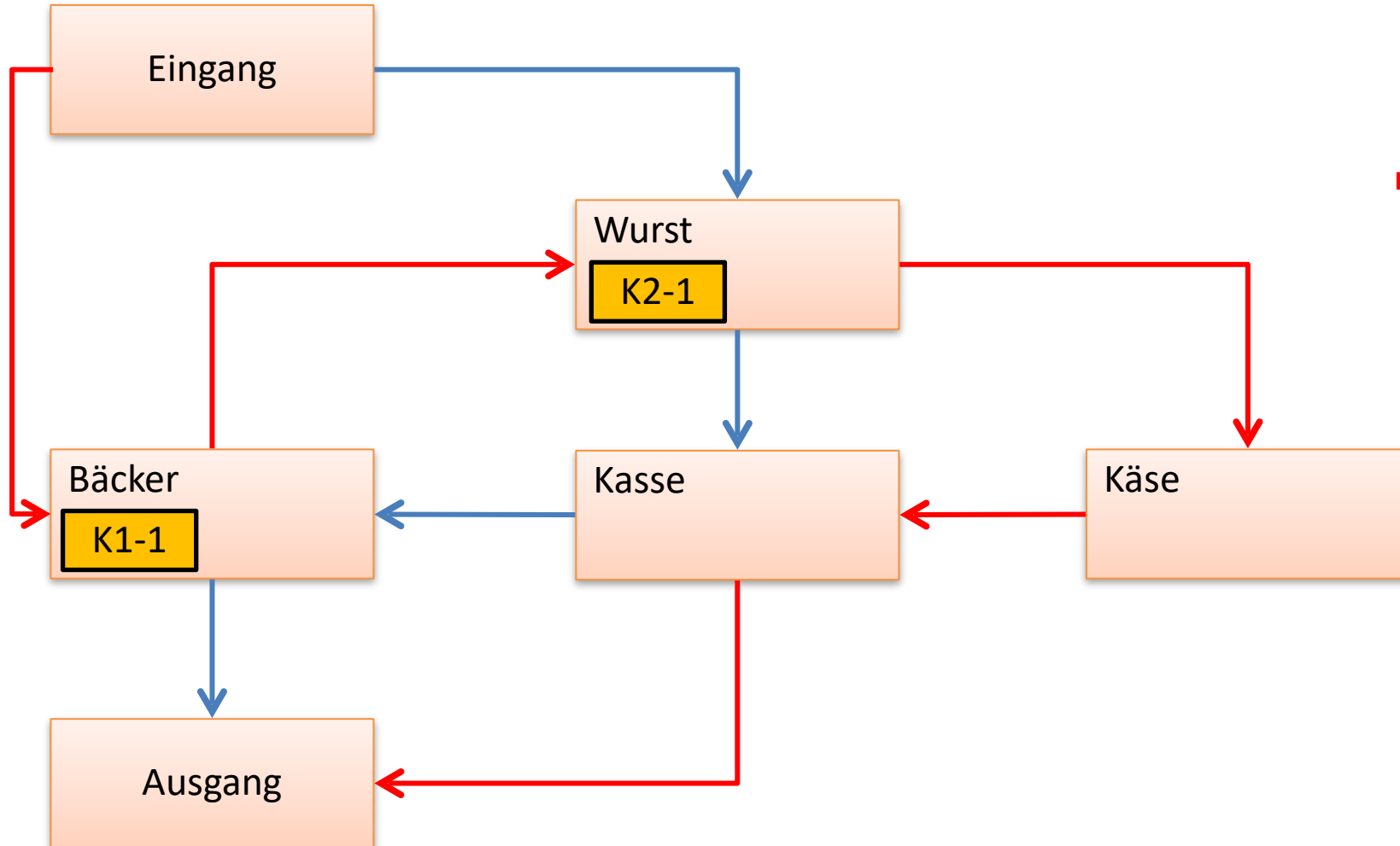
Zeit	Ereignis
0s	Beginn K1-1
1s	Beginn K2-1
10s	Ankunft Bäcker K1-1
200s	Beginn K1-2



Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
1s	Beginn K2-1
10s	Ankunft Bäcker K1-1
31s	Ankunft Wurst K2-1
61s	Beginn K2-2
200s	Beginn K1-2

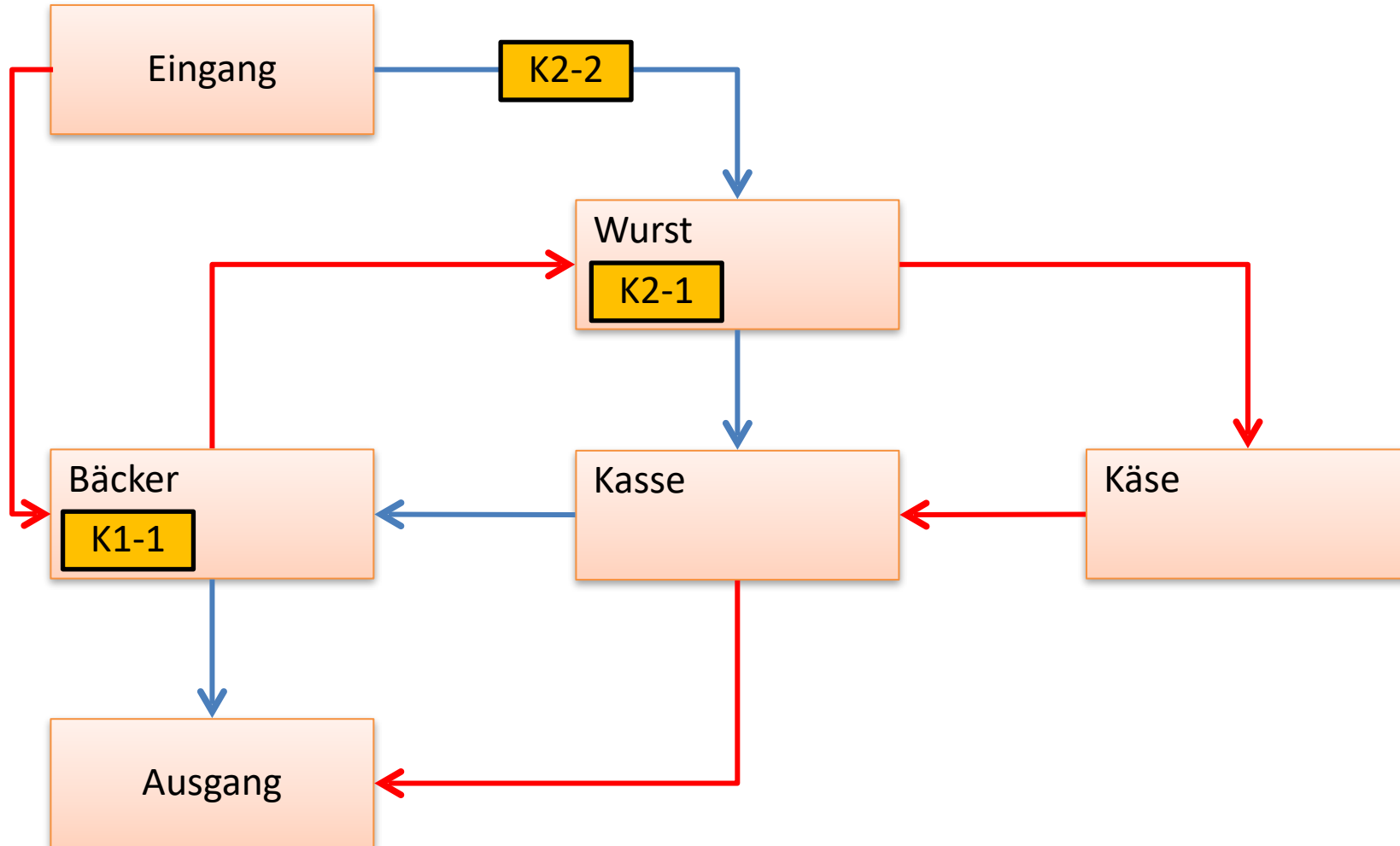


Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
<del>1s</del>	<del>Beginn K2-1</del>
10s	Ankunft Bäcker K1-1
31s	Ankunft Wurst K2-1
61s	Beginn K2-2
110s	Verlassen Bäcker K1-1
200s	Beginn K1-2

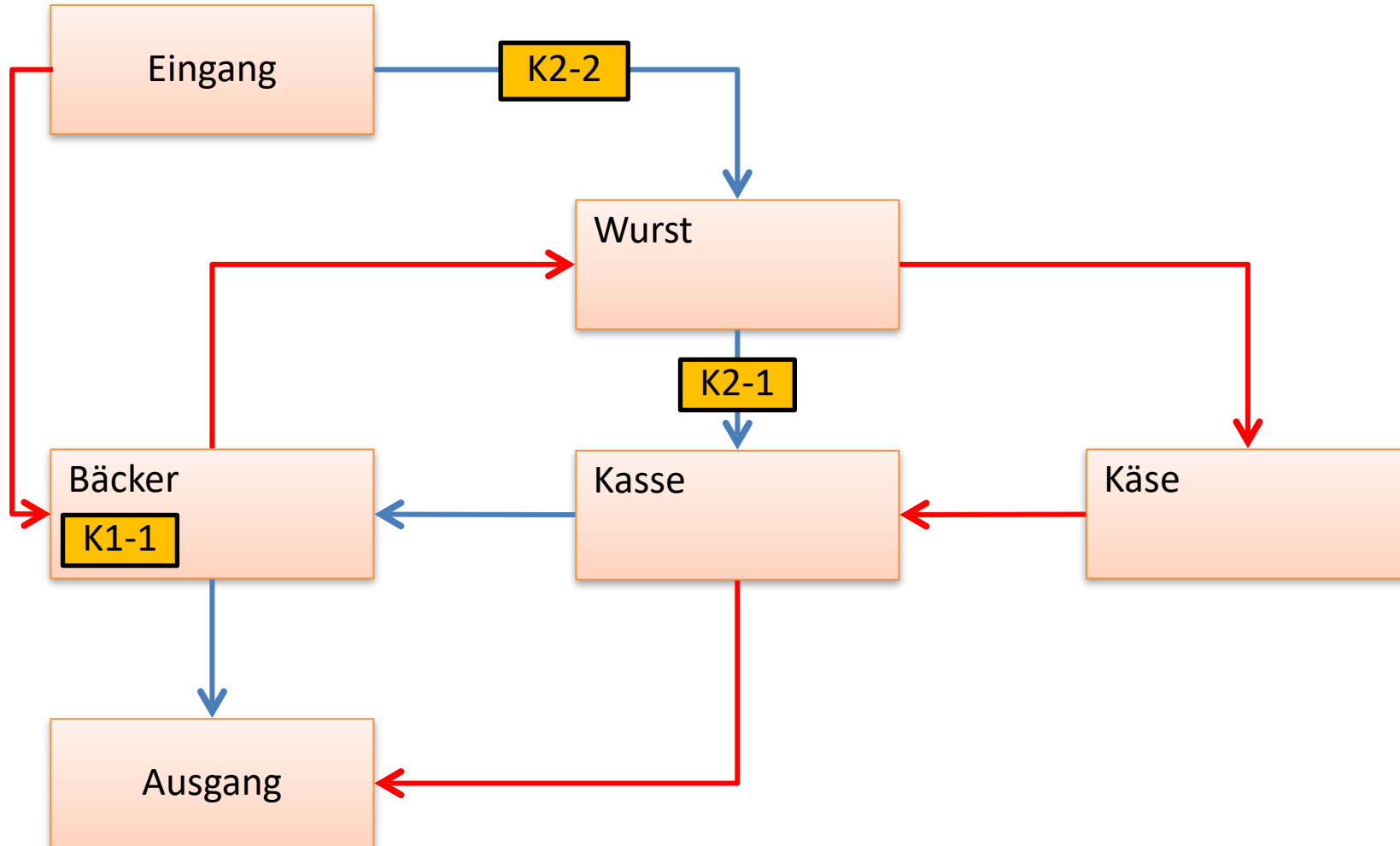


Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
1s	<del>Beginn K2-1</del>
10s	<del>Ankunft Bäcker K1-1</del>
31s	Ankunft Wurst K2-1
61s	Beginn K2-2
91s	Verlassen Wurst K2-1
110s	Verlassen Bäcker K1-1
200s	Beginn K1-2

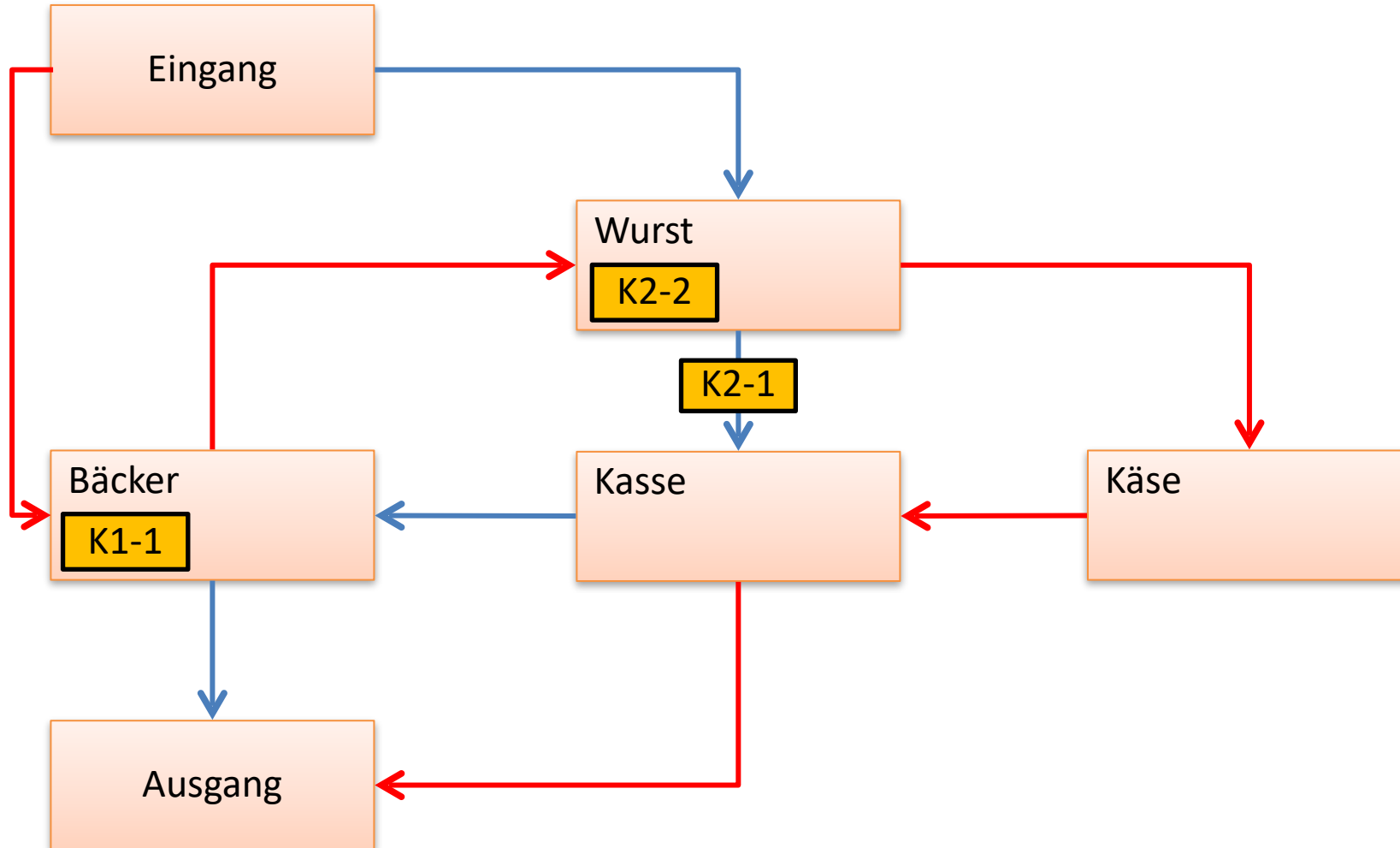




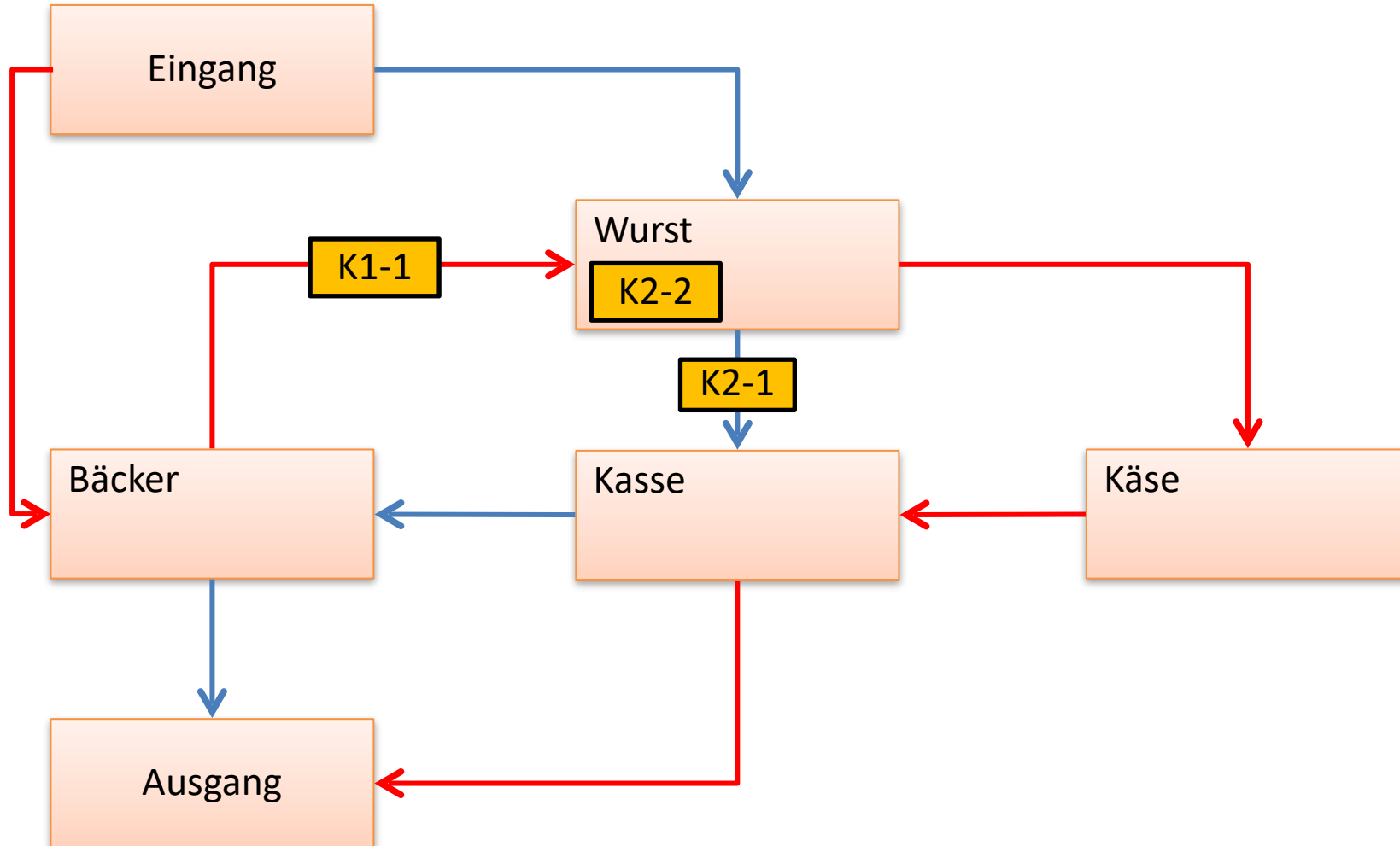
Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
1s	<del>Beginn K2-1</del>
10s	<del>Ankunft Bäcker K1-1</del>
31s	<del>Ankunft Wurst K2-1</del>
61s	Beginn K2-2
91s	Verlassen Wurst K2-1
91s	Ankunft Wurst K2-2
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
200s	Beginn K1-2



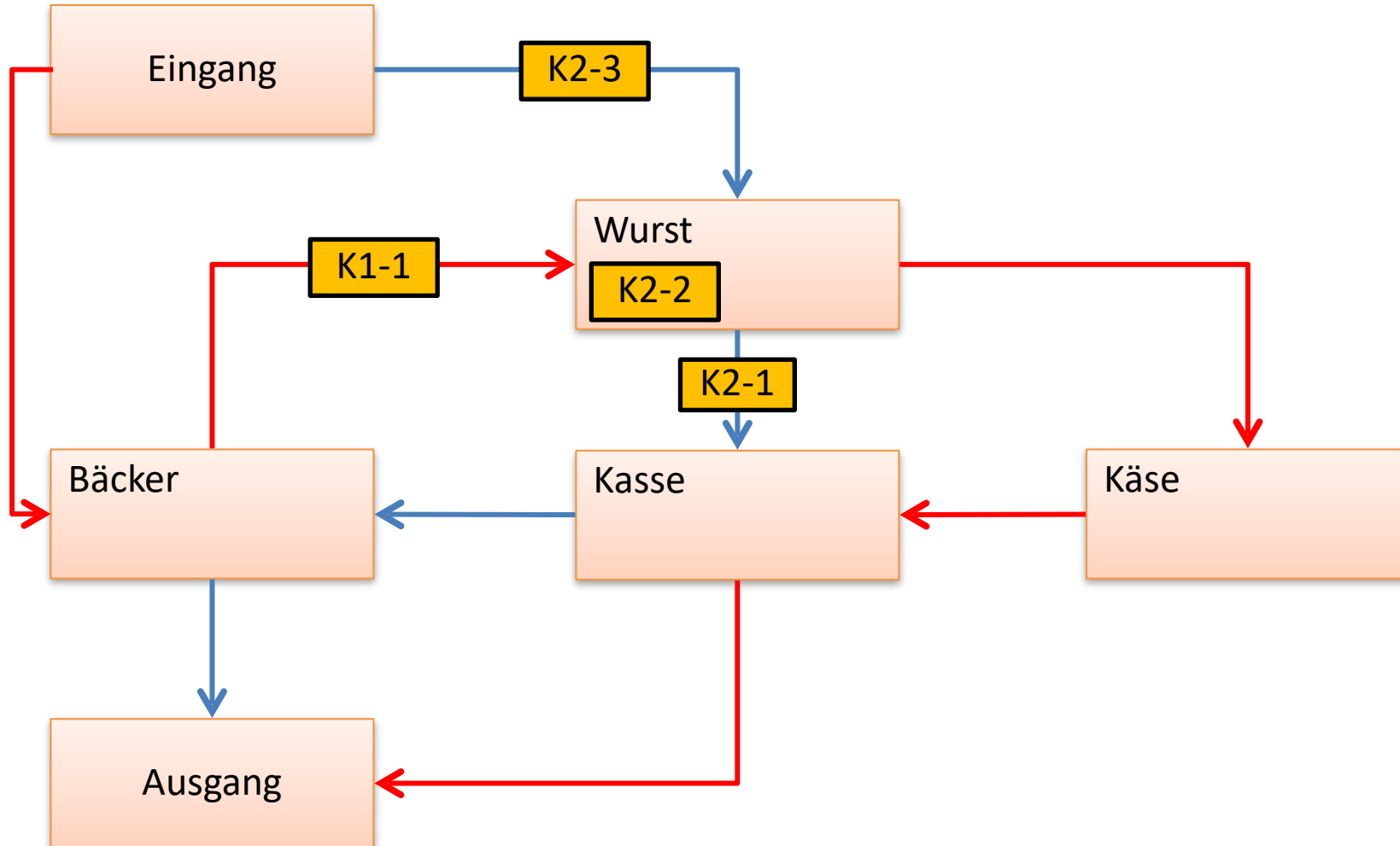
Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
1s	<del>Beginn K2-1</del>
10s	<del>Ankunft Bäcker K1-1</del>
31s	<del>Ankunft Wurst K2-1</del>
61s	<del>Beginn K2-2</del>
91s	Verlassen Wurst K2-1
91s	Ankunft Wurst K2-2
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
200s	Beginn K1-2



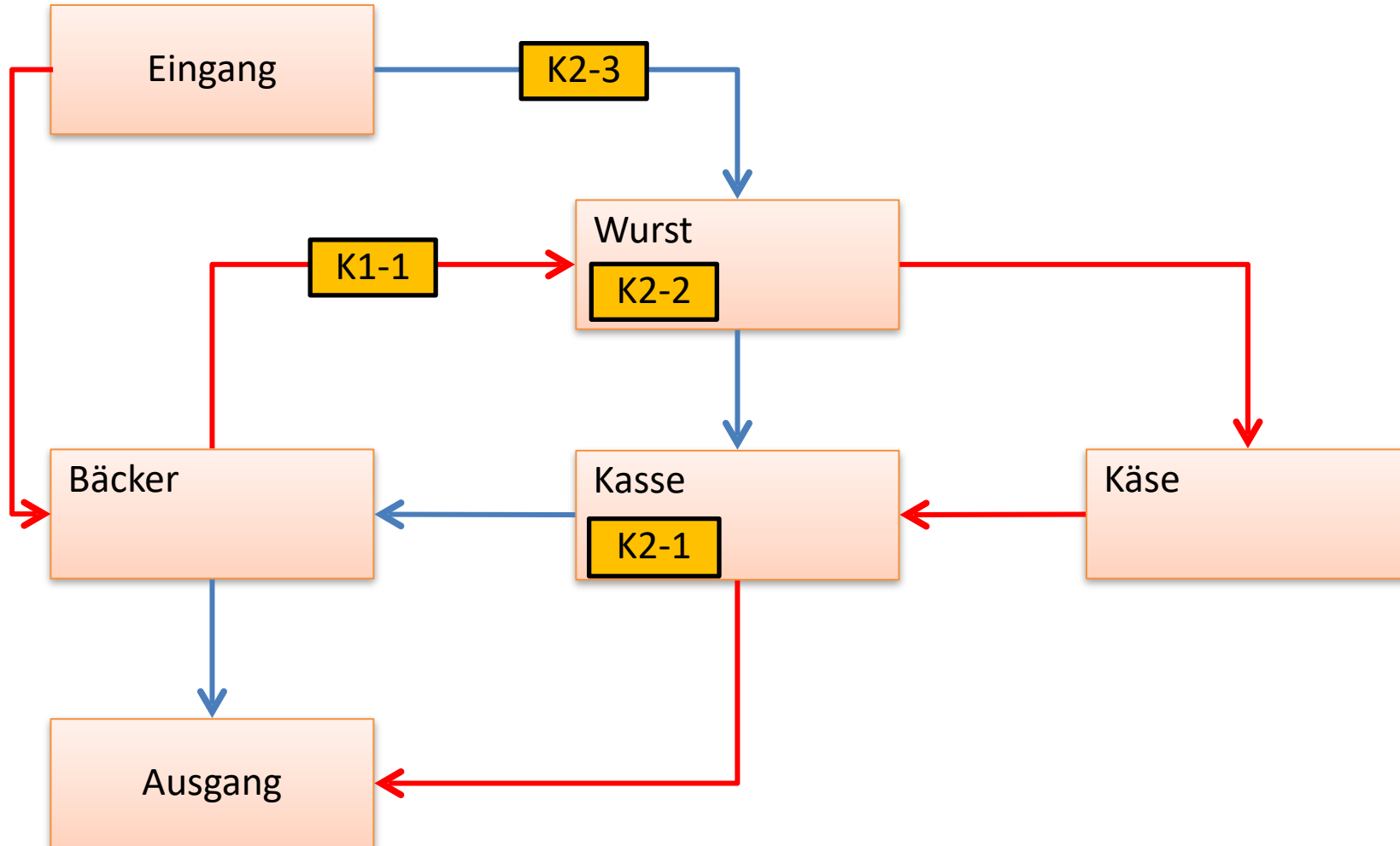
Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
1s	<del>Beginn K2-1</del>
10s	<del>Ankunft Bäcker K1-1</del>
31s	<del>Ankunft Wurst K2-1</del>
61s	<del>Beginn K2-2</del>
91s	<del>Verlassen Wurst K2-1</del>
91s	Ankunft Wurst K2-2
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
200s	Beginn K1-2



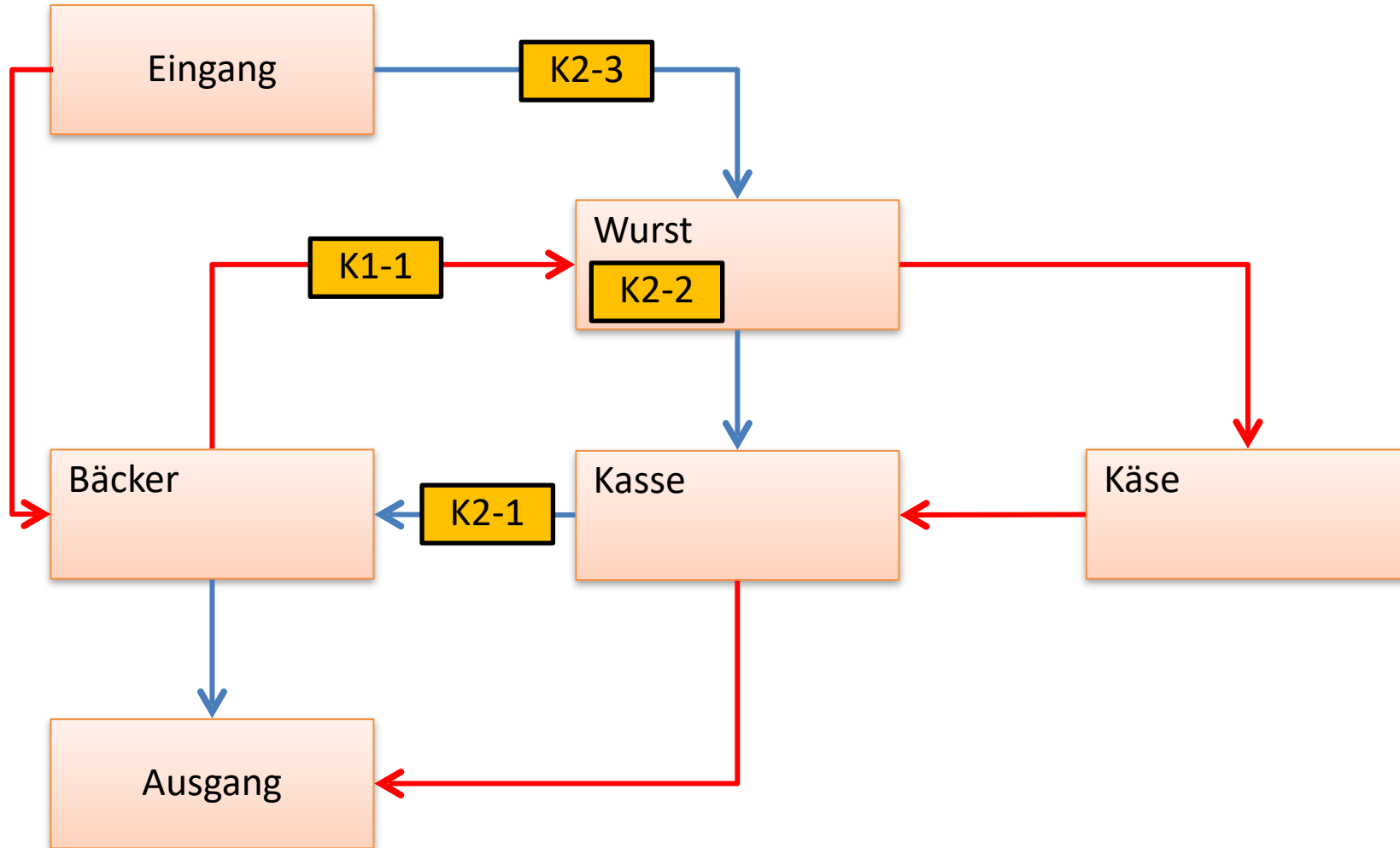
Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
1s	<del>Beginn K2-1</del>
10s	<del>Ankunft Bäcker K1-1</del>
31s	<del>Ankunft Wurst K2-1</del>
61s	<del>Beginn K2-2</del>
91s	<del>Verlassen Wurst K2-1</del>
91s	Ankunft Wurst K2-2
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
200s	Beginn K1-2



Zeit	Ereignis
0s	<del>Beginn K1-1</del>
1s	<del>Beginn K2-1</del>
10s	<del>Ankunft Bäcker K1-1</del>
31s	<del>Ankunft Wurst K2-1</del>
61s	<del>Beginn K2-2</del>
91s	<del>Verlassen Wurst K2-1</del>
91s	<del>Ankunft Wurst K2-2</del>
110s	<del>Verlassen Bäcker K1-1</del>
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
181s	Beginn K2-4
200s	Beginn K1-2

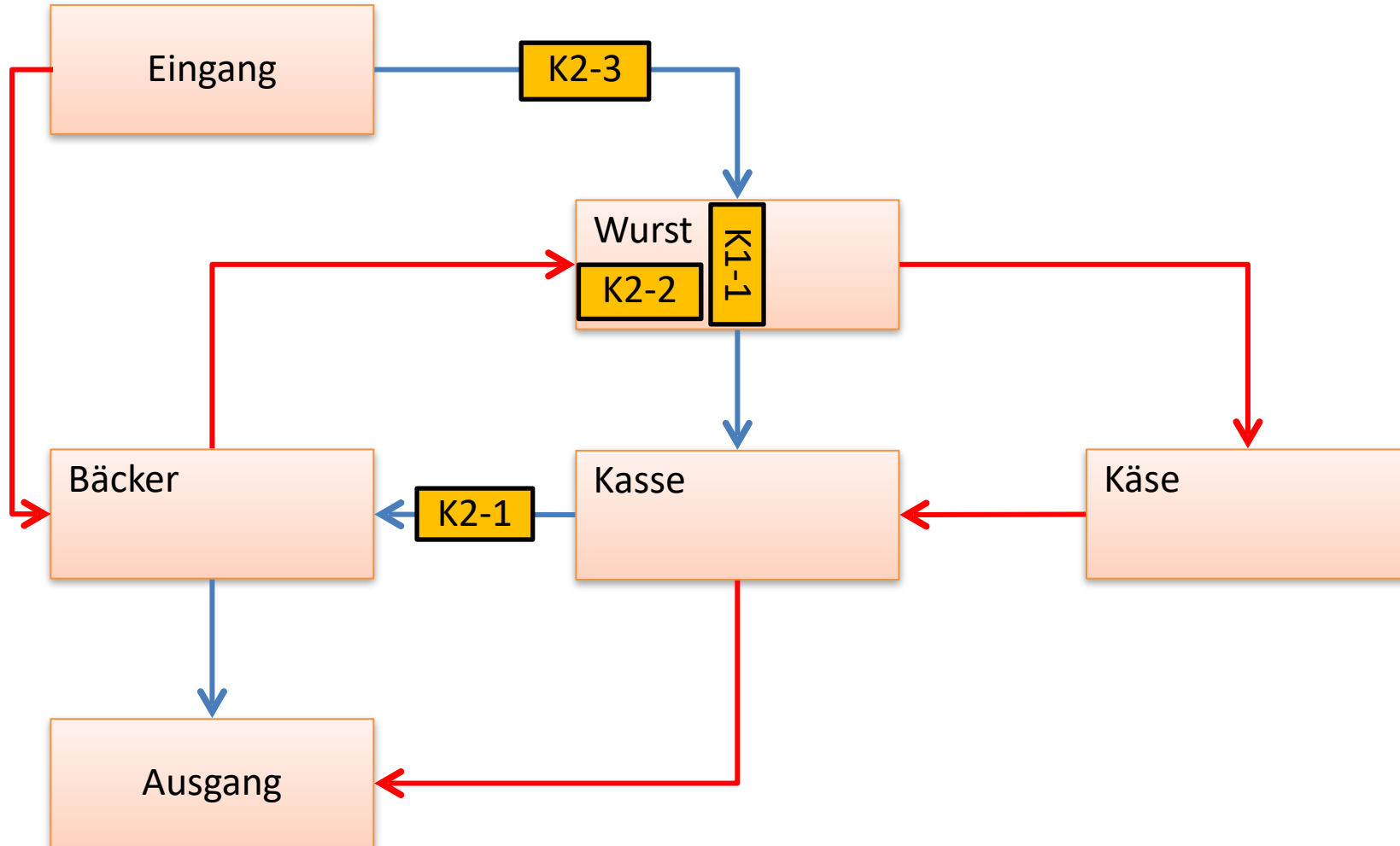


Zeit	Ereignis
0s	Beginn K1-1
1s	Beginn K2-1
10s	Ankunft Bäcker K1-1
31s	Ankunft Wurst K2-1
61s	Beginn K2-2
91s	Verlassen Wurst K2-1
91s	Ankunft Wurst K2-2
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
136s	Verlassen Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
181s	Beginn K2-4
200s	Beginn K1-2

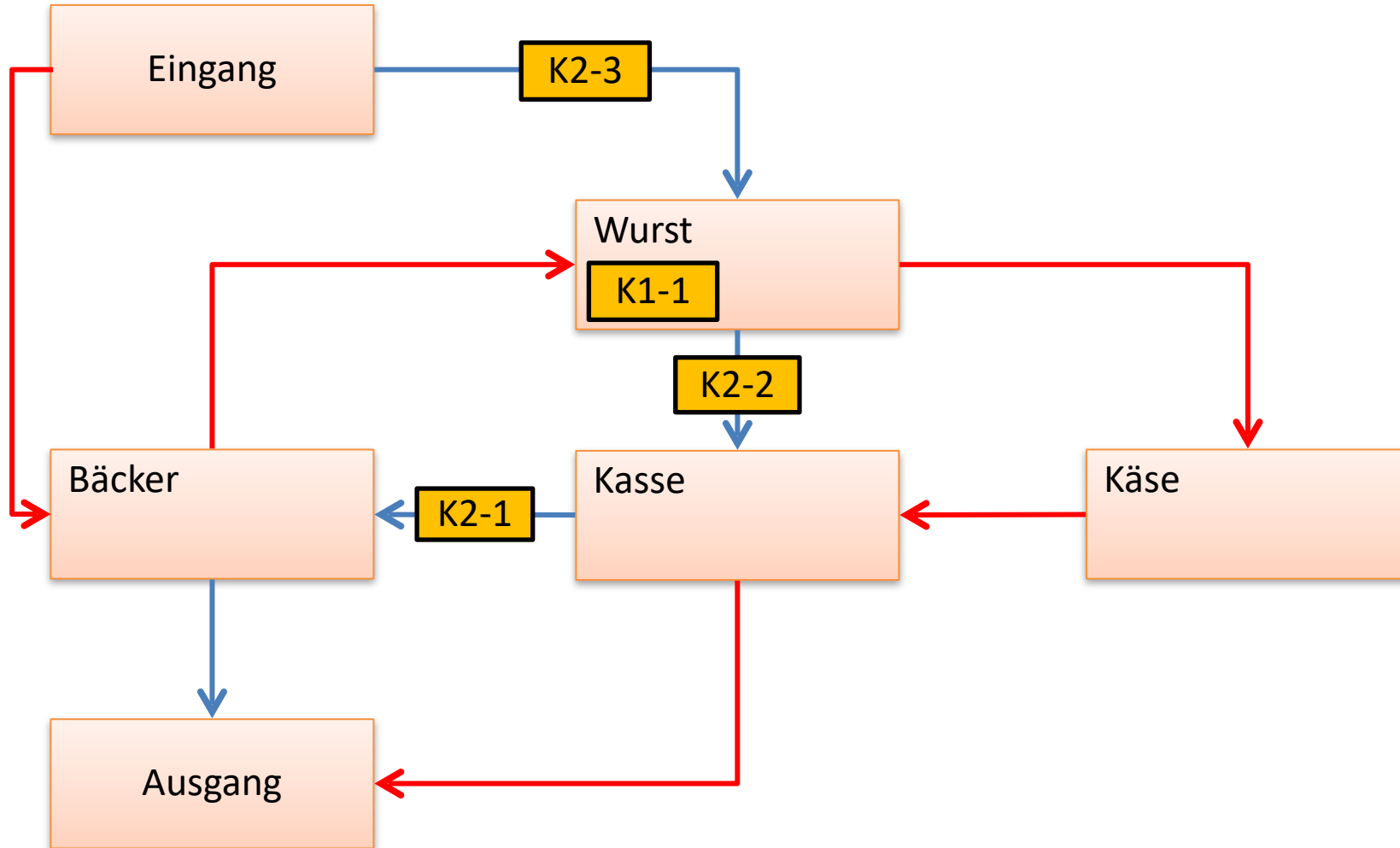


Zeit	Ereignis
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
136s	Verlassen Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
200s	Beginn K1-2

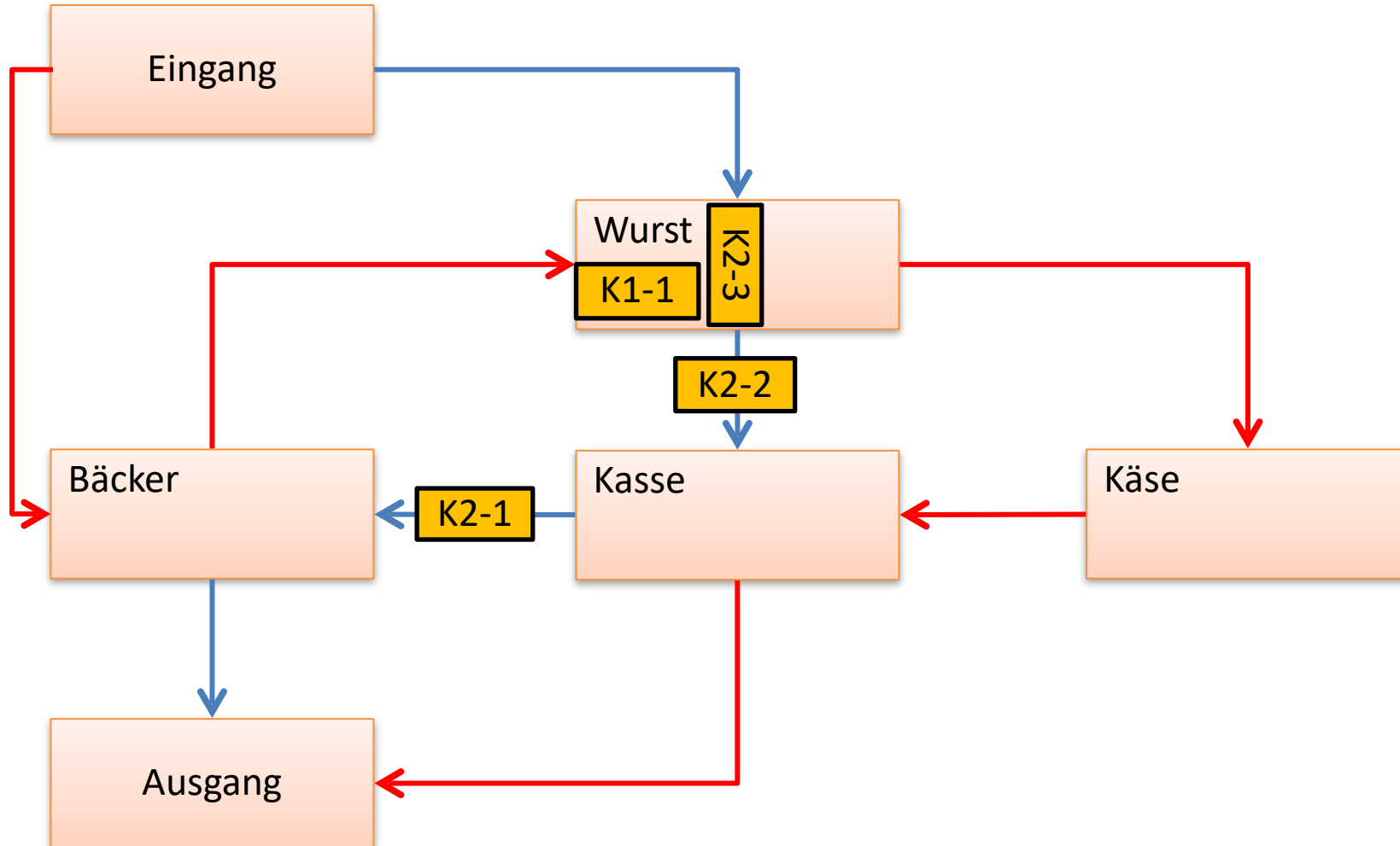




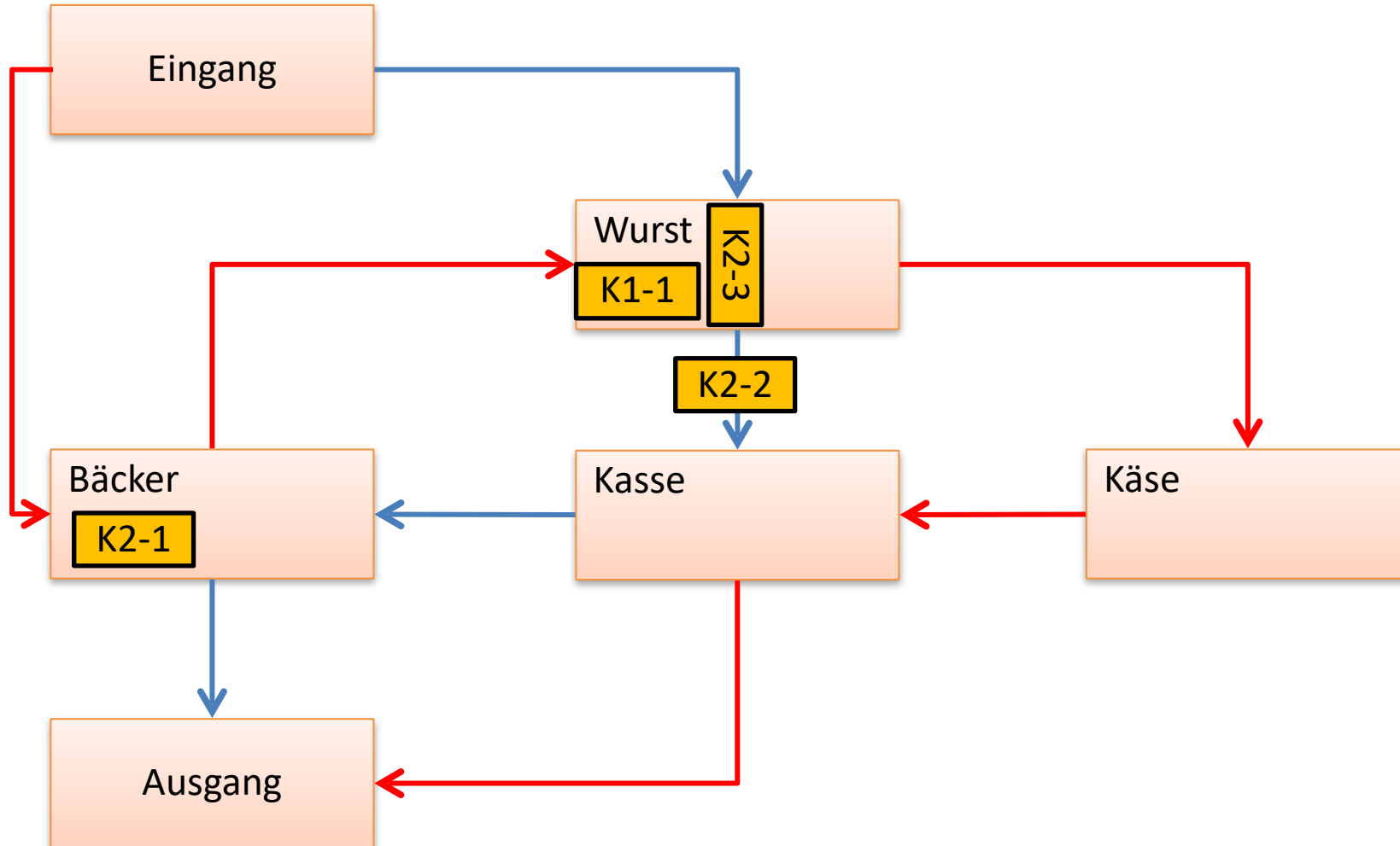
Zeit	Ereignis
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
136s	Verlassen Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
200s	Beginn K1-2



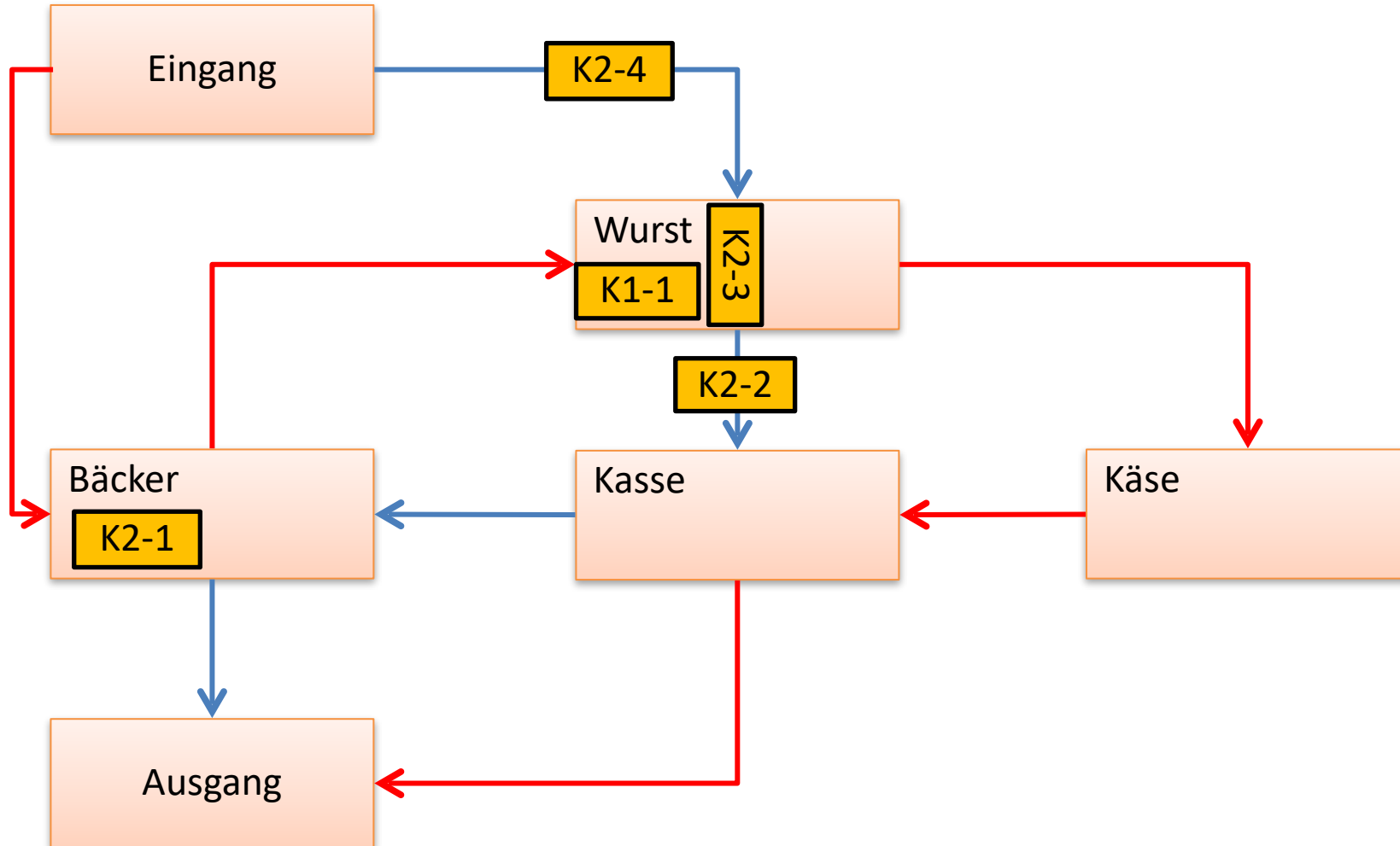
Zeit	Ereignis
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
136s	Verlassen Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
301s	Verlassen Wurst K1-1



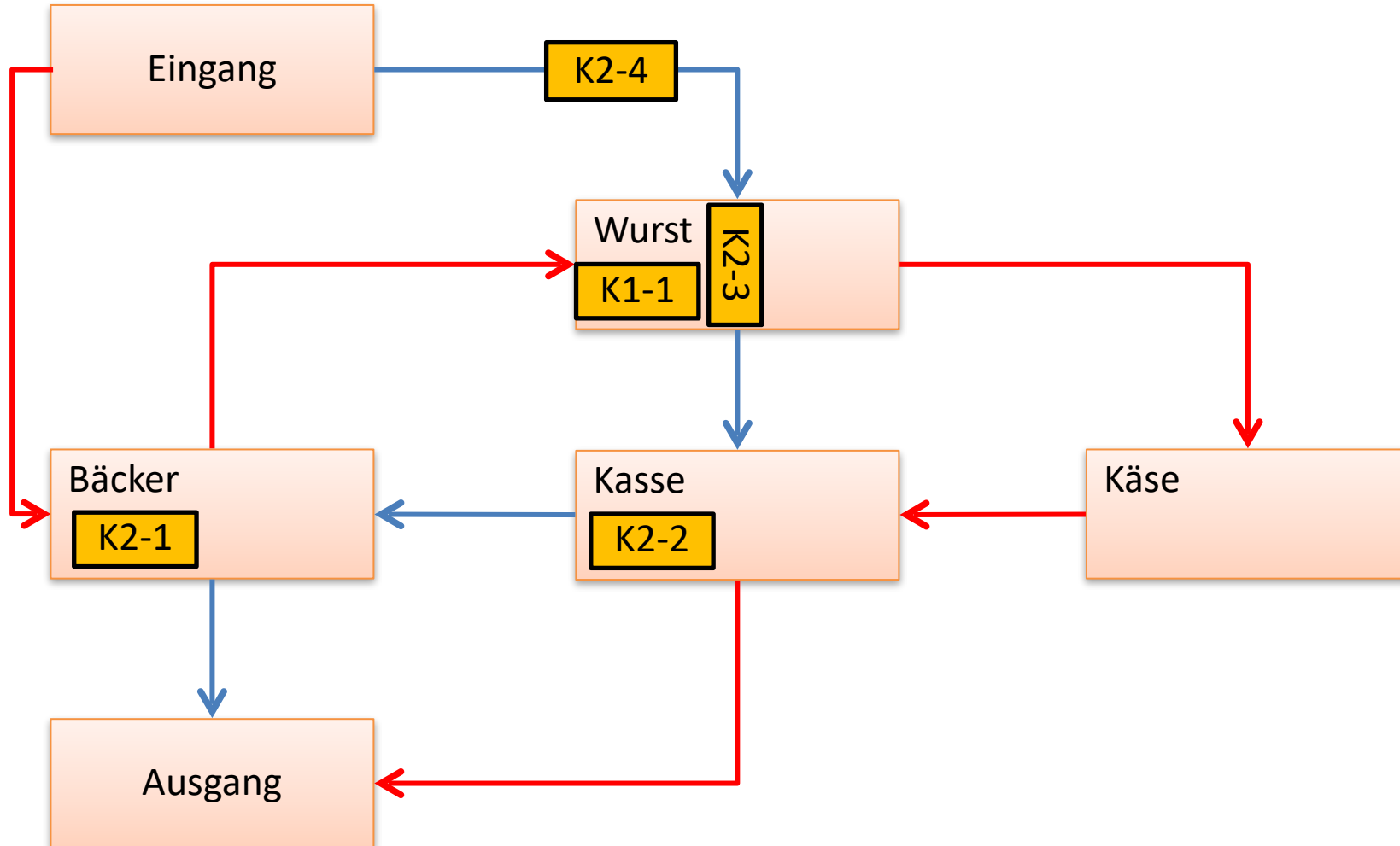
Zeit	Ereignis
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	<del>Beginn K2-3</del>
121s	<del>Ankunft Kasse K2-1</del>
136s	<del>Verlassen Kasse K2-1</del>
140s	<del>Ankunft Wurst K1-1</del>
151s	<del>Verlassen Wurst K2-2</del>
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
301s	Verlassen Wurst K1-1



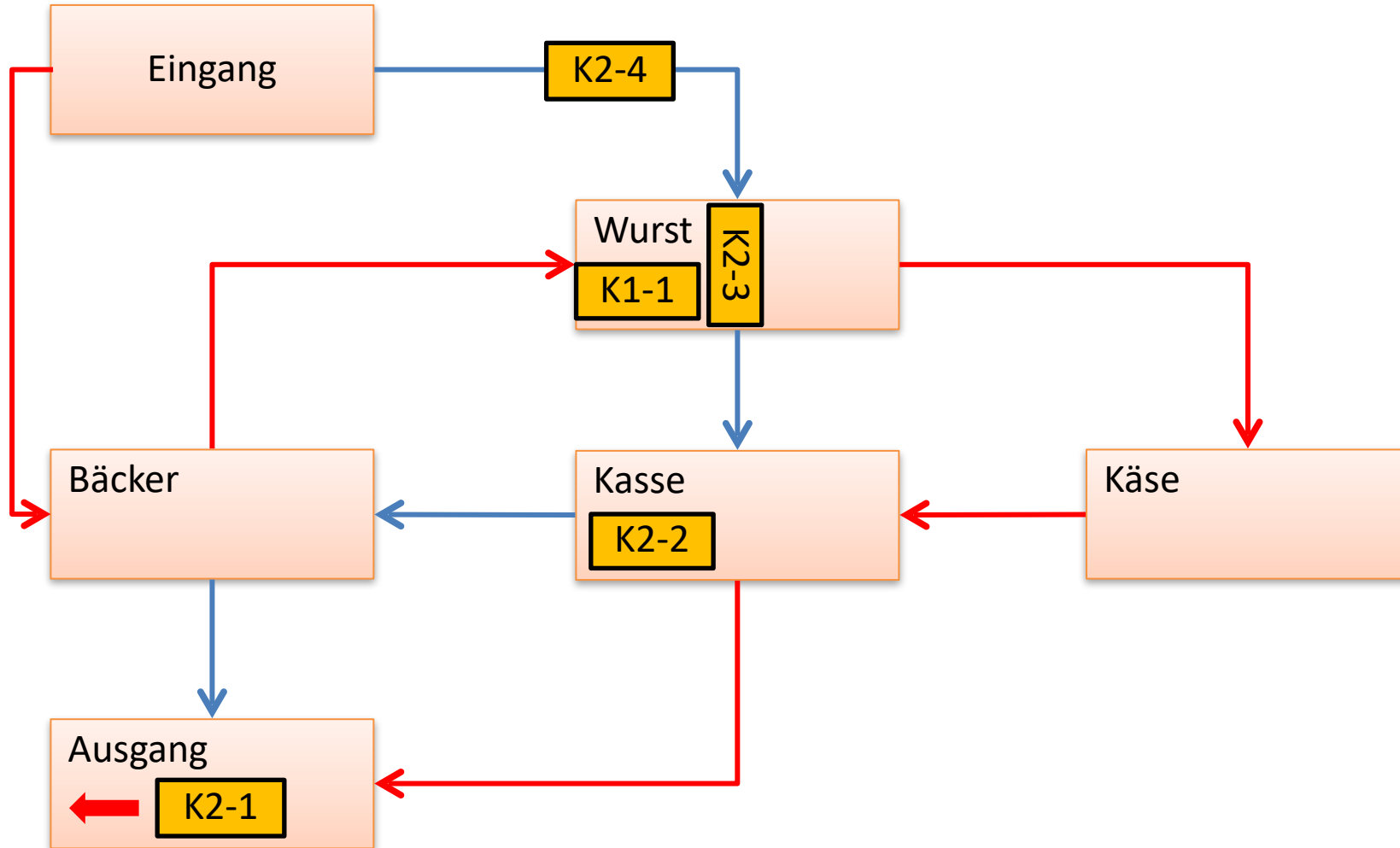
Zeit	Ereignis
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
136s	Verlassen Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
200s	Beginn K1-2
301s	Verlassen Wurst K1-1



Zeit	Ereignis
110s	Verlassen Bäcker K1-1
121s	Beginn K2-3
121s	Ankunft Kasse K2-1
136s	Verlassen Kasse K2-1
140s	Ankunft Wurst K1-1
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
200s	Beginn K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1

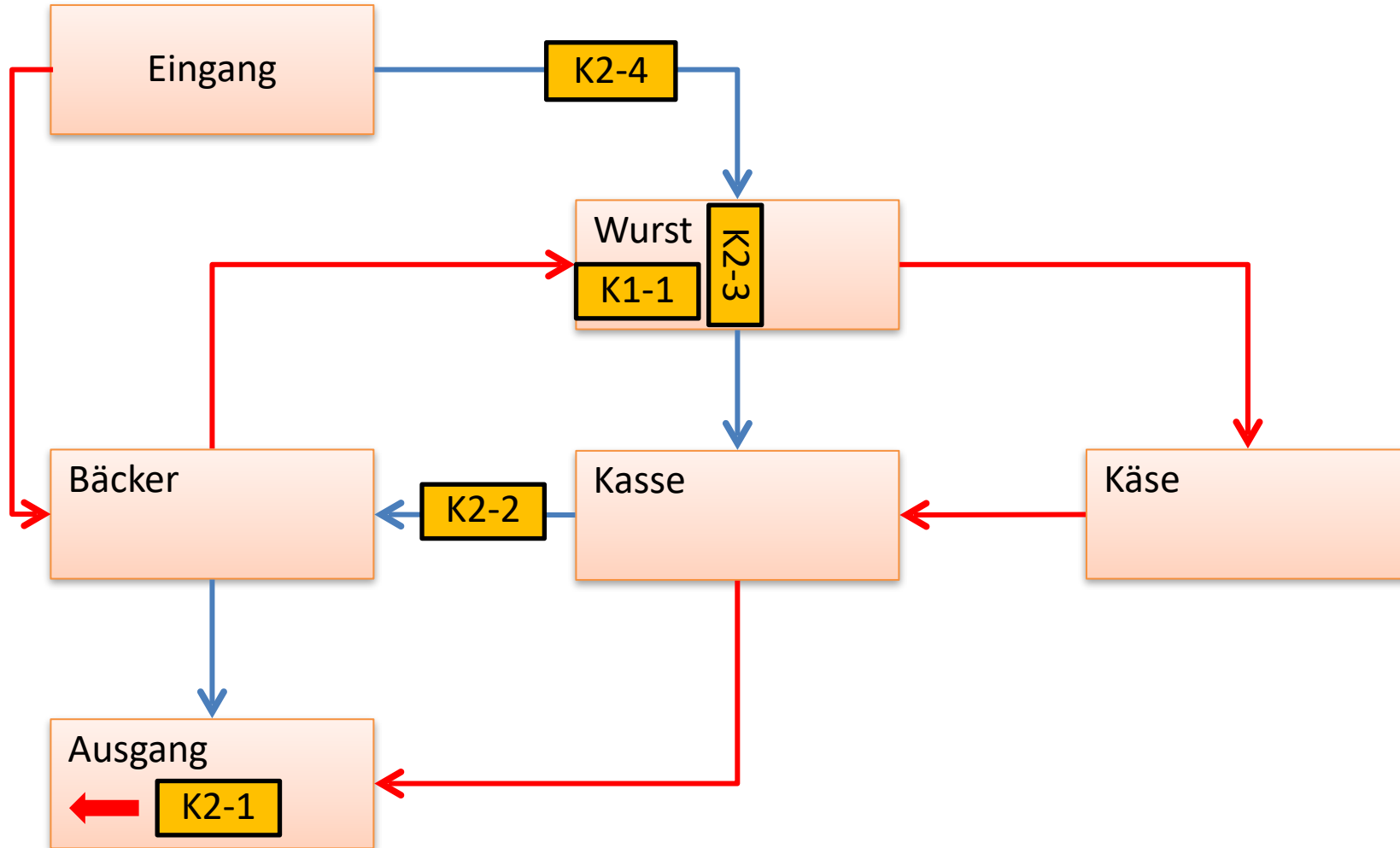


Zeit	Ereignis
110s	<del>Verlassen Bäcker K1-1</del>
121s	<del>Beginn K2-3</del>
121s	<del>Ankunft Kasse K2-1</del>
136s	<del>Verlassen Kasse K2-1</del>
140s	<del>Ankunft Wurst K1-1</del>
151s	<del>Verlassen Wurst K2-2</del>
151s	<del>Ankunft Wurst K2-3</del>
156s	<del>Ankunft Bäcker K2-1</del>
181s	<del>Beginn K2-4</del>
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
196s	Verlassen Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1

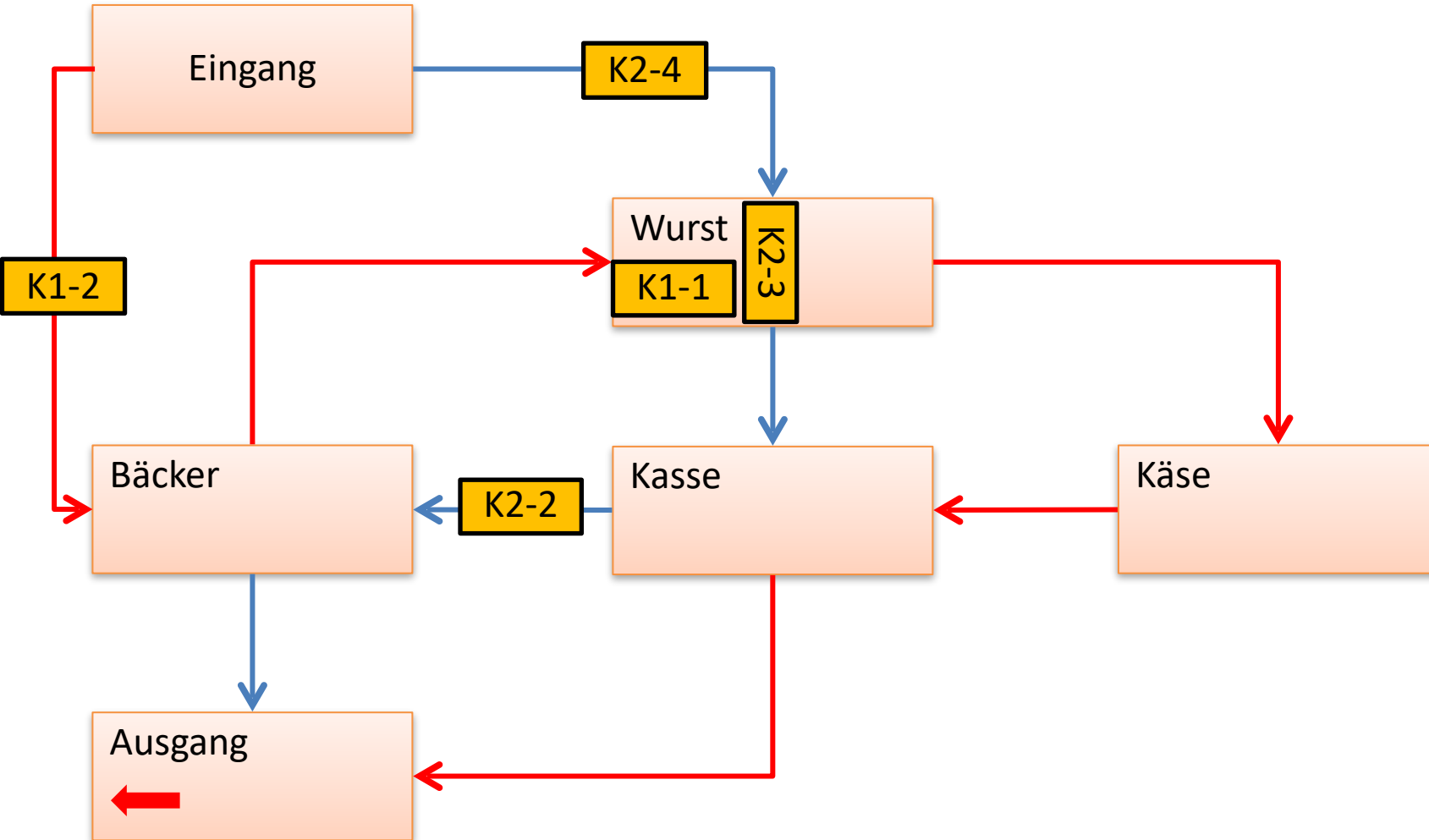


Zeit	Ereignis
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
196s	Verlassen Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1

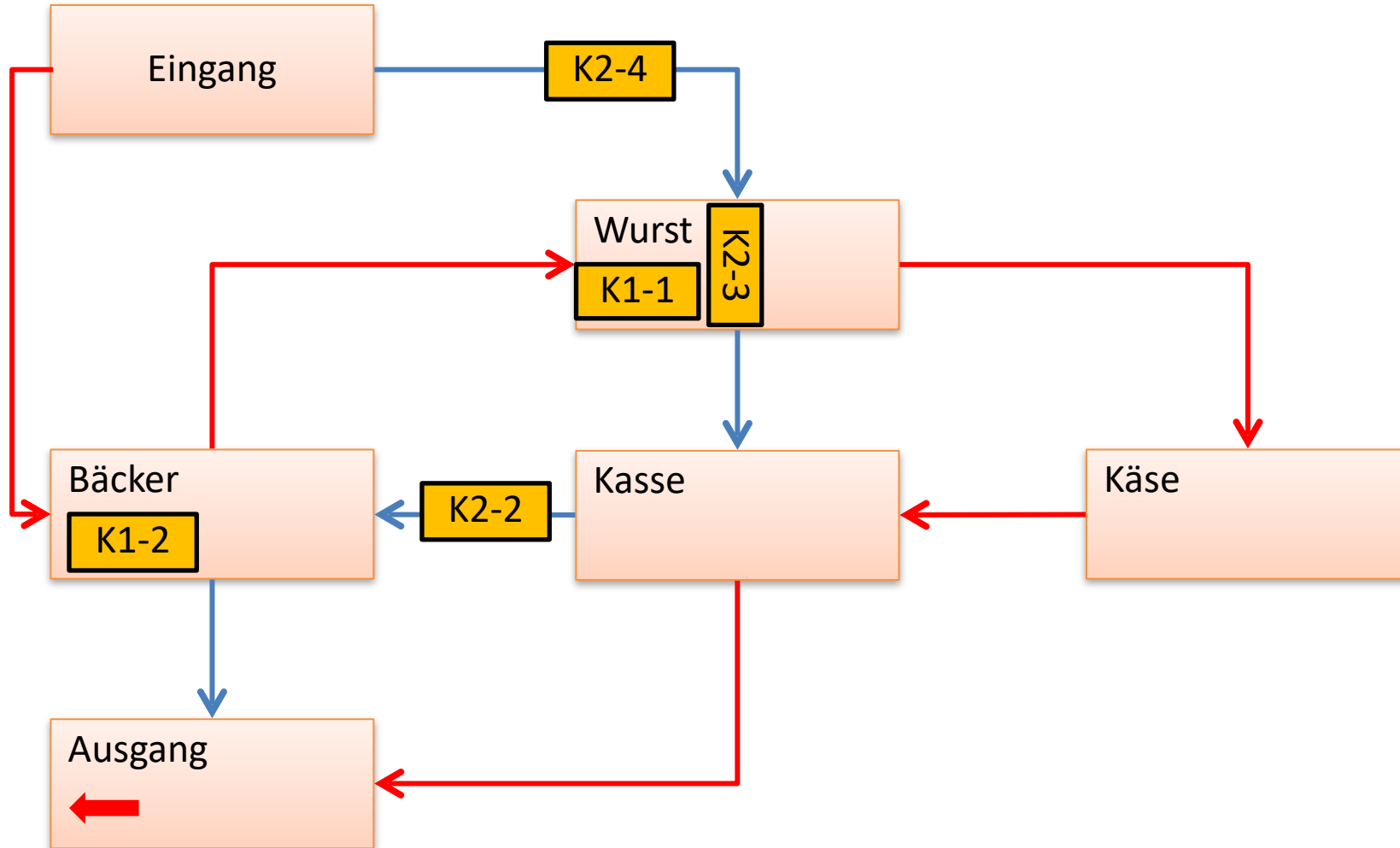




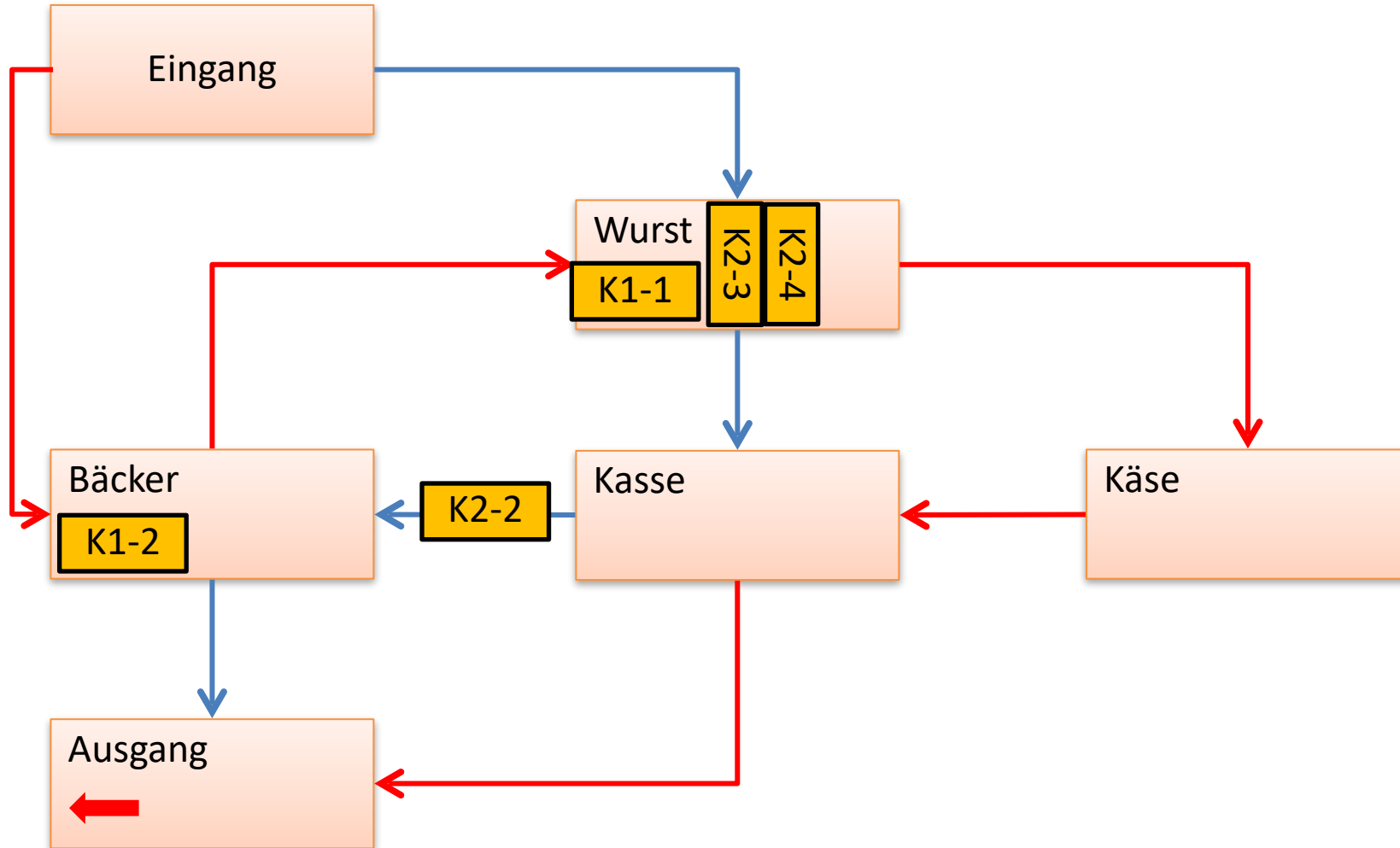
Zeit	Ereignis
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
196s	Verlassen Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
216s	Ankunft Bäcker K2-2
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1



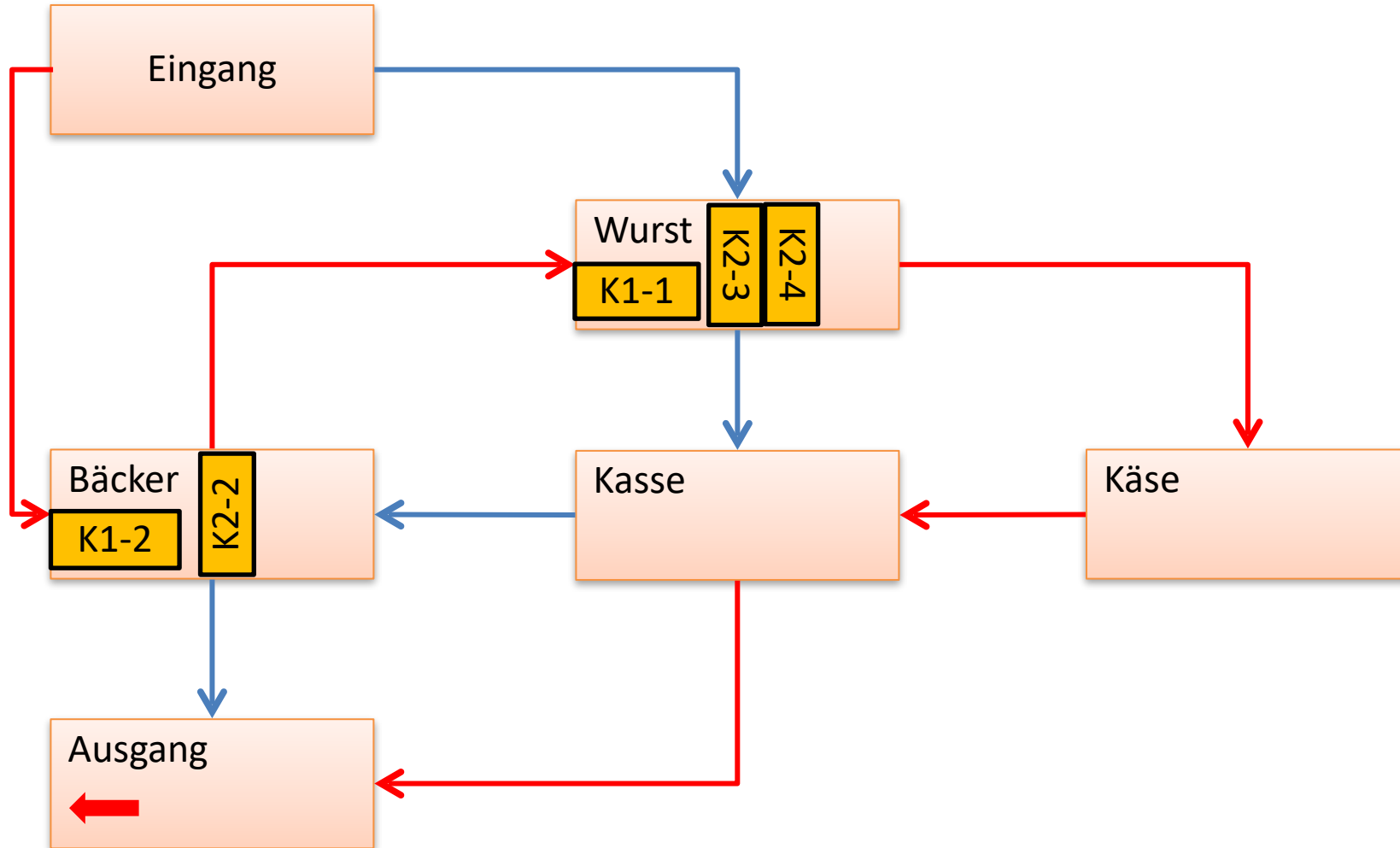
Zeit	Ereignis
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
196s	Verlassen Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
210s	Ankunft Bäcker K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
216s	Ankunft Bäcker K2-2
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1
400s	Beginn K1-3



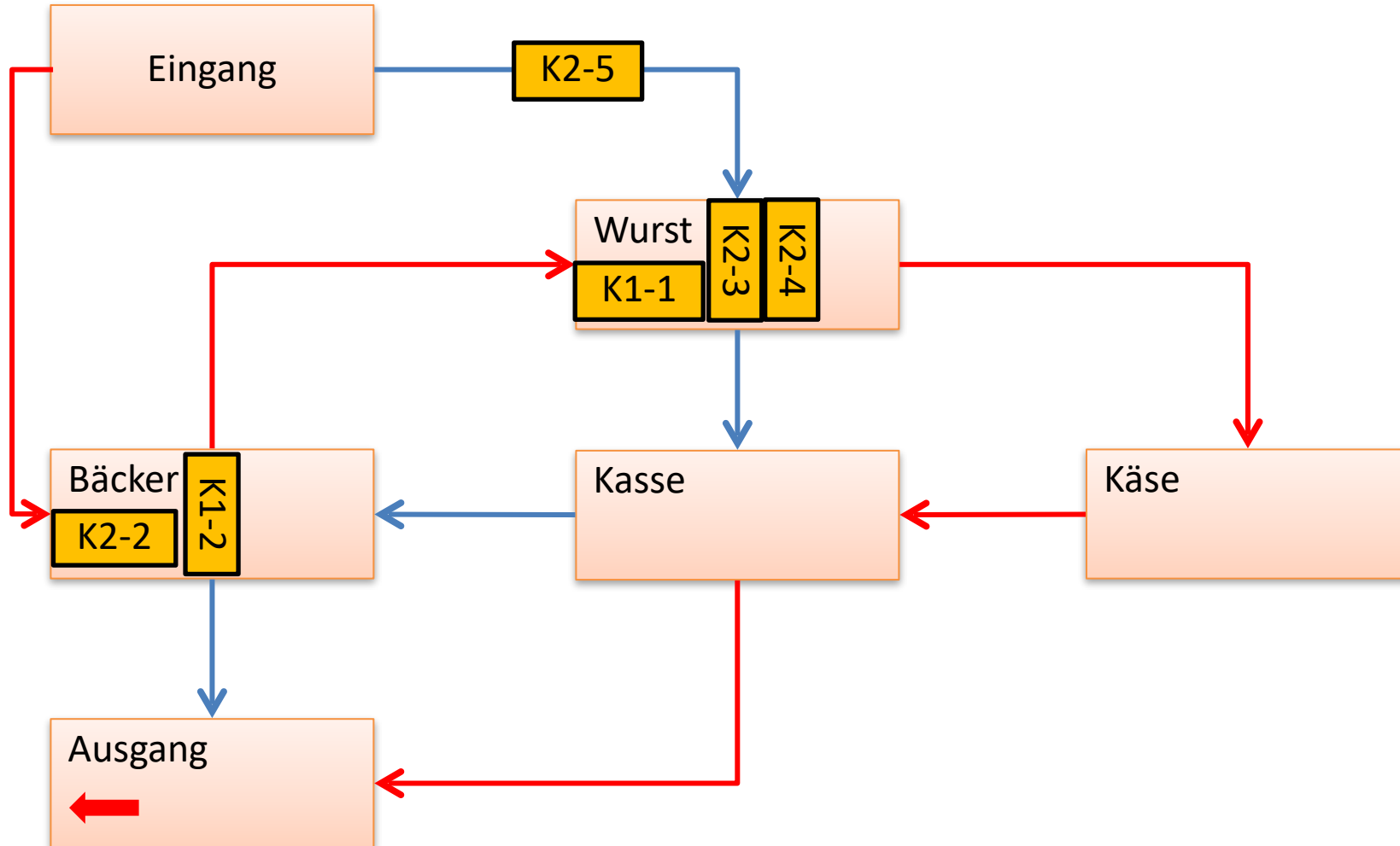
Zeit	Ereignis
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
196s	Verlassen Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
210s	Ankunft Bäcker K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
216s	Ankunft Bäcker K2-2
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1
310s	Verlassen Bäcker K1-2
400s	Beginn K1-3



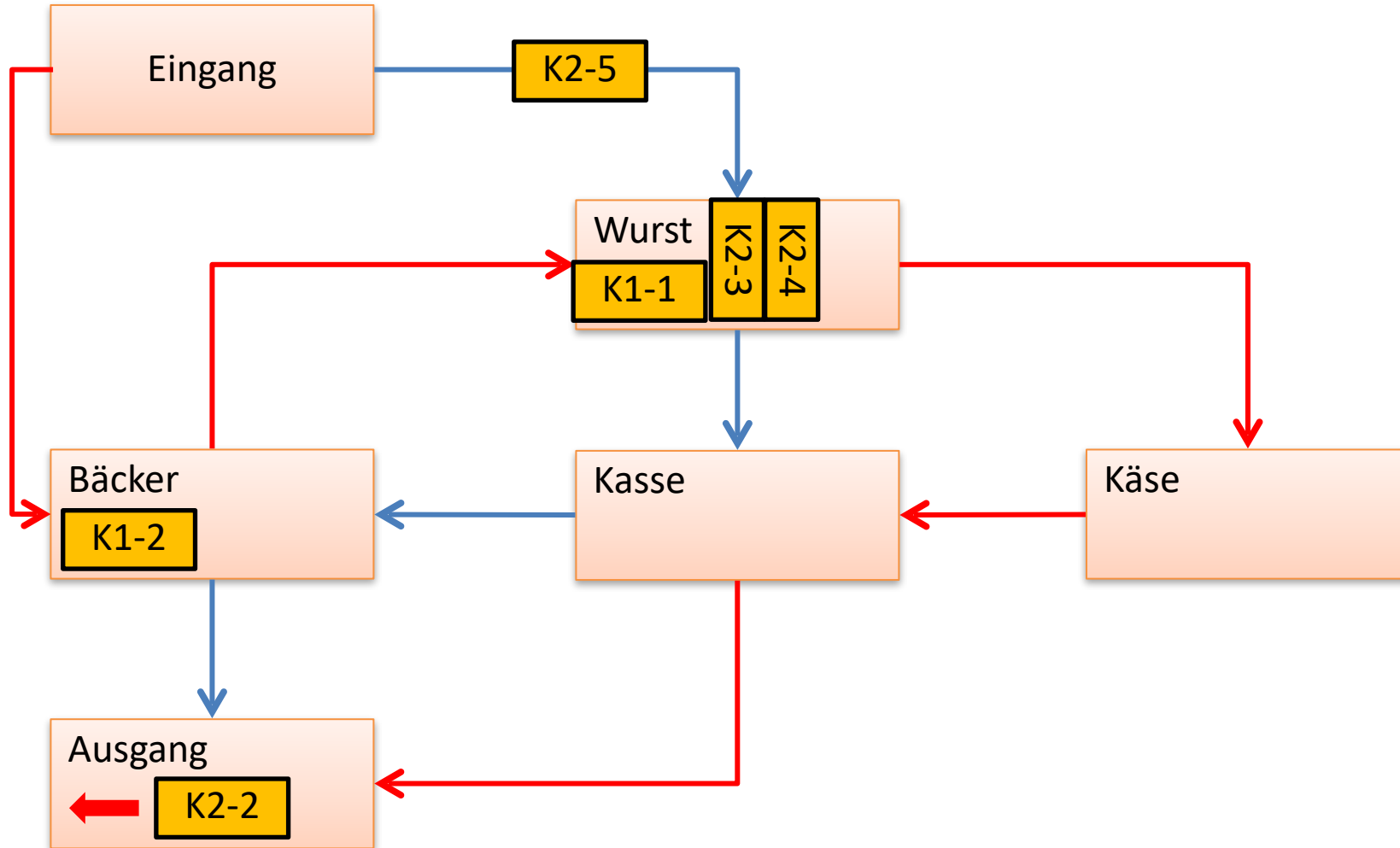
Zeit	Ereignis
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
196s	Verlassen Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
210s	Ankunft Bäcker K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
216s	Ankunft Bäcker K2-2
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1
310s	Verlassen Bäcker K1-2
400s	Beginn K1-3



Zeit	Ereignis
151s	Verlassen Wurst K2-2
151s	Ankunft Wurst K2-3
156s	Ankunft Bäcker K2-1
181s	Beginn K2-4
181s	Ankunft Kasse K2-2
186s	Verlassen Bäcker K2-1
196s	Verlassen Kasse K2-2
200s	Beginn K1-2
210s	Ankunft Bäcker K1-2
211s	Ankunft Wurst K2-4
216s	Ankunft Bäcker K2-2
241s	Beginn K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1
310s	Verlassen Bäcker K1-2
400s	Beginn K1-3



Zeit	Ereignis
211s	Ankunft Wurst K2-4
216s	Ankunft Bäcker K2-2
230s	Ankunft Bäcker K1-2
241s	Beginn K2-5
246s	Verlassen Bäcker K2-2
271s	Ankunft Wurst K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1
301s	Beginn K2-6
400s	Beginn K1-3



Zeit	Ereignis
211s	Ankunft Wurst K2-4
216s	Ankunft Bäcker K2-2
230s	Ankunft Bäcker K1-2
241s	Beginn K2-5
246s	Verlassen Bäcker K2-2
271s	Ankunft Wurst K2-5
301s	Verlassen Wurst K1-1
301s	Beginn K2-6
346s	Verlassen Bäcker K1-2
400s	Beginn K1-3



# Implementierung einer ereignis-orientierten Simulation

- Klasse Ereignisliste

- ereignisliste: heapq
- event=pop()
- push(event)
- start()

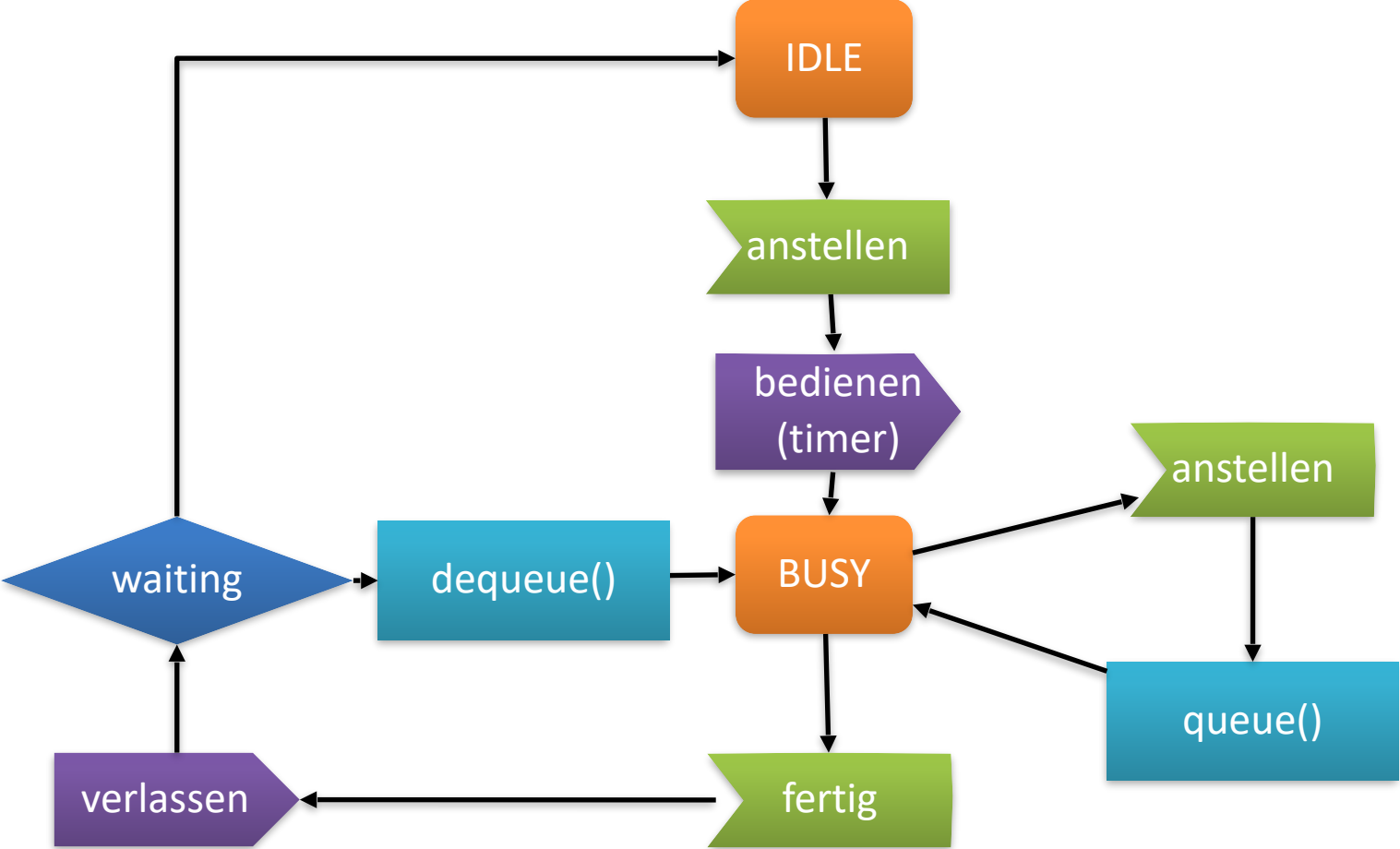
- Klasse KundIn

- Konstruktor(Liste mit Tupeln aus Station, T, W, N)
- beginn\_einkauf()
- ankunft\_station()
- verlassen\_station()

- Klasse Station

- Konstruktor(Bediendauer)
- anstellen(KundIn)
- fertig()

Prozesssicht Station



Prozesssicht KundIn

