

Jan Lunze

Ereignisdiskrete Systeme

Modellierung und Analyse dynamischer Systeme
mit Automaten, Markovketten und Petrinetzen

3., überarbeitete Auflage

Alle Abbildungen in A4-Vergrößerung

De Gruyter Oldenbourg

Berlin 2017

7. April 2017

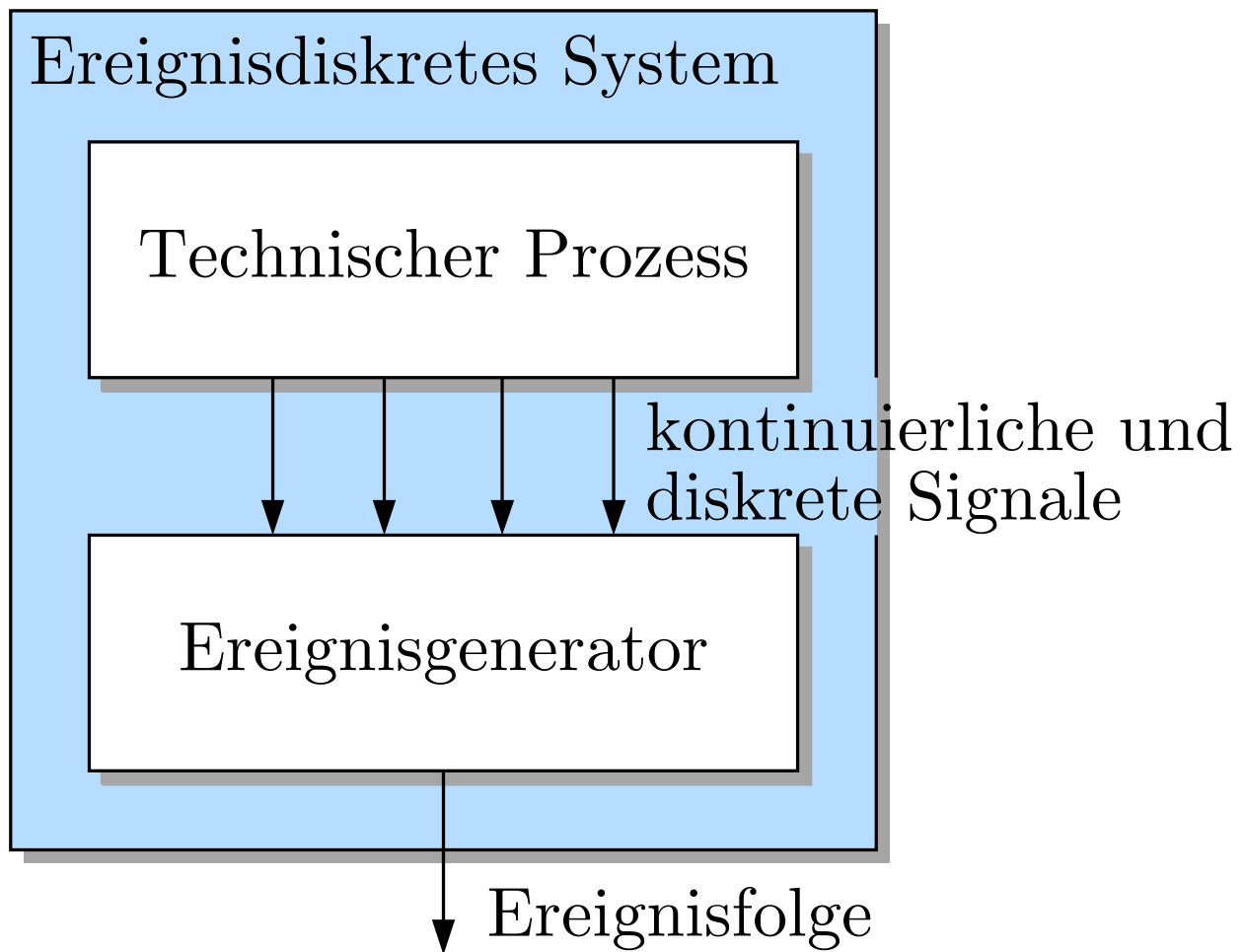


Abb. 1.1: Grundstruktur eines autonomen ereignisdiskreten Systems

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Abb. 1.2. Paritätsprüfung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

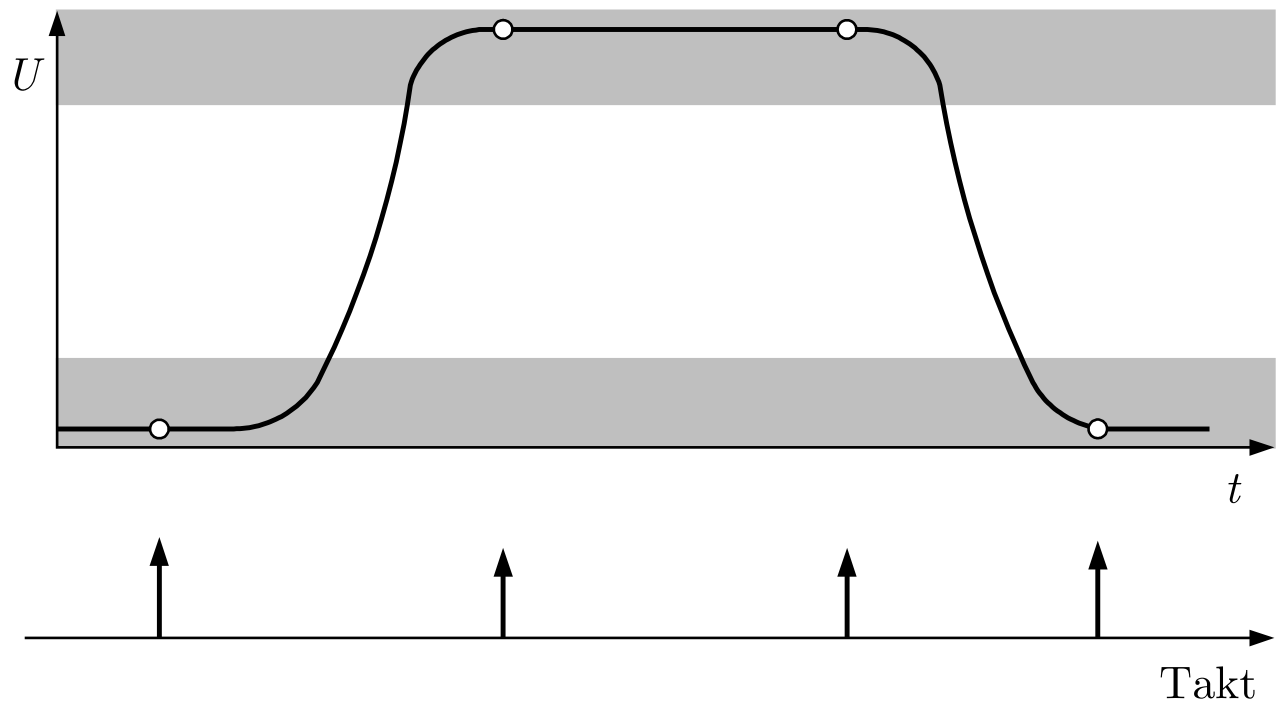


Abb. 1.3: Spannungsverlauf bei einer digitalen Schaltung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

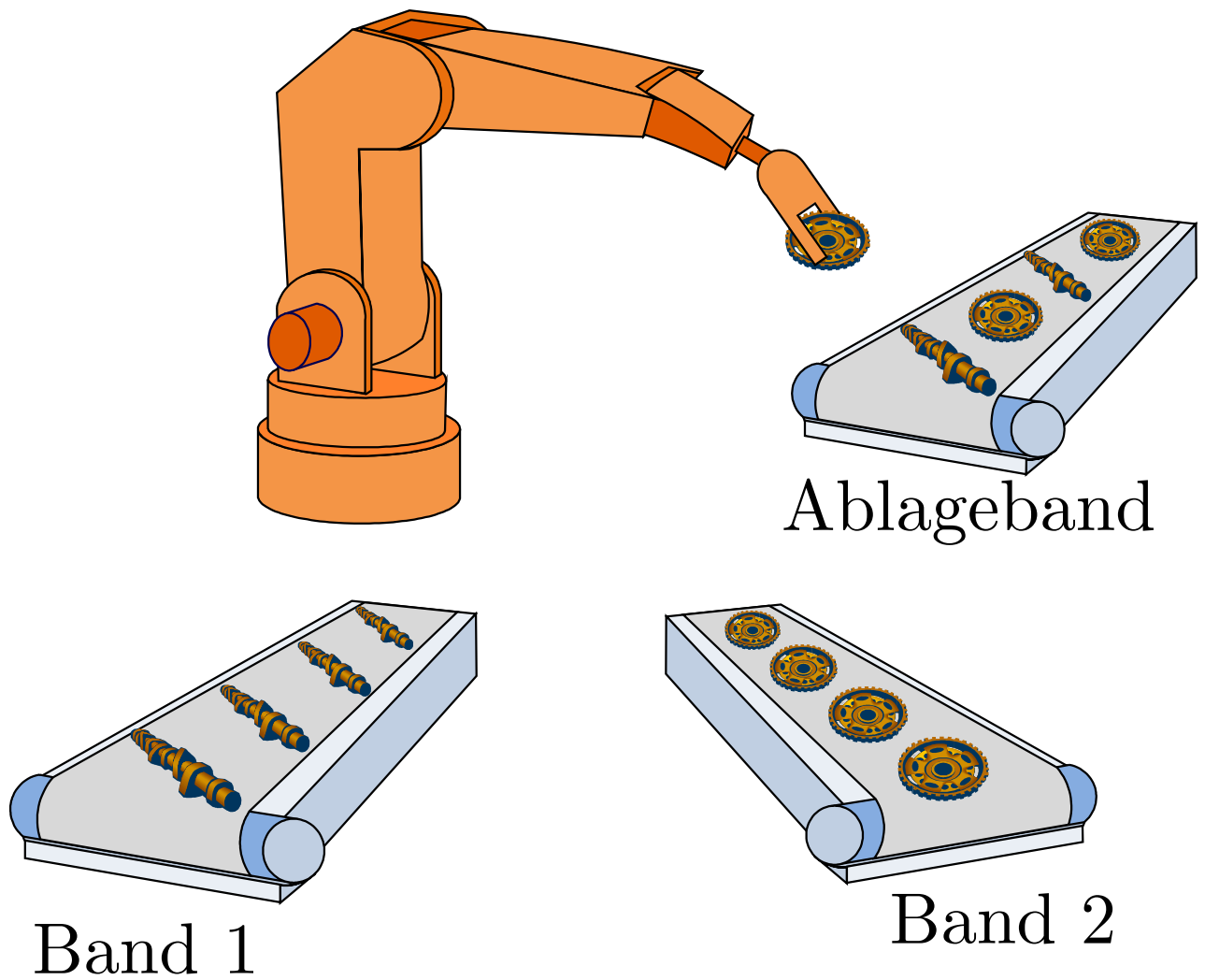


Abb. 1.4: Sortieren von Werkstücken durch einen Roboter

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

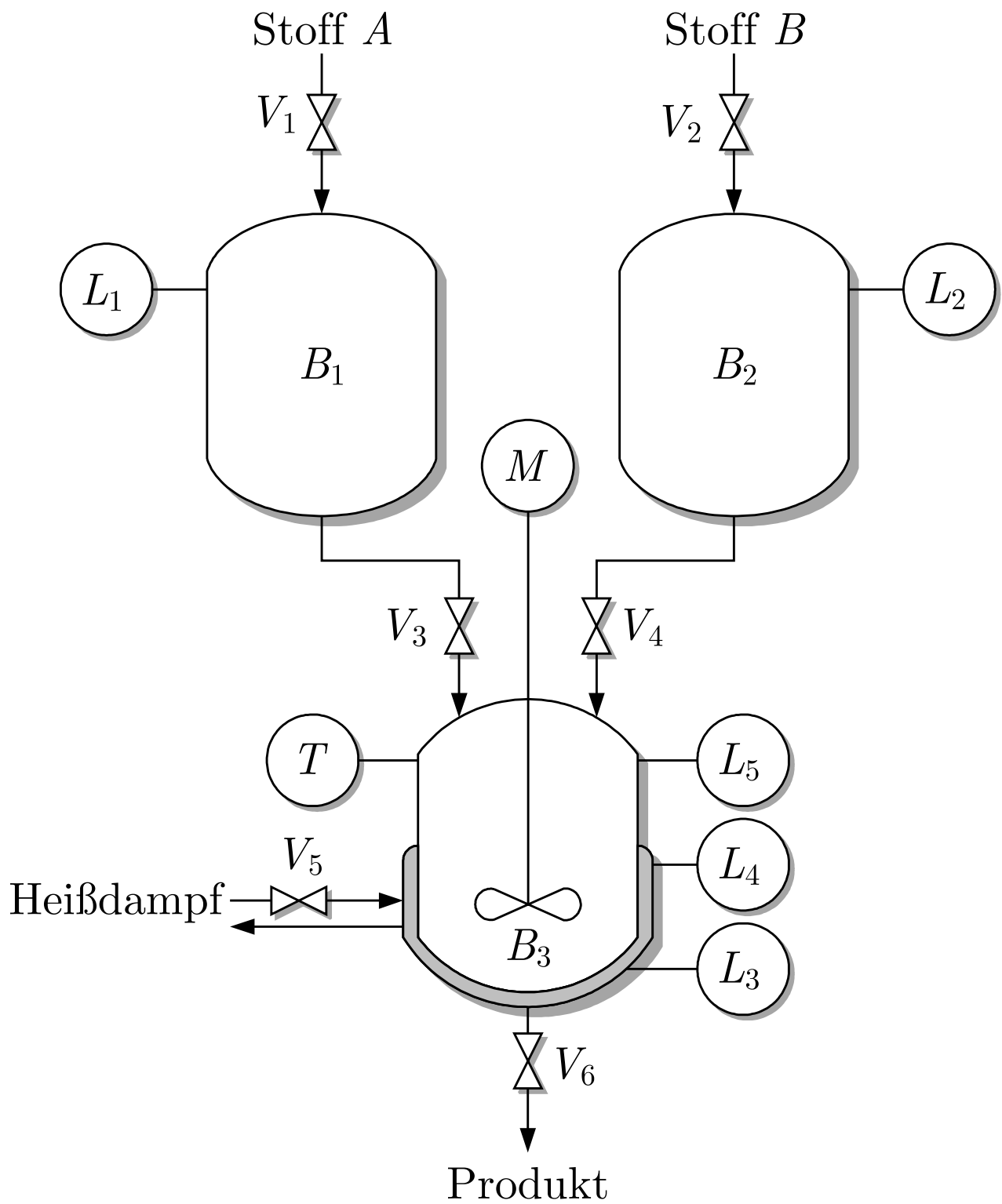


Abb. 1.5: Fließbild eines Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

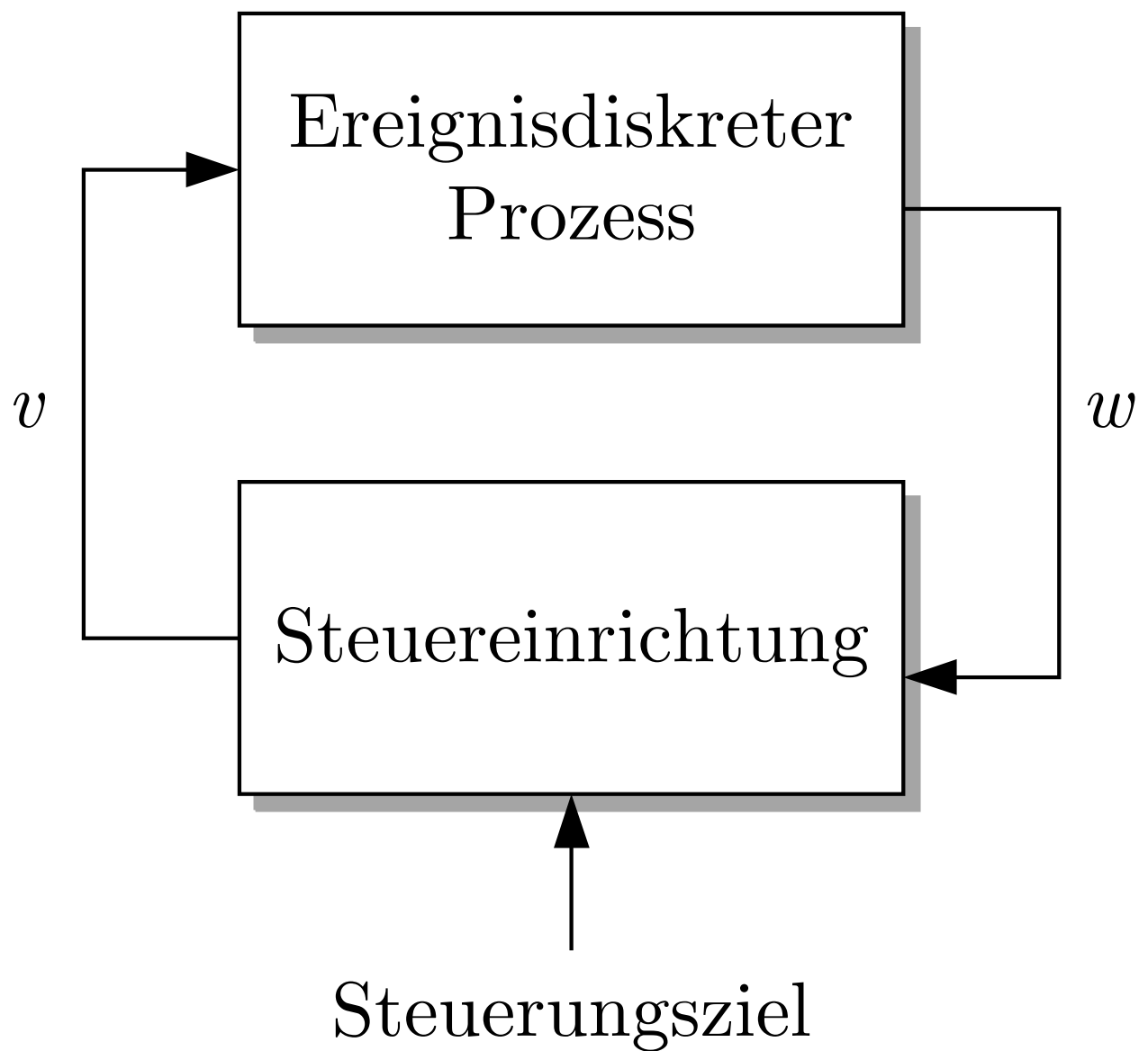


Abb. 1.6: Regelkreis

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

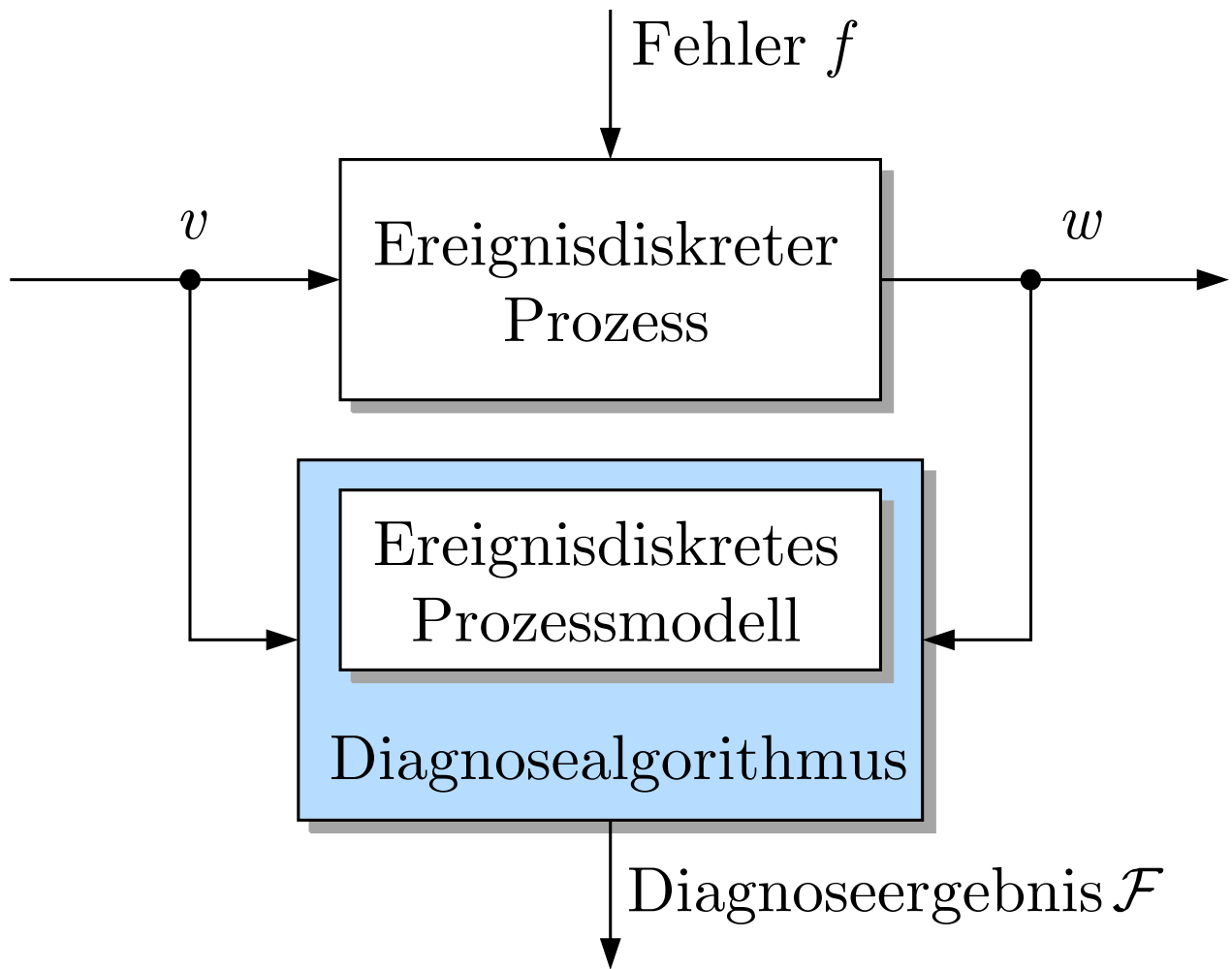


Abb. 1.7: Diagnose ereignisdiskreter Prozesse

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Zustände:

0 – Rahmen 0 wurde gesendet	E – leer	0 – wartet auf Rahmen 0
1 – Rahmen 1 wurde gesendet	0 – belegt mit Rahmen 0	1 – wartet auf Rahmen 1
	1 – belegt mit Rahmen 1	
	A – belegt mit Bestätigungsrahmen	

Abb. 1.8. Spezifikation eines Netzwerkprotokolls

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

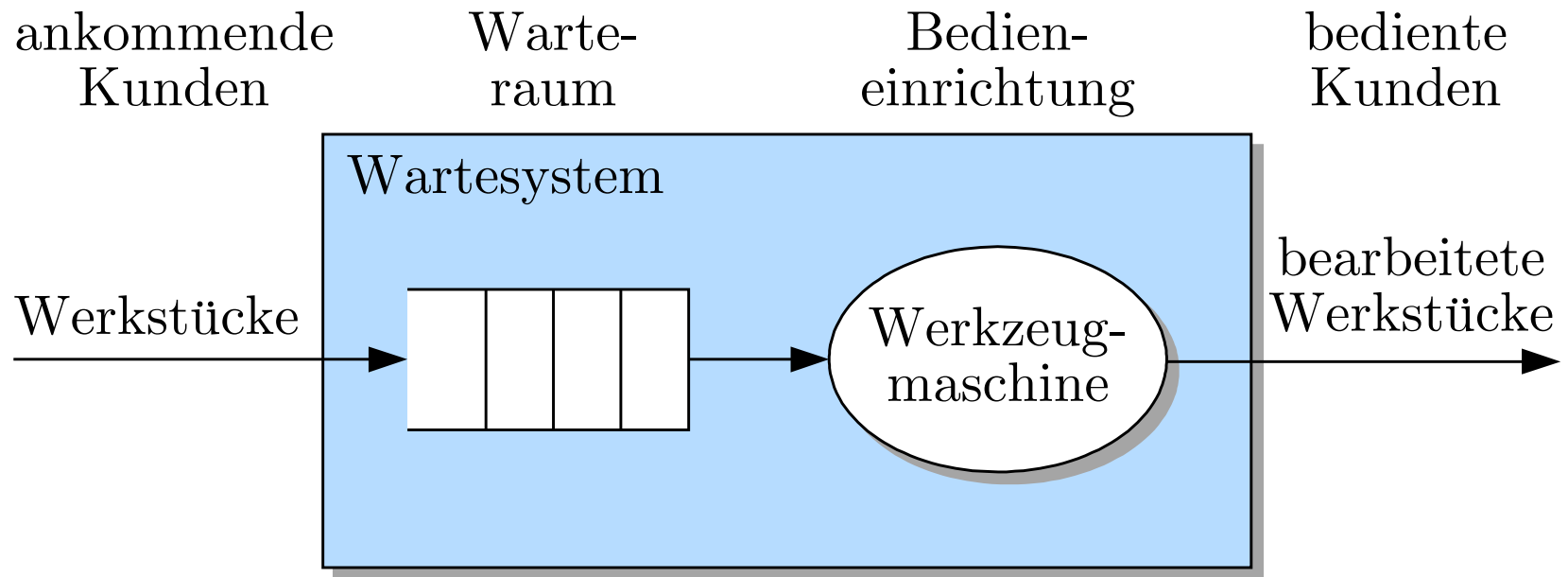


Abb. 1.9. Warteschlange vor einer Werkzeugmaschine

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

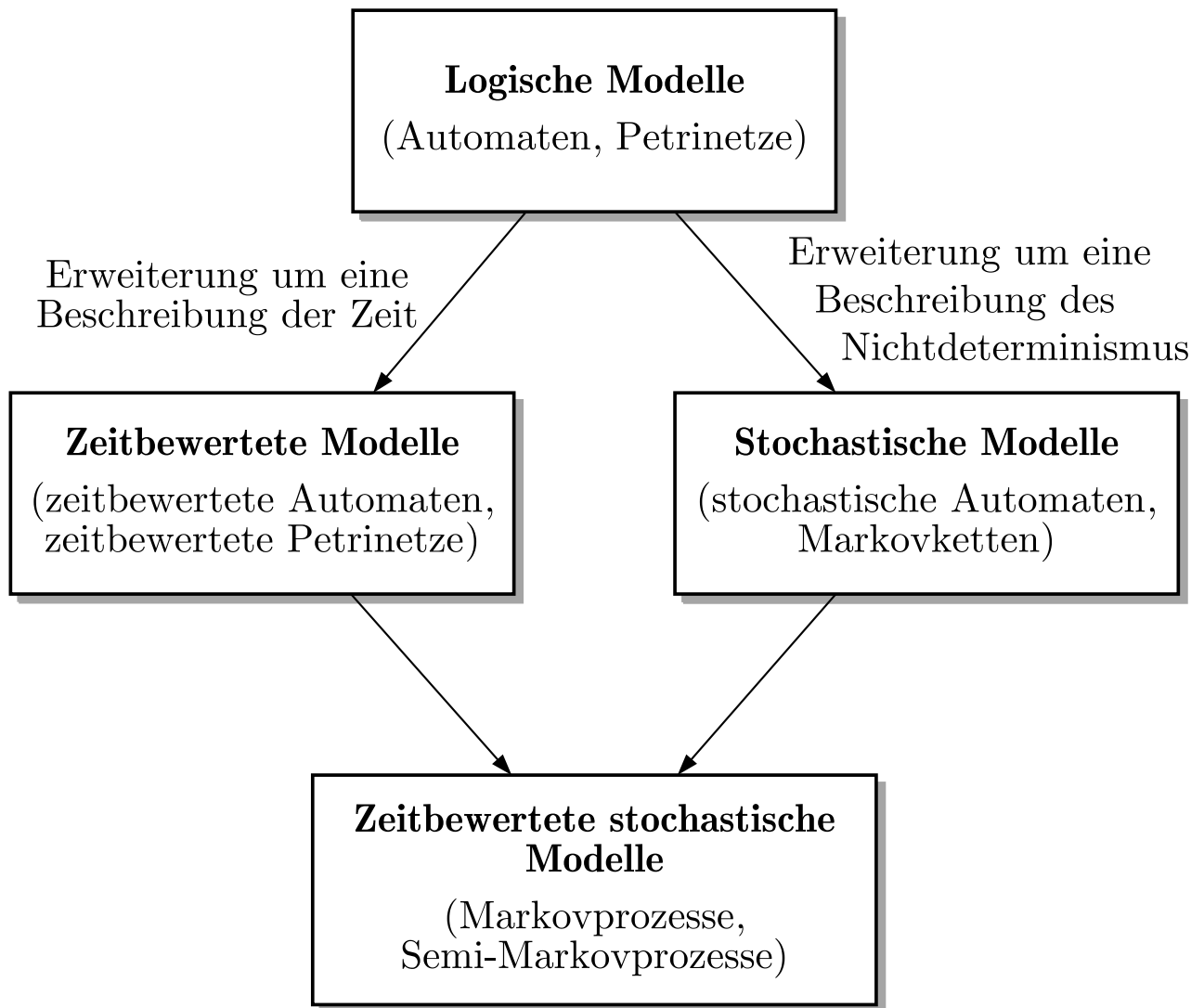


Abb. 1.10: Zusammenhang der in diesem Buch behandelten Modelle ereignisdiskreter Systeme

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Abb. 2.1. Ereignisdiskretes System

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

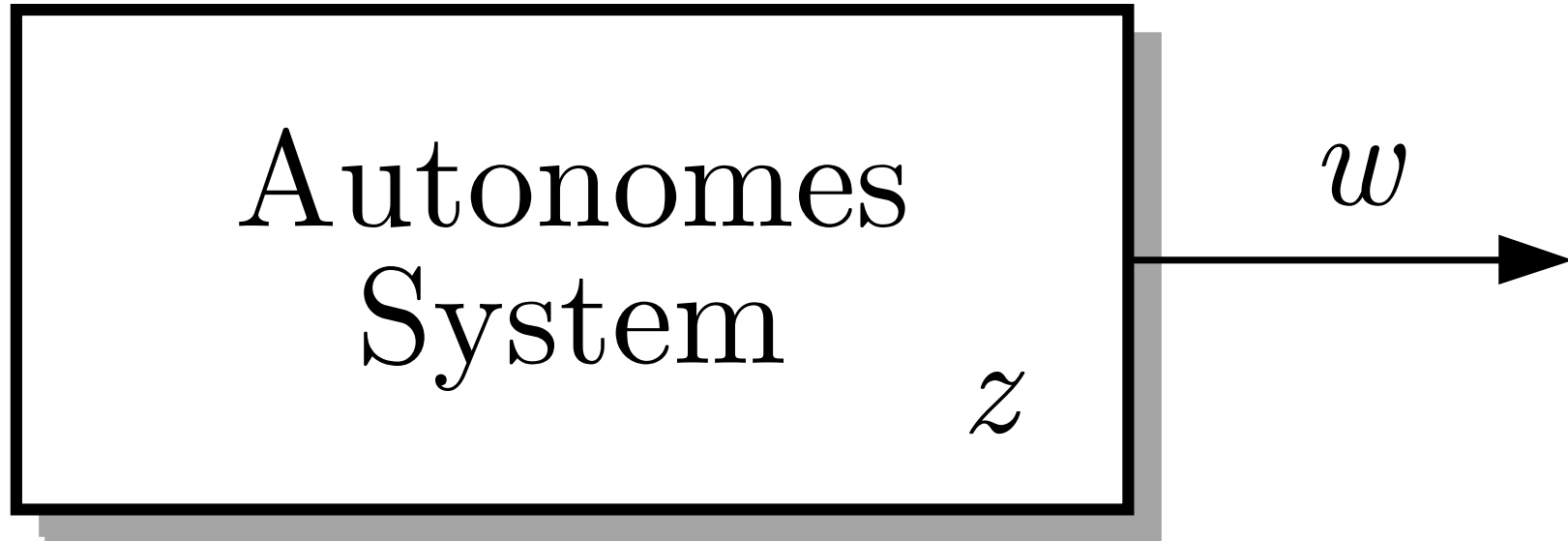


Abb. 2.2. Autonomes System

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

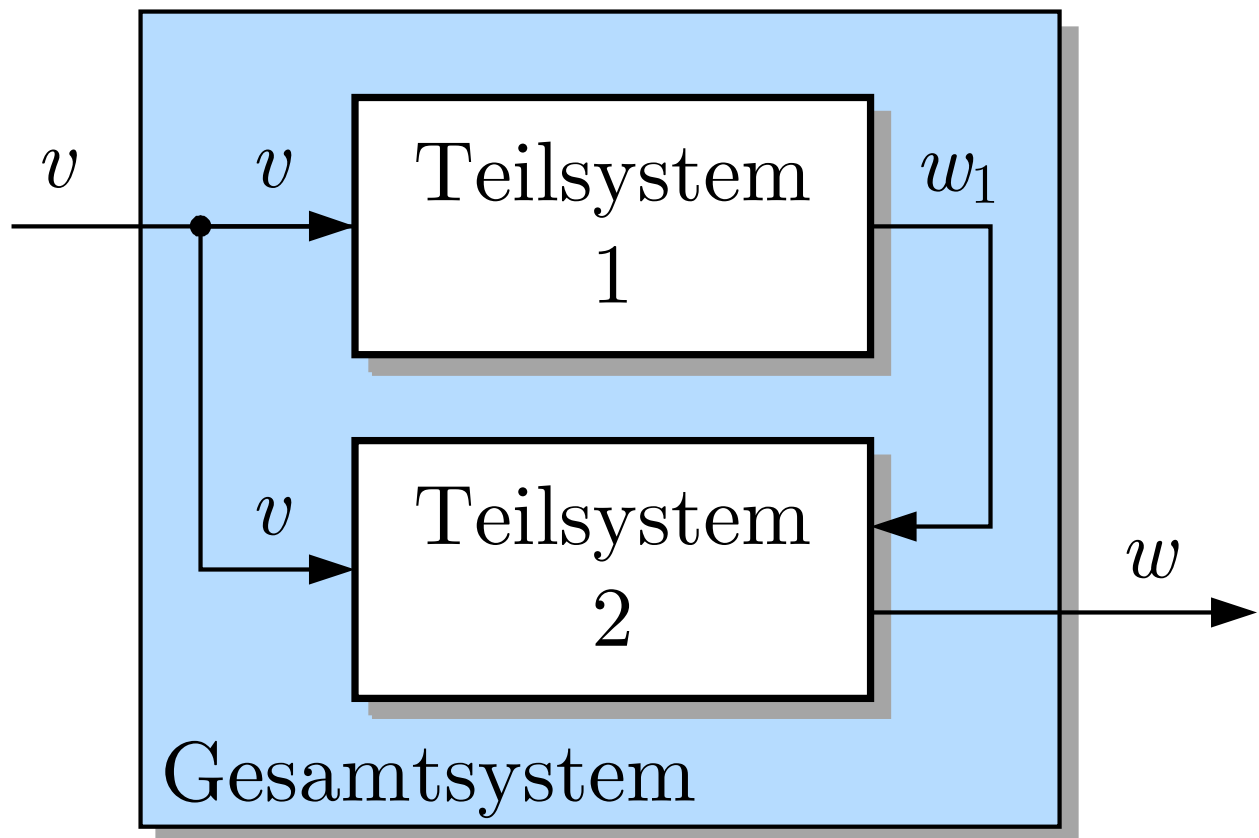


Abb. 2.3: Ein aus zwei Teilsystemen zusammengesetztes Gesamtsystem

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

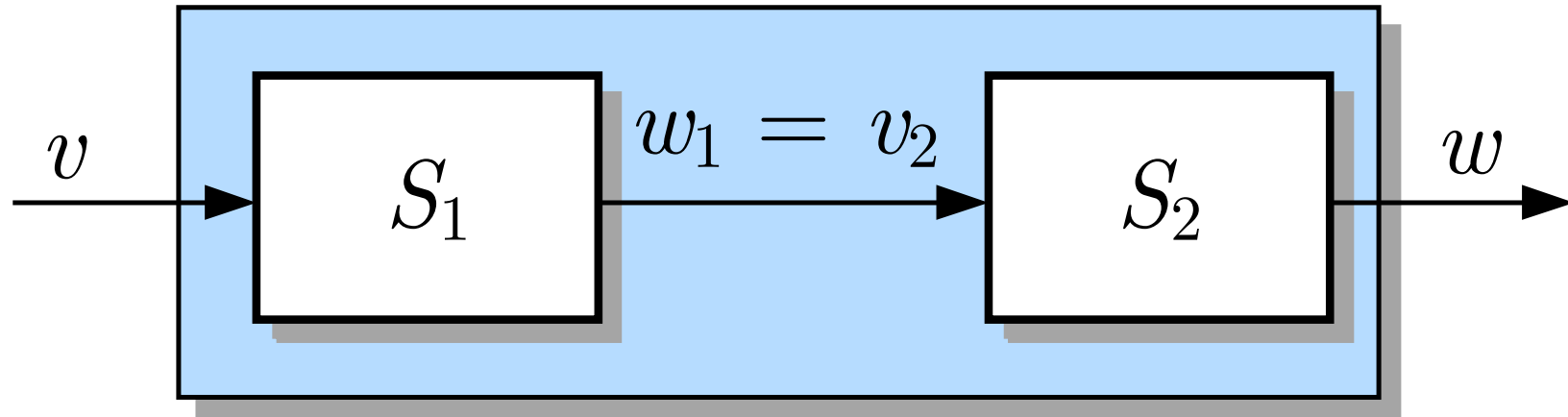


Abb. 2.4. Reihenschaltung zweier Teilsysteme

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

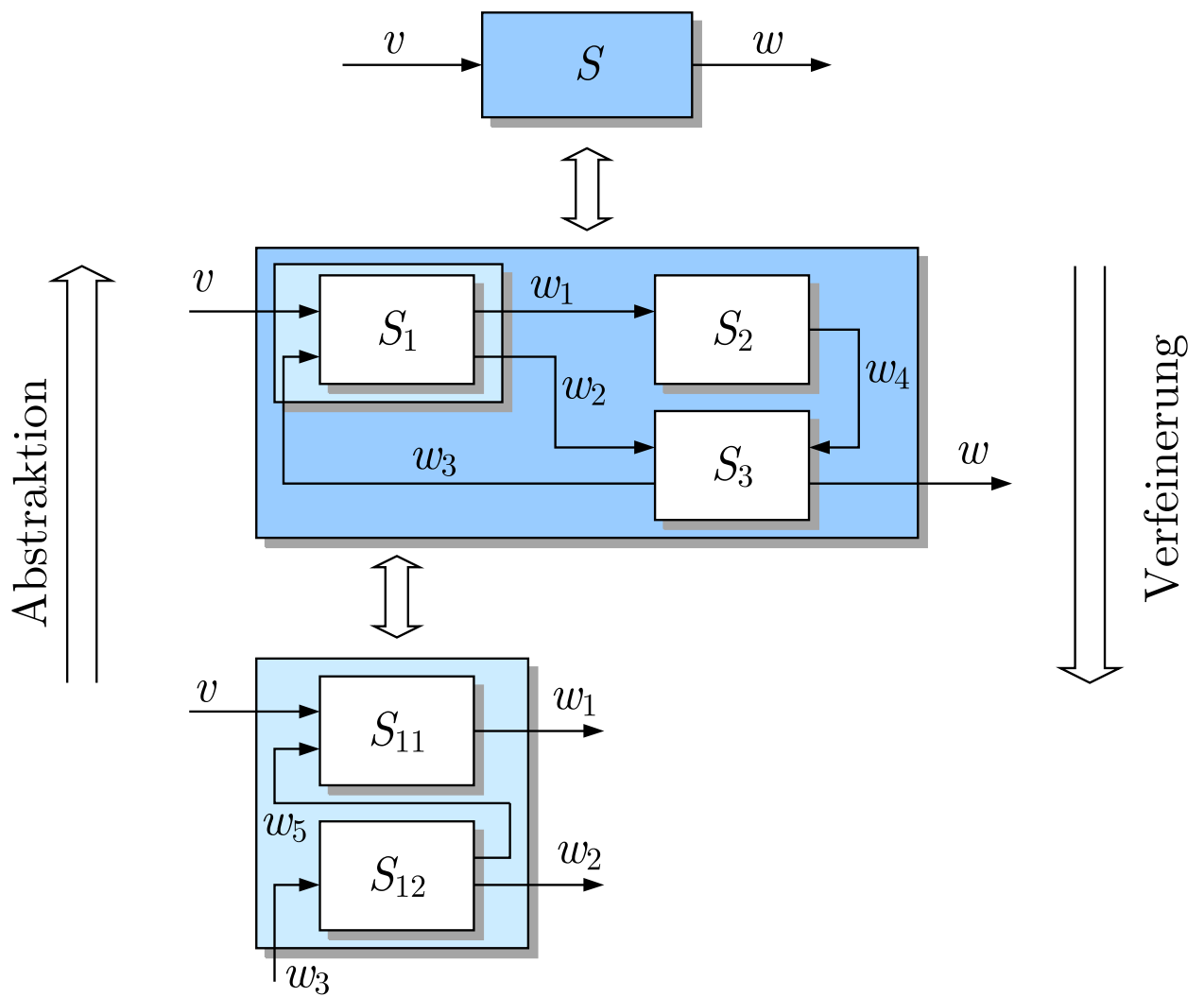


Abb. 2.5: Hierarchische Modellbildung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

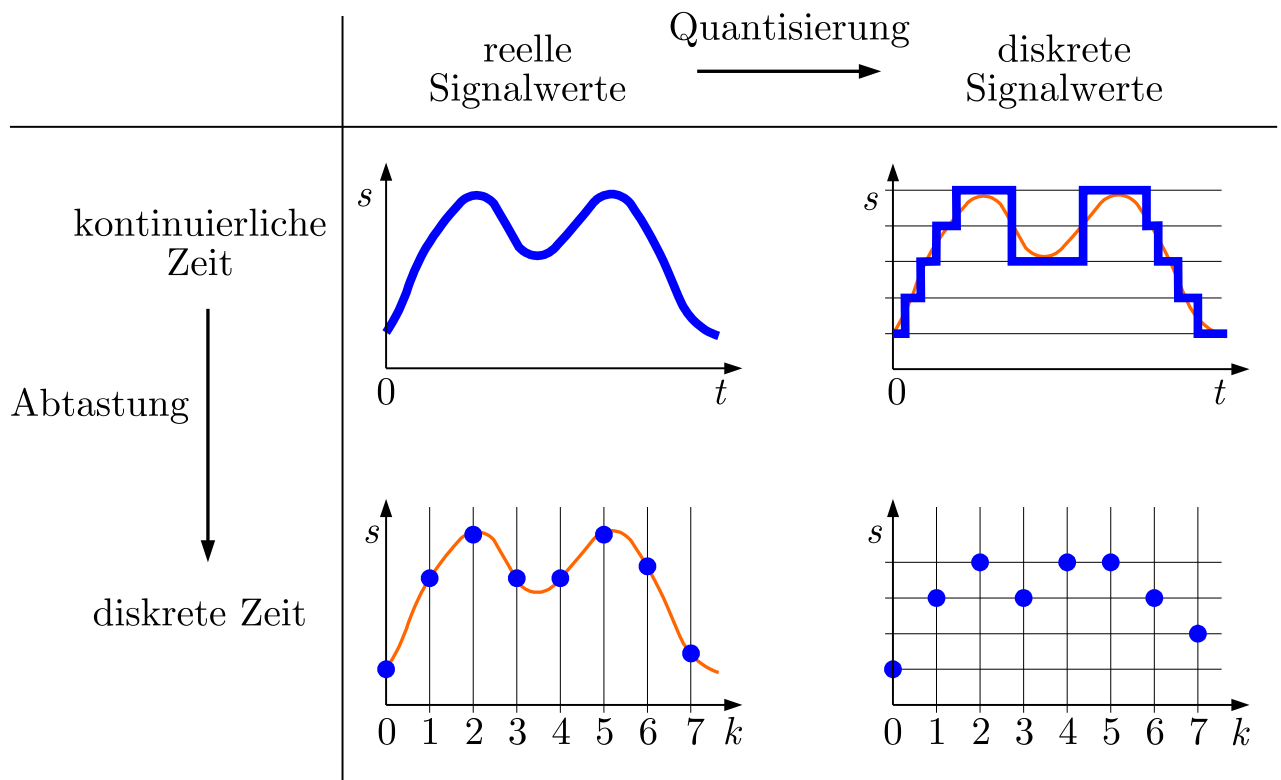


Abb. 2.6: Klassifikation von Signalen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

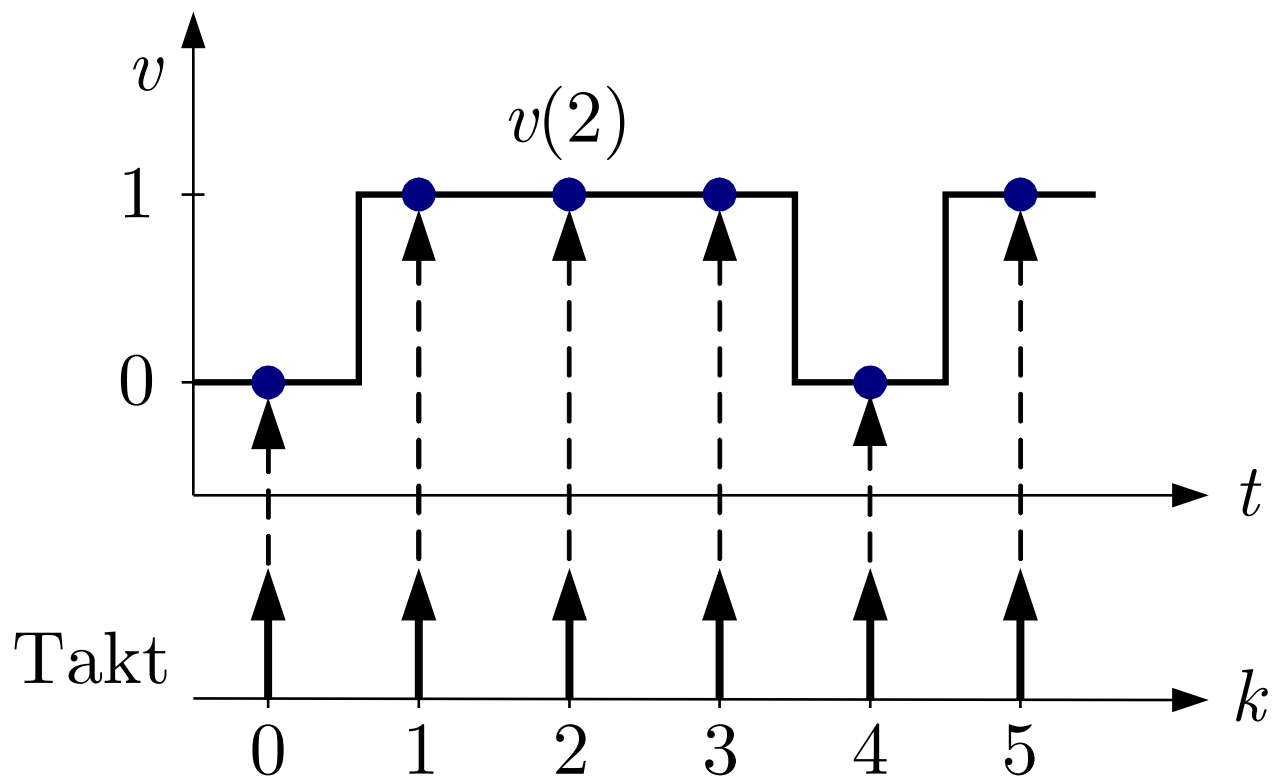


Abb. 2.7: Abgetastetes binäres Signal

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

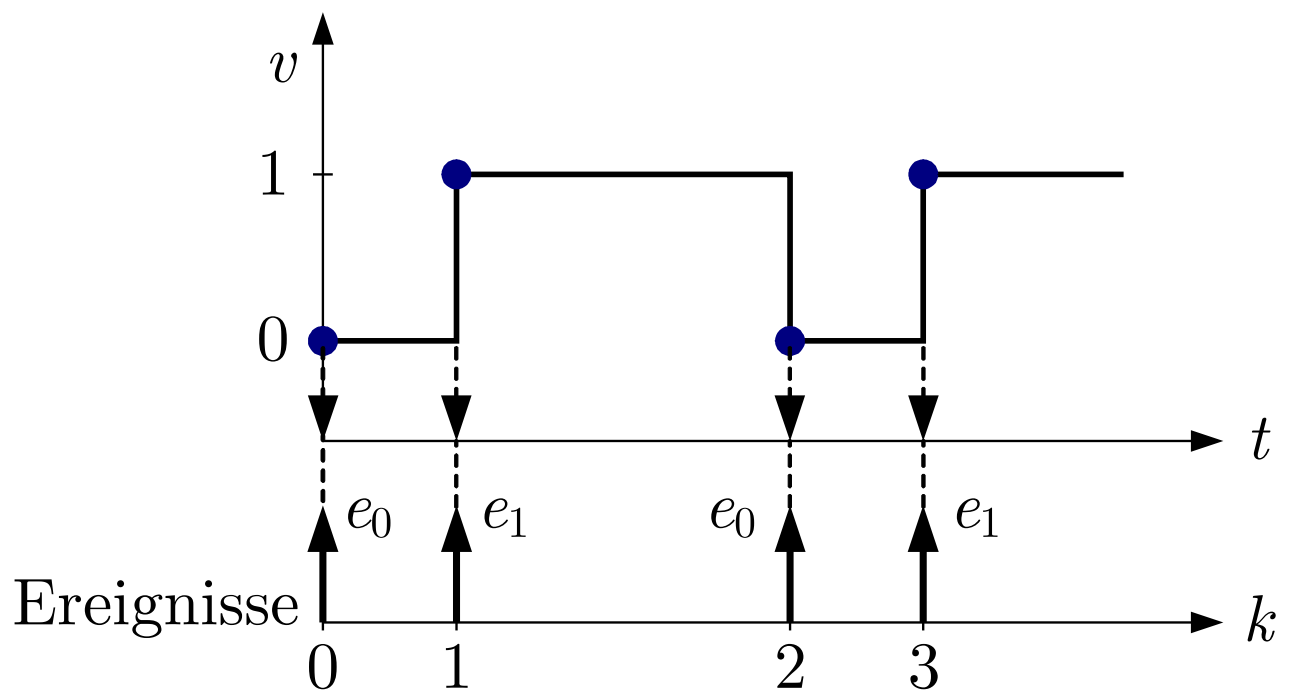


Abb. 2.8: Binäres Signal, das durch Ereignisse beschrieben wird

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

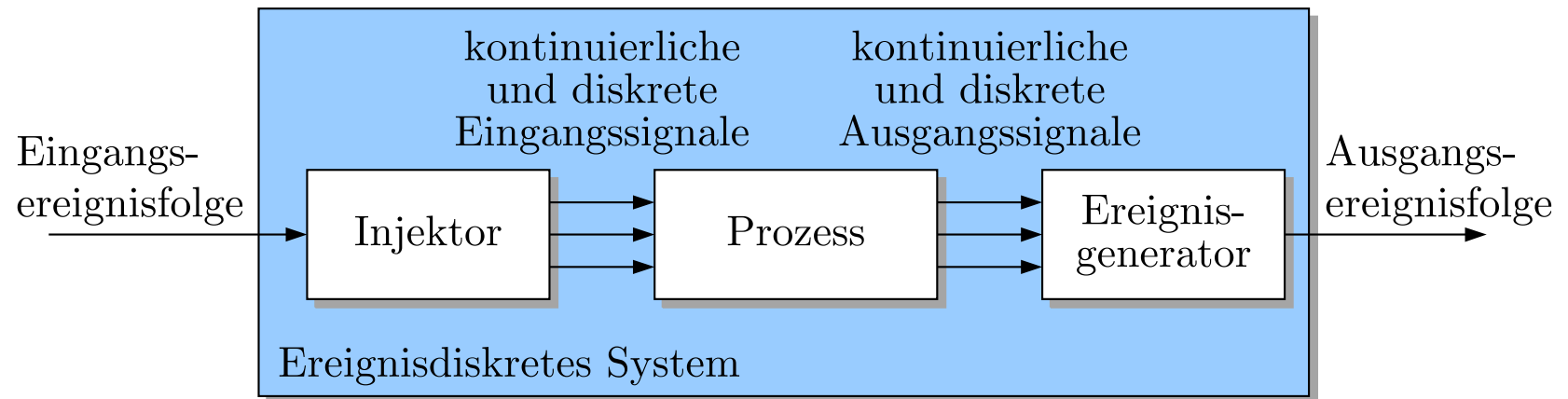


Abb. 2.9. Grundstruktur eines ereignisdiskreten Systems mit Eingang und Ausgang

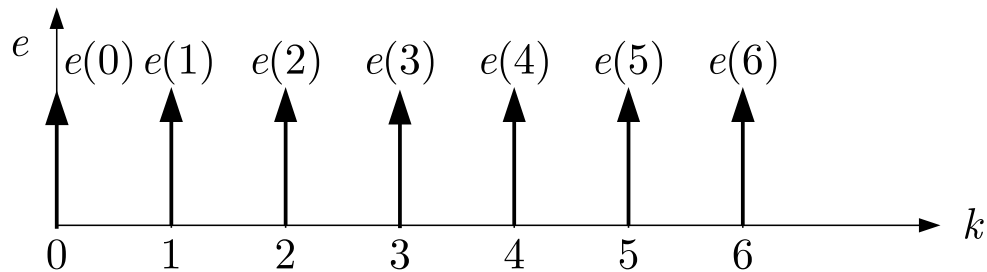
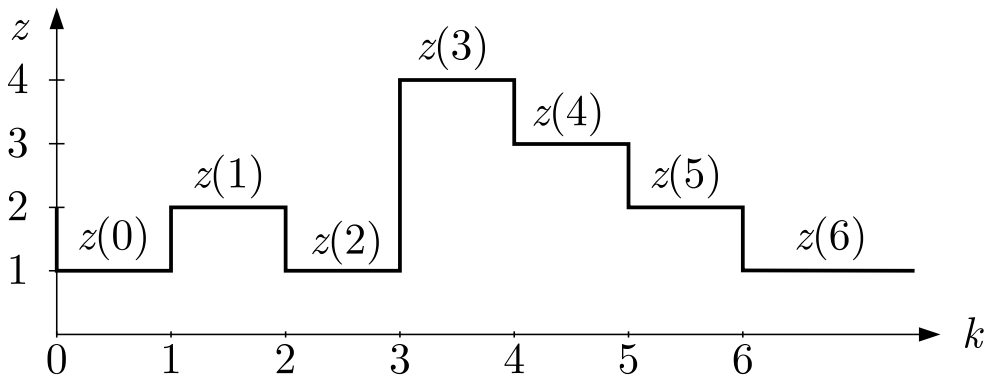
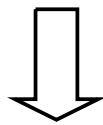
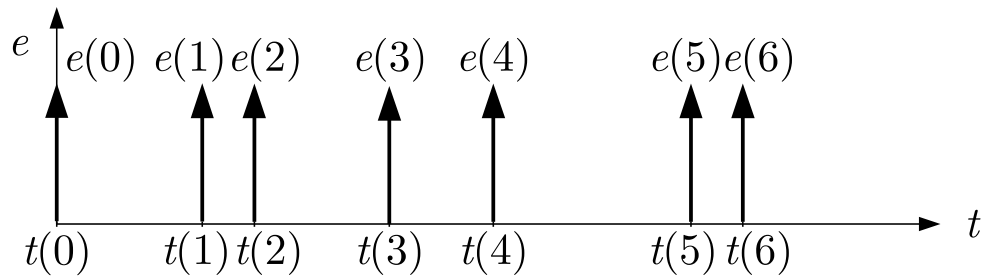
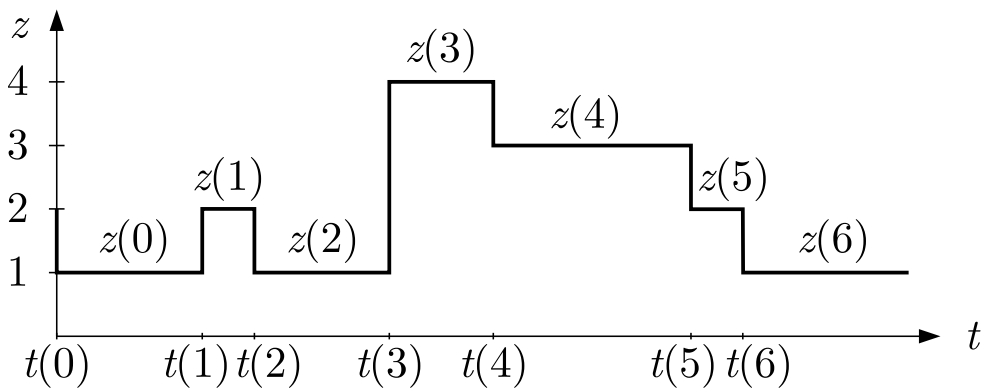


Abb. 2.10. Zeitbewertete Ereignisfolge (oben) und logische Ereignisfolge (unten)

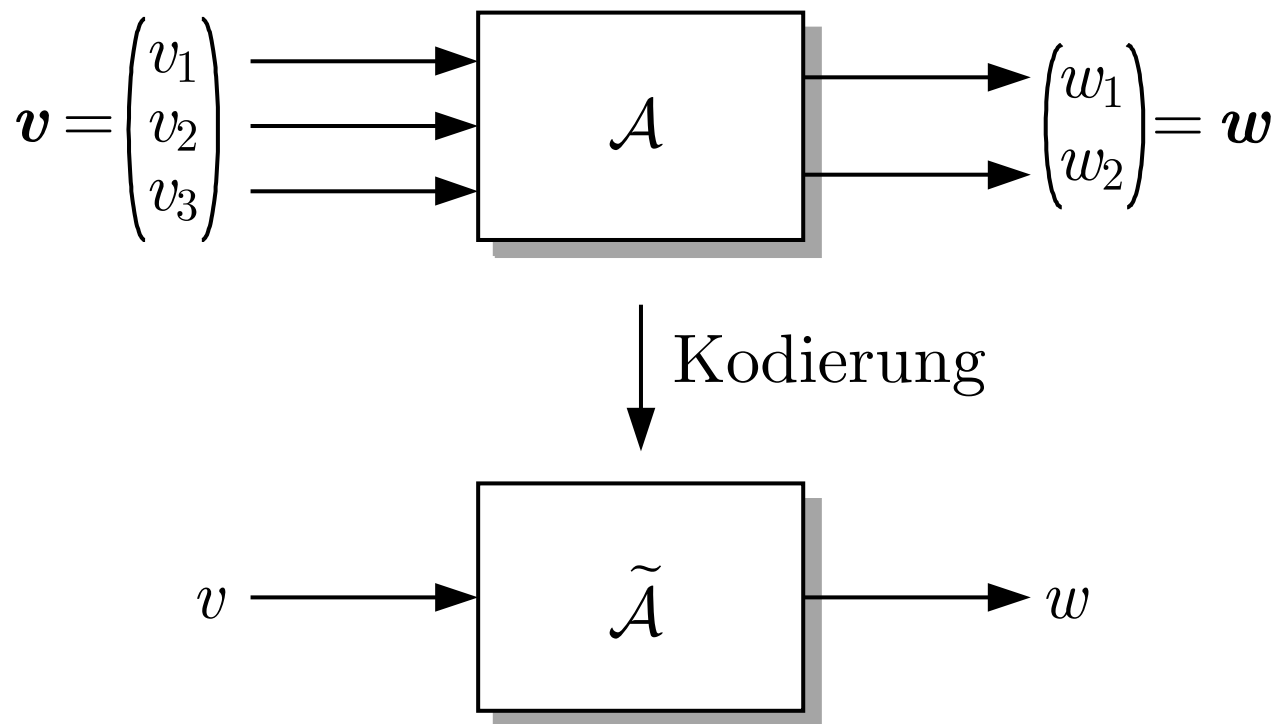


Abb. 2.11: Ereignisdiskretes System mit mehreren Eingangs- und Ausgangsgrößen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

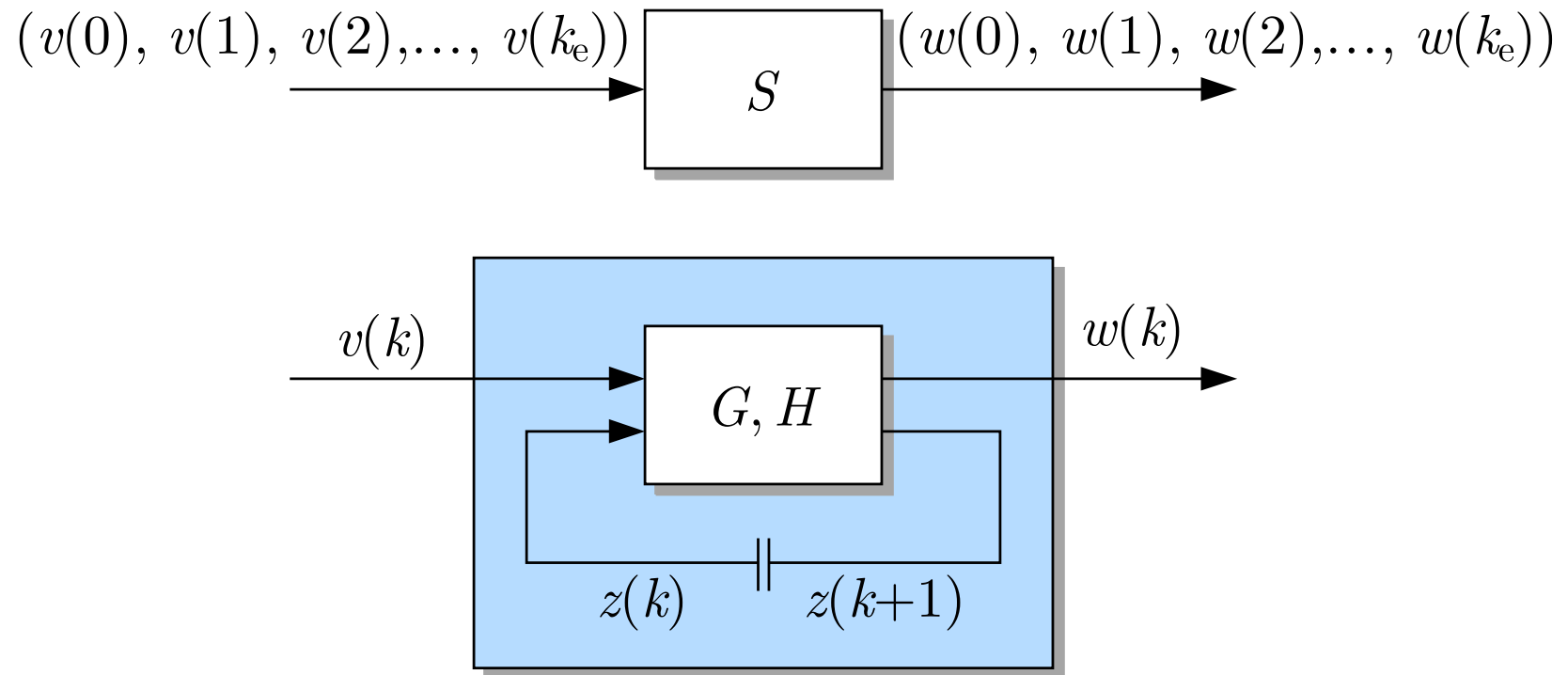


Abb. 2.12. E/A-Beschreibung und Zustandsraumbeschreibung dynamischer Systeme

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

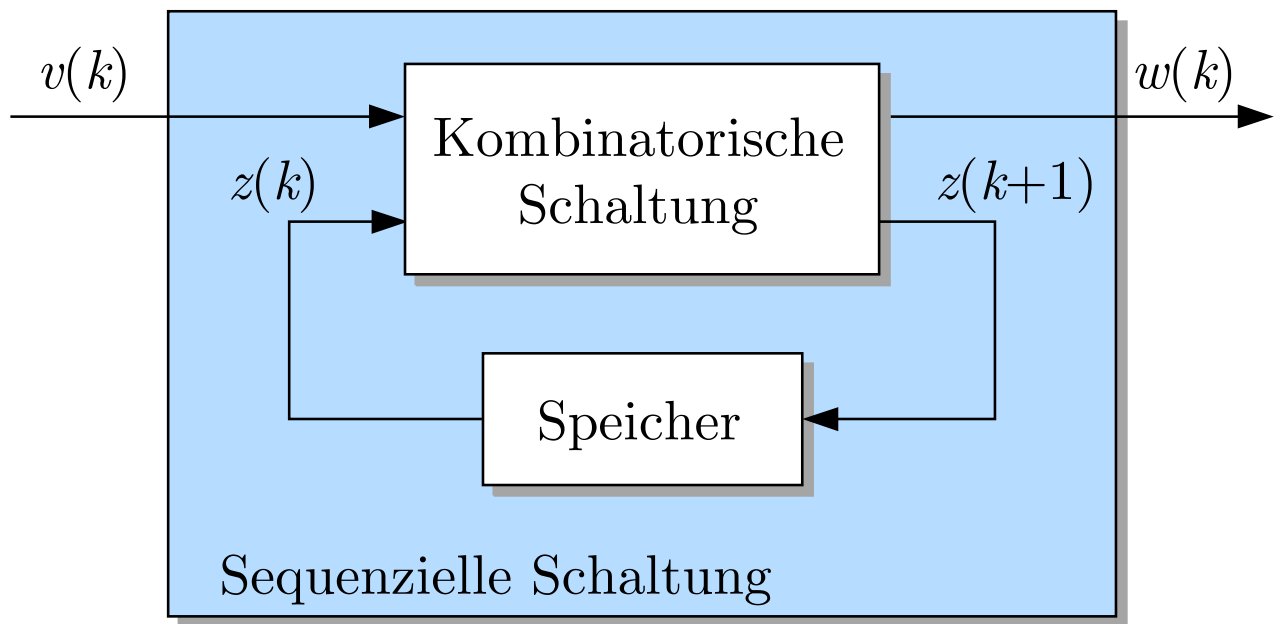


Abb. 2.13: Struktur einer sequenziellen Schaltung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

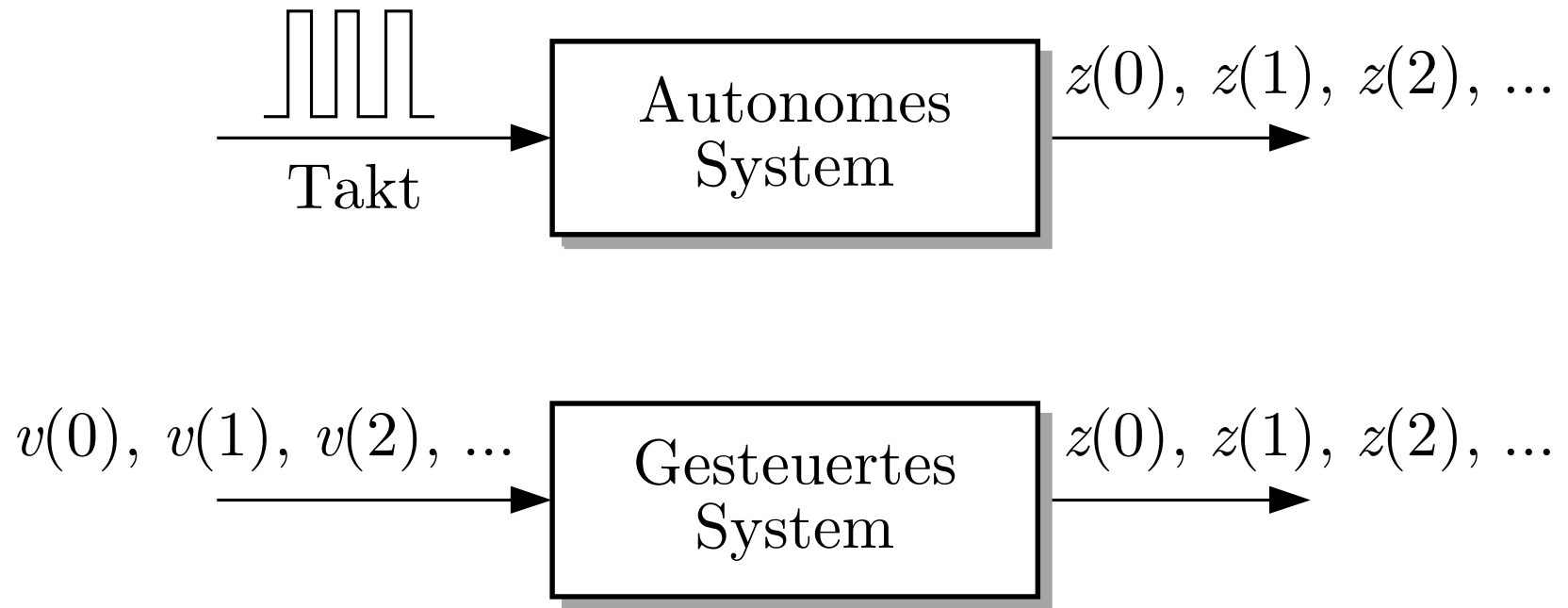


Abb. 2.14. Autonomes und gesteuertes ereignisdiskretes System

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

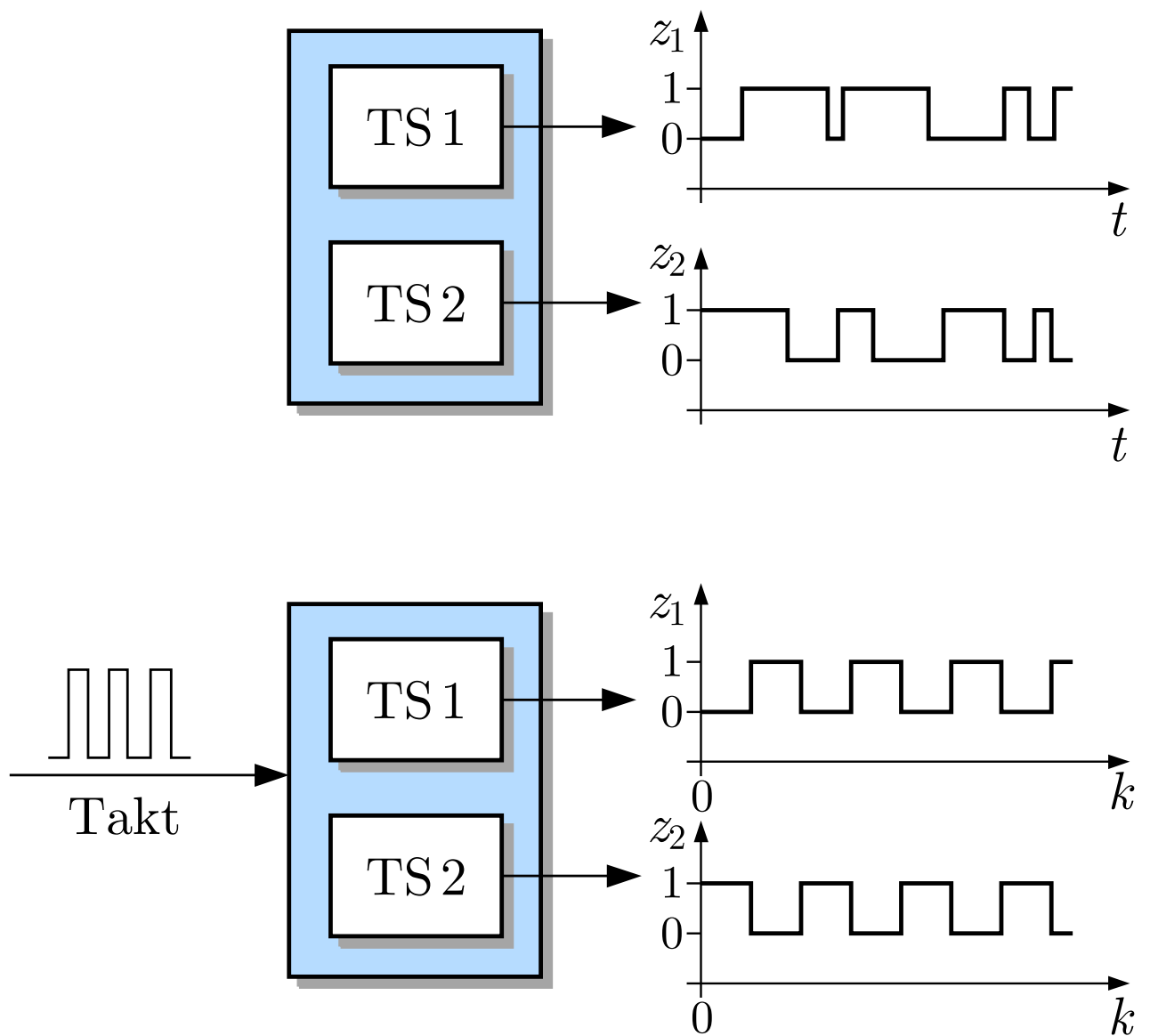


Abb. 2.15: Asynchrones und getaktetes System

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

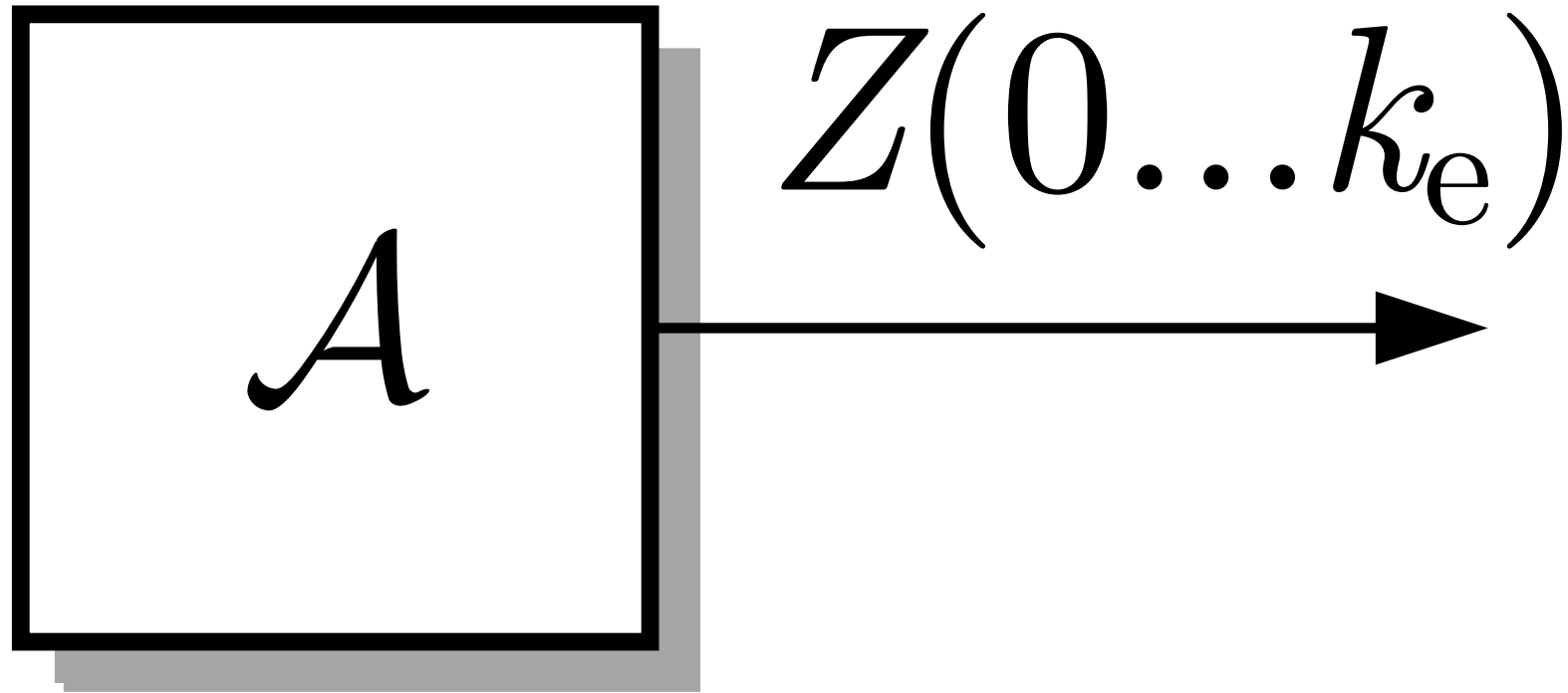


Abb. 3.1. Autonomer Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

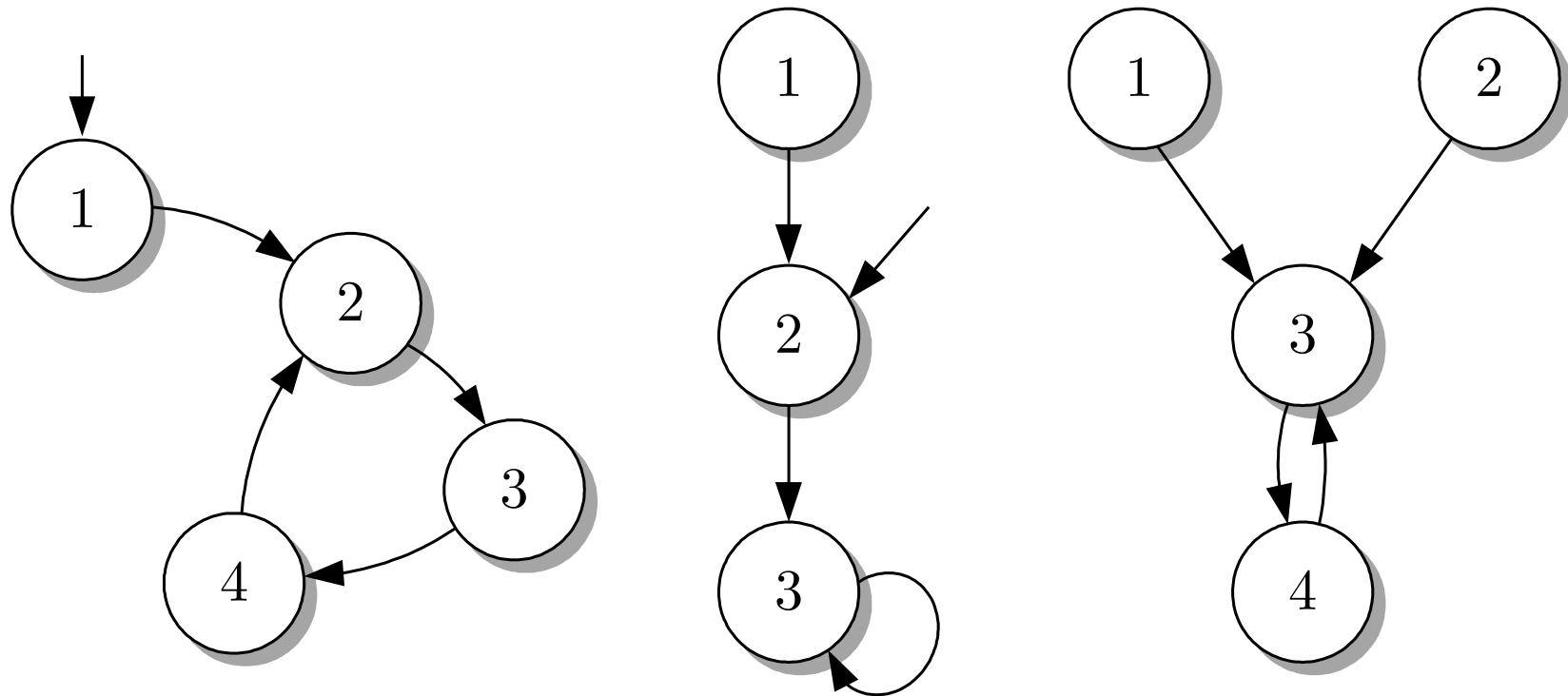


Abb. 3.2. Drei Automatengraphen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

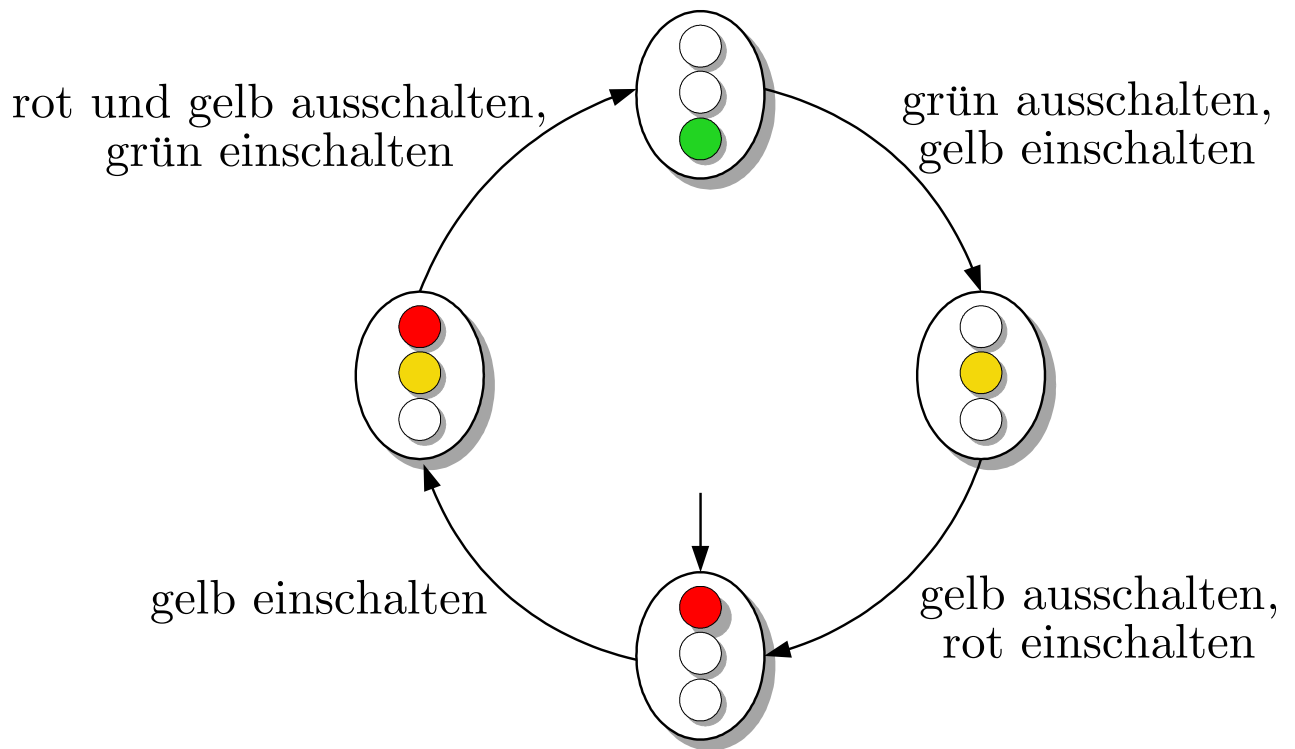


Abb. 3.3: Beschreibung einer Verkehrsampel durch einen deterministischen Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

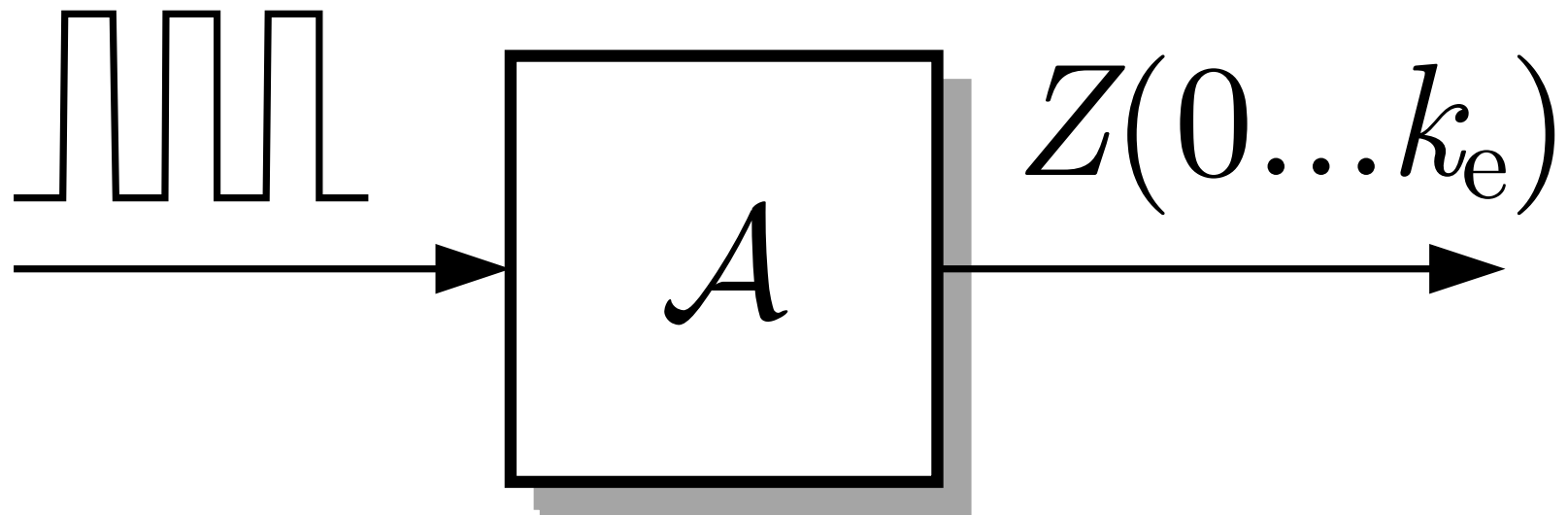


Abb. 3.4. Autonomer Automat mit Takt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

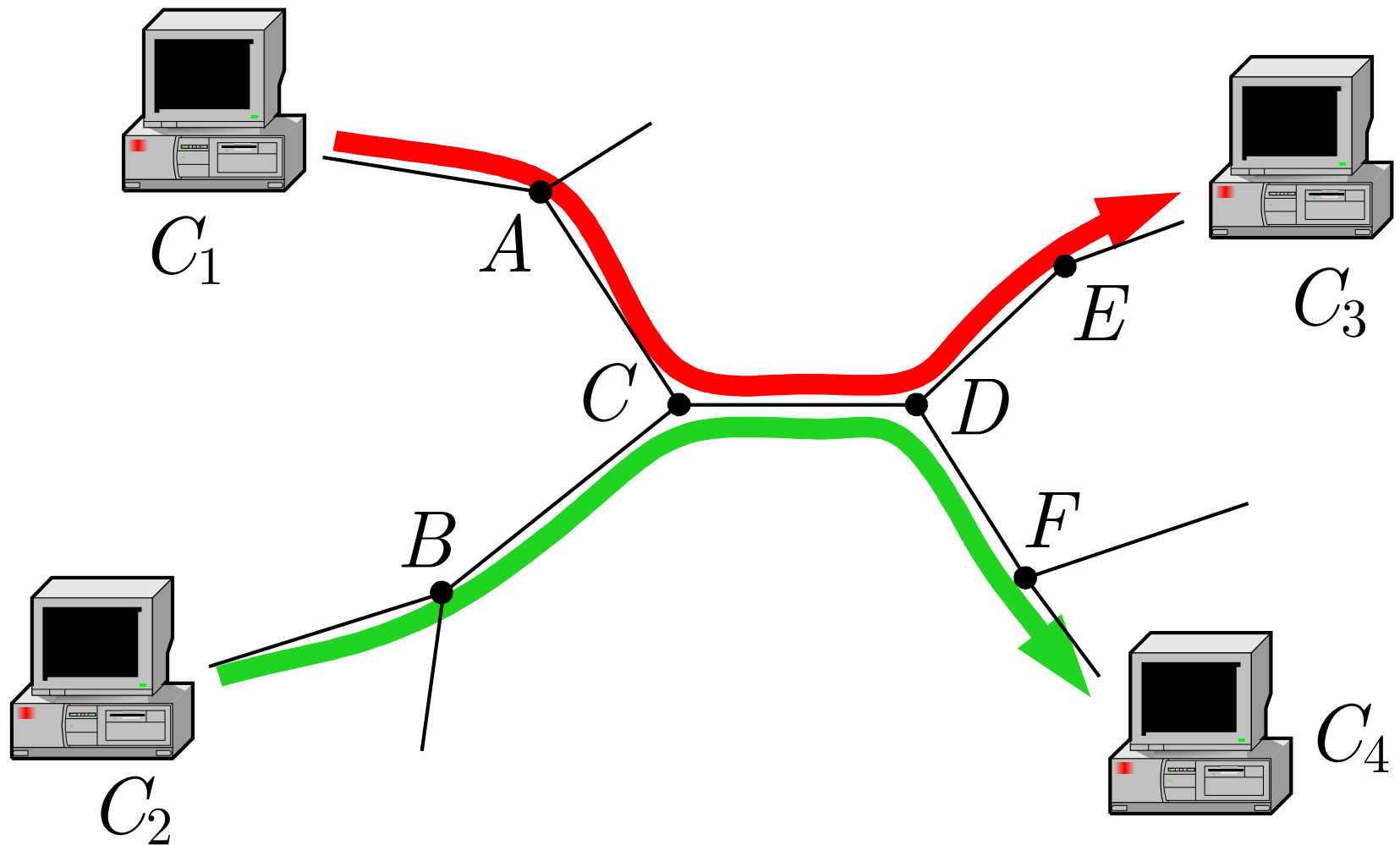


Abb. 3.5. Kommunikation zwischen den Rechnern C_1 und C_3 bzw. C_2 und C_4 über ein gemeinsames Netz

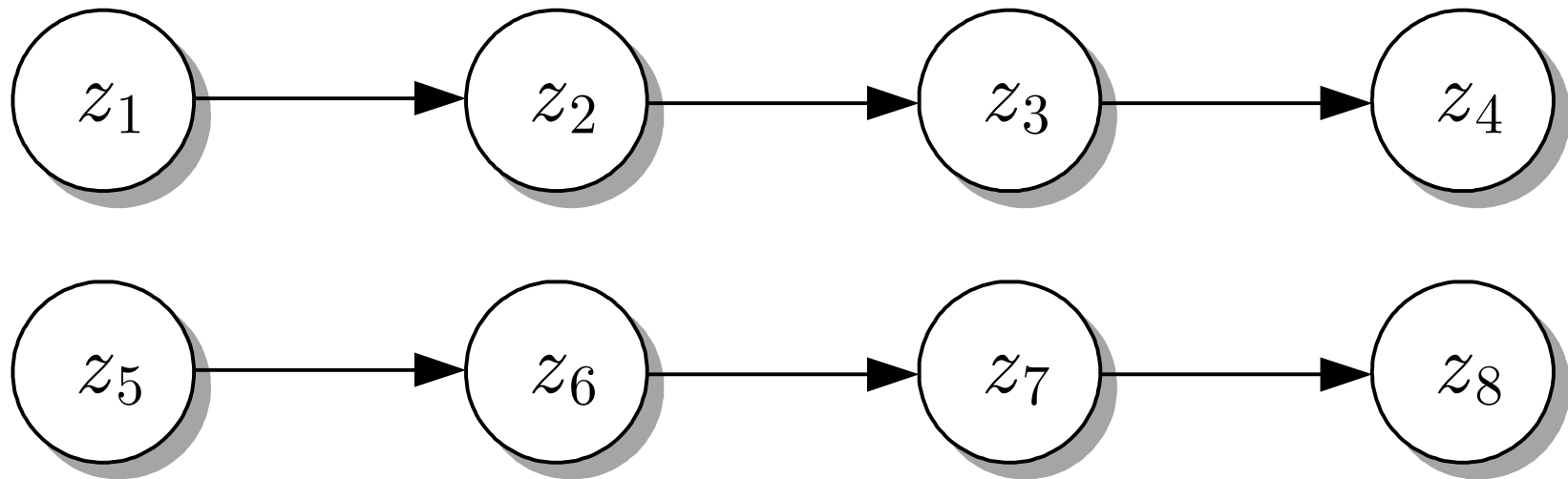


Abb. 3.6. Deterministischer Automat, der die Datenübertragung beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

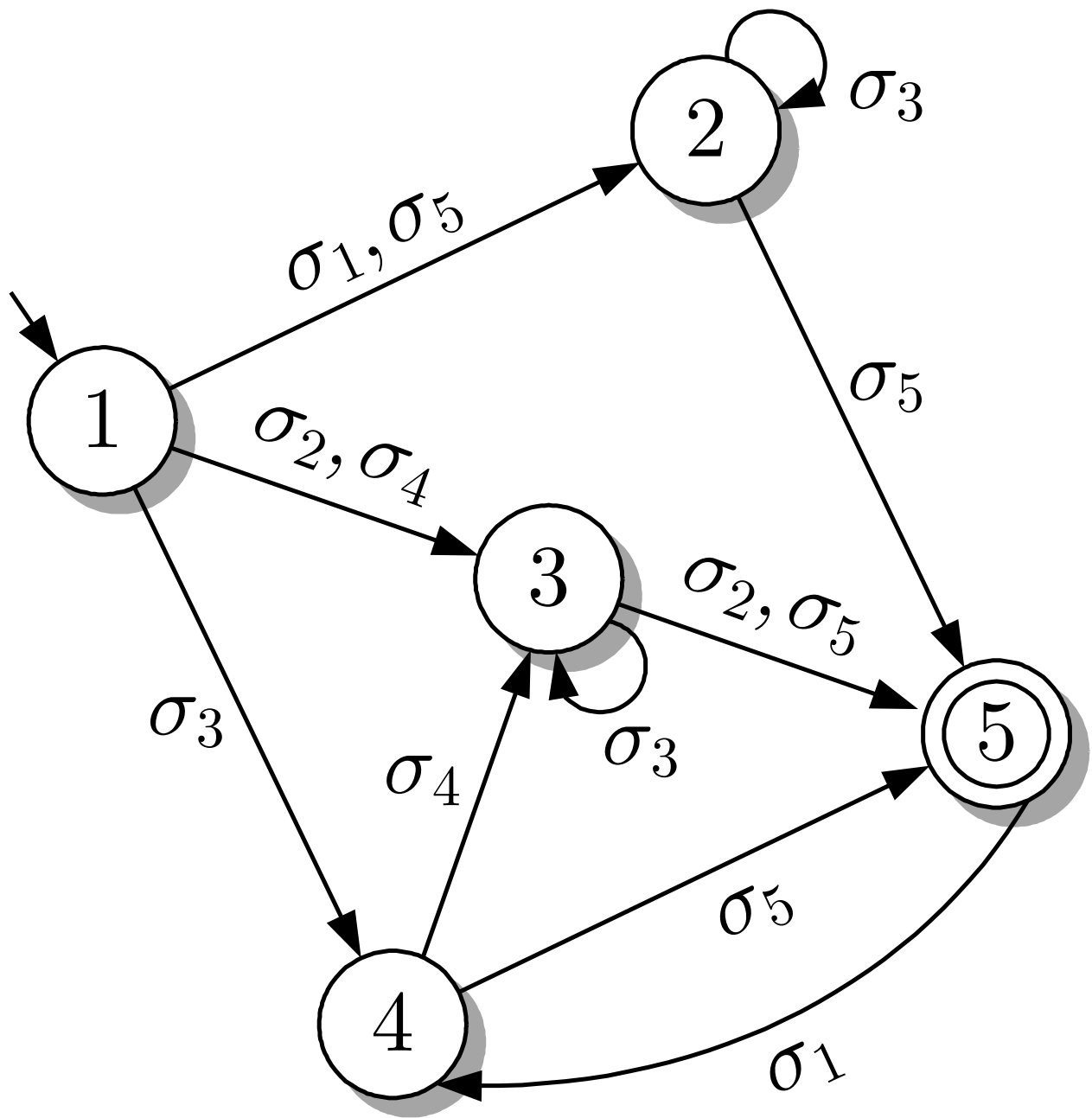


Abb. 3.7: Deterministischer Automat mit Kennzeichnung der Ereignisse

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

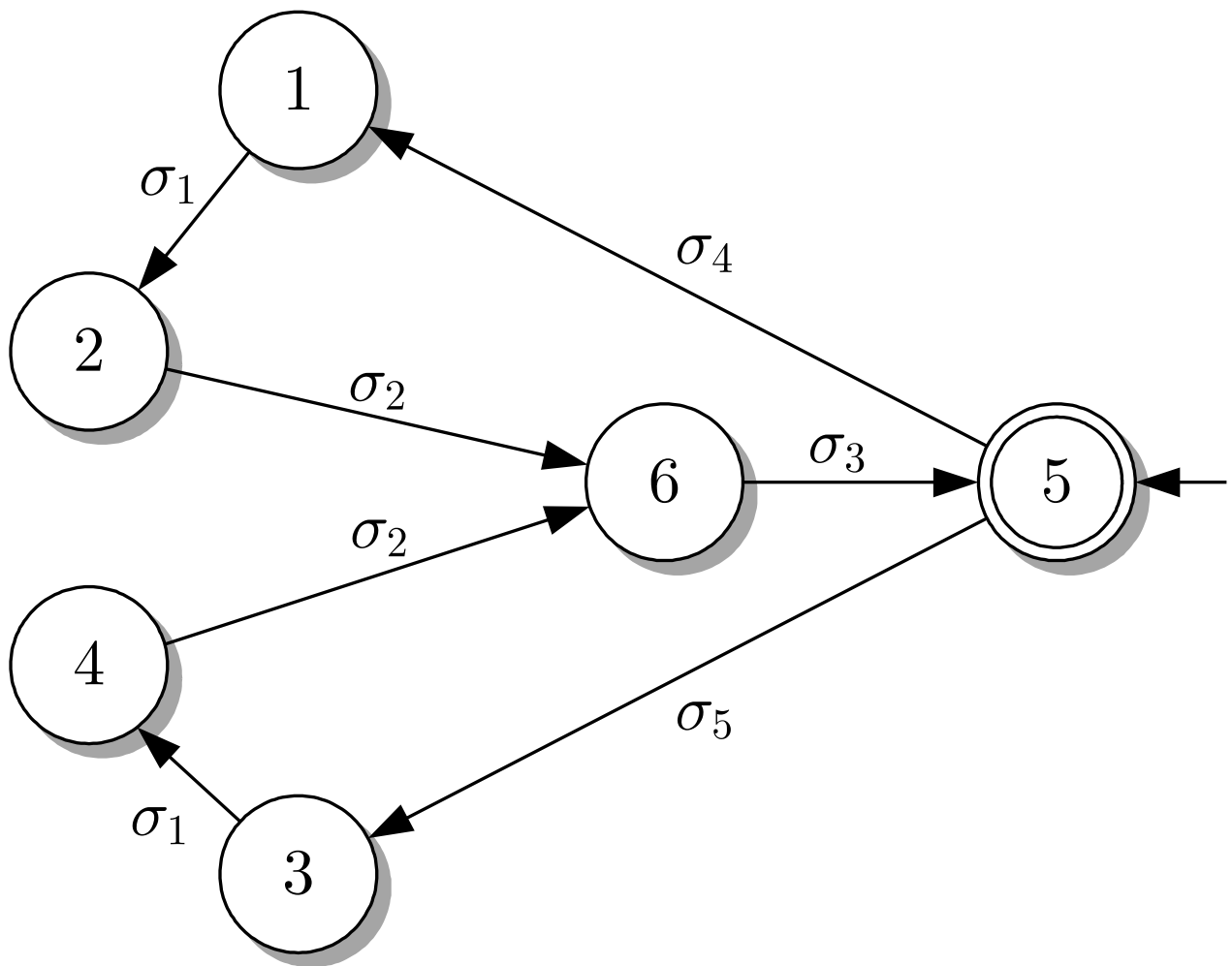


Abb. 3.8: Modell der Roboterbewegung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

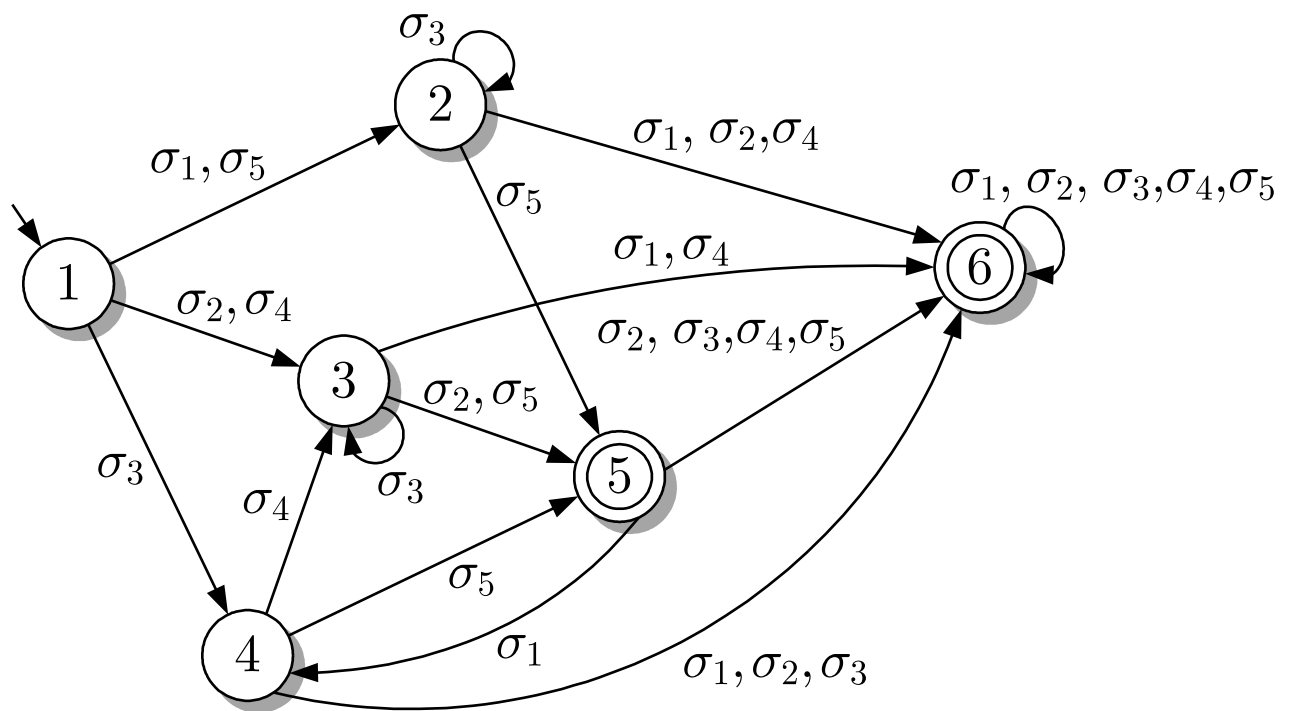


Abb. 3.9: Deterministischer Automat mit total definierter Zustandsübergangsfunktion

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

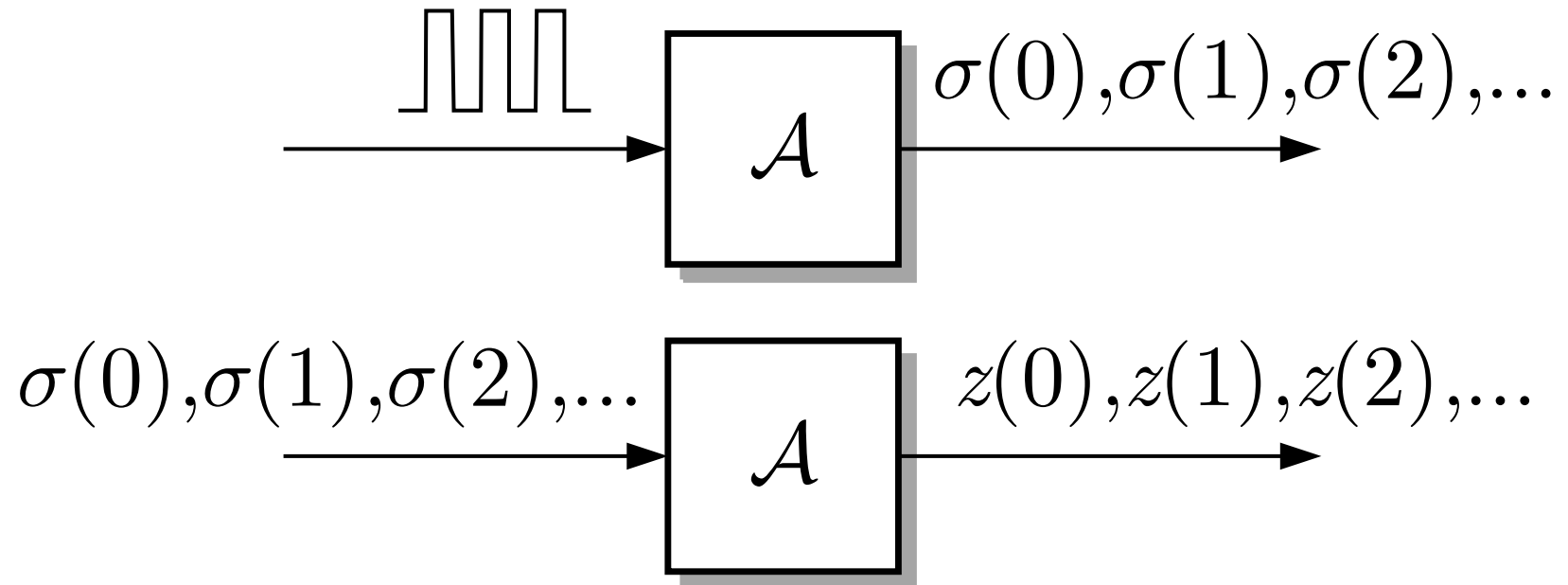


Abb. 3.10. Verwendung von Σ -Automaten als Generator und Akzeptor von Ereignisfolgen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

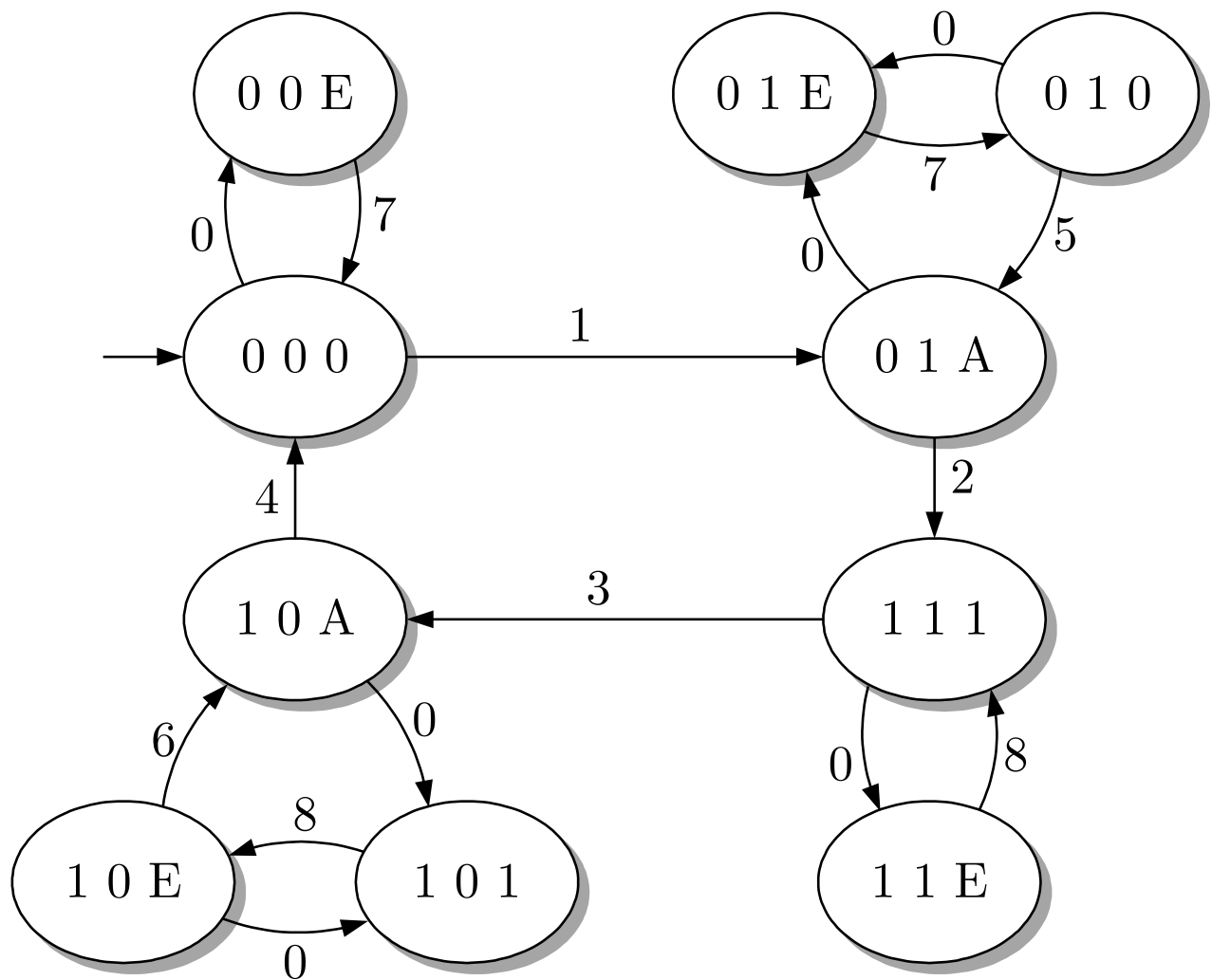


Abb. 3.11: Deterministischer Automat, der das Verhalten des Netzwerks bei der Übertragung eines Datenpakets beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

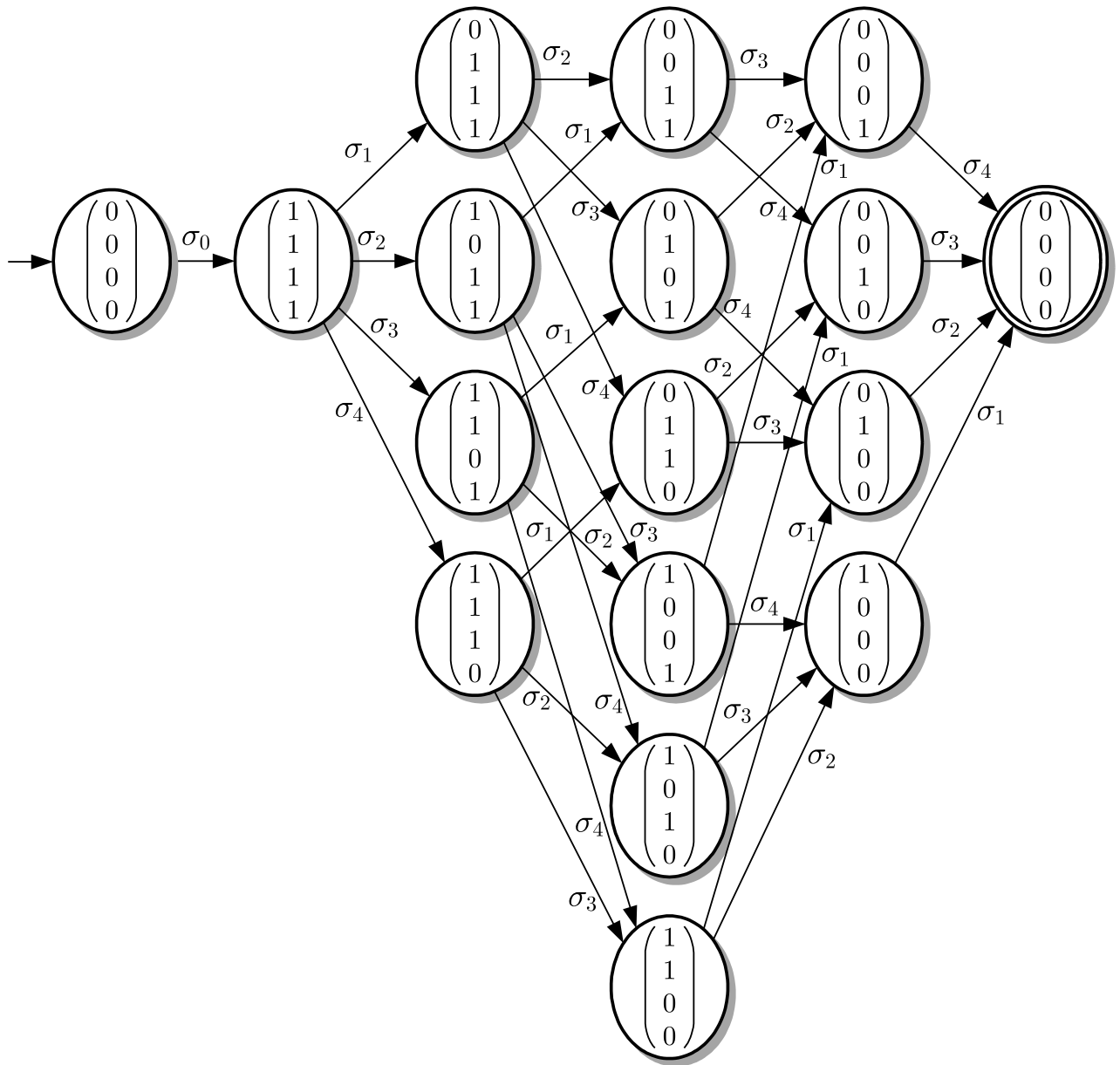


Abb. 3.12: Darstellung der Arbeitsweise eines Parallelrechners mit vier Prozessoren durch einen deterministischen Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

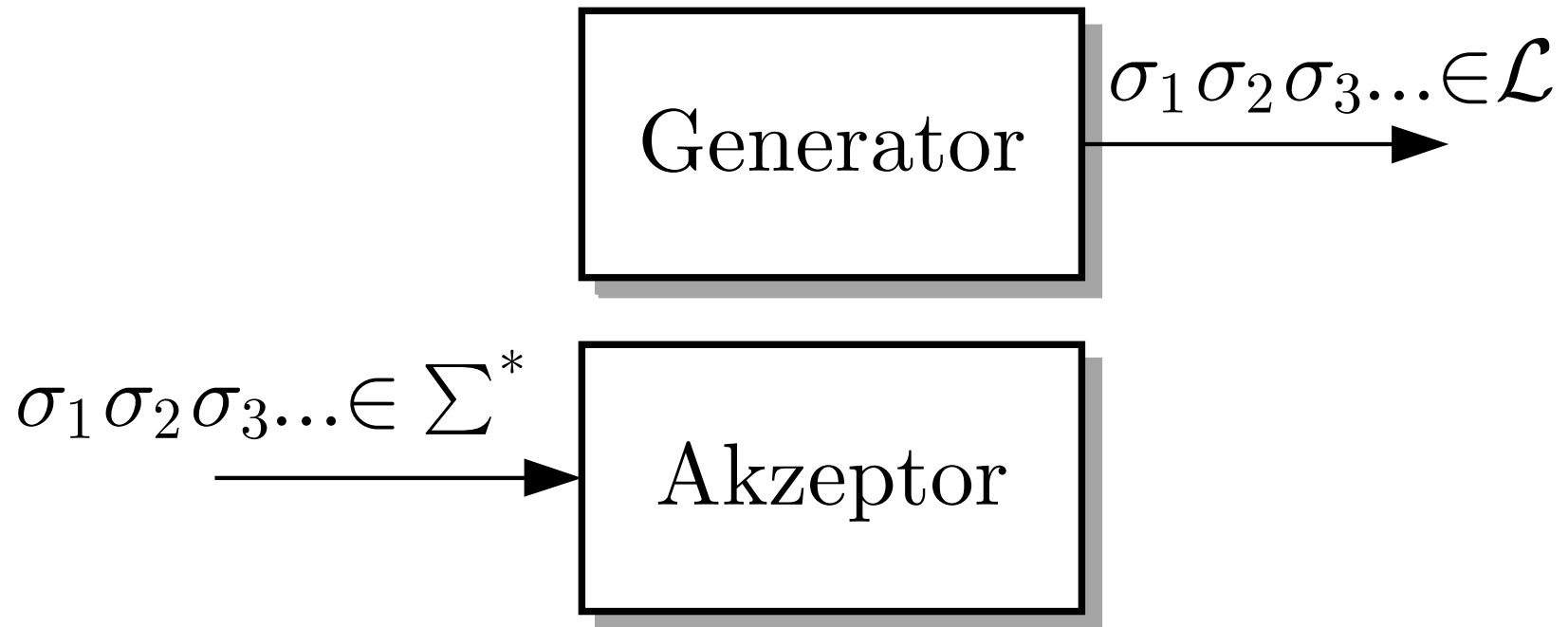


Abb. 3.13. Deterministischer Automat als Akzeptor bzw. Generator einer formalen Sprache

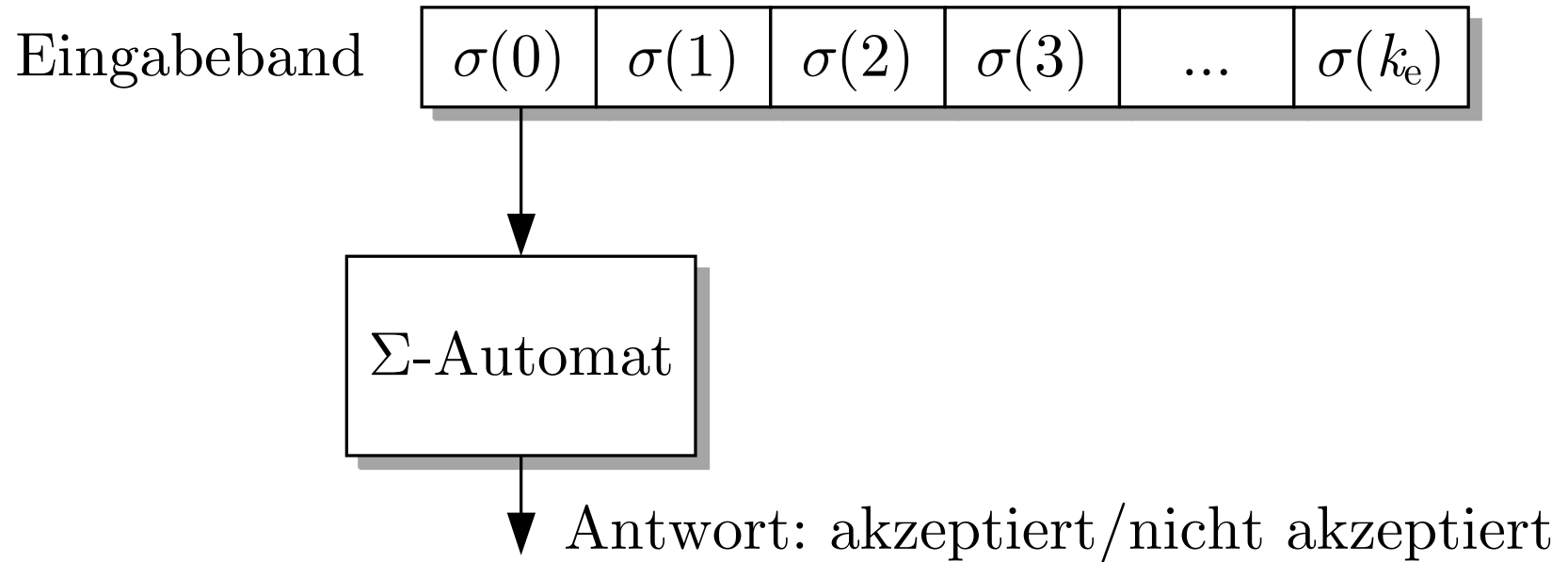


Abb. 3.14. Σ -Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

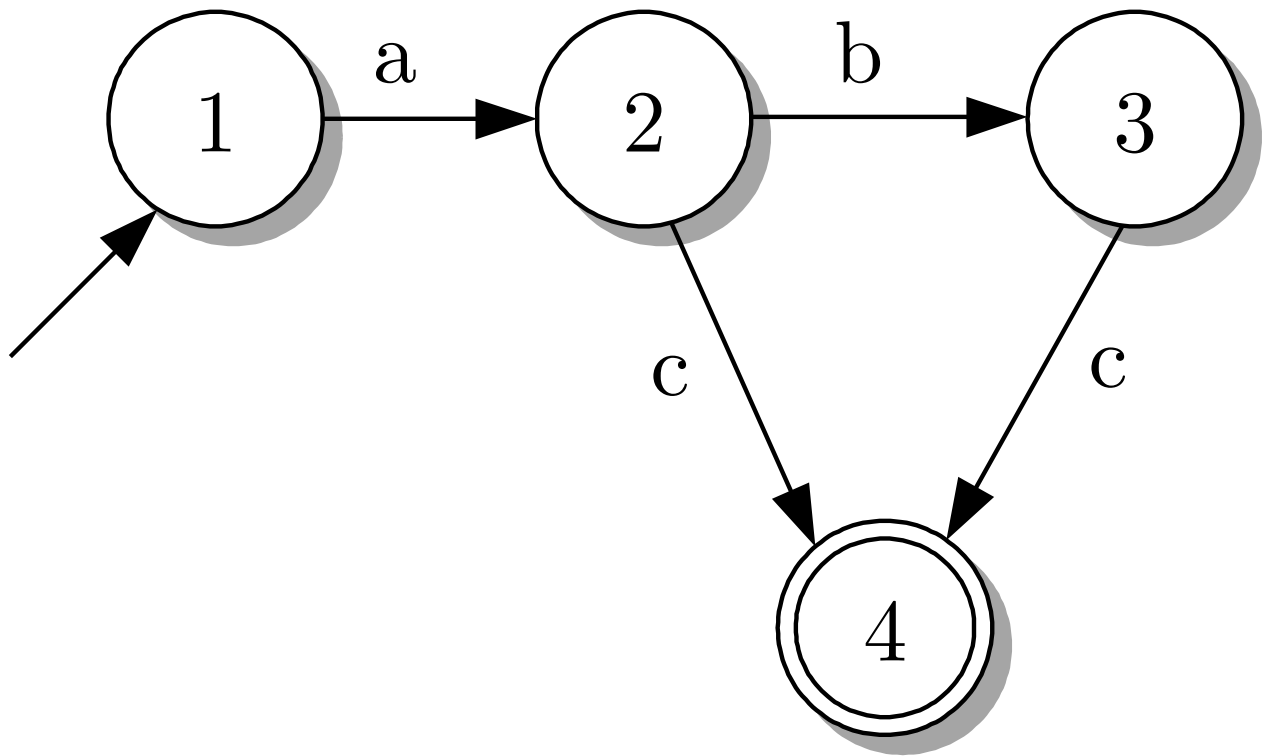


Abb. 3.15: Automat zur Erläuterung der verallgemeinerten Zustandsübergangsfunktion

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

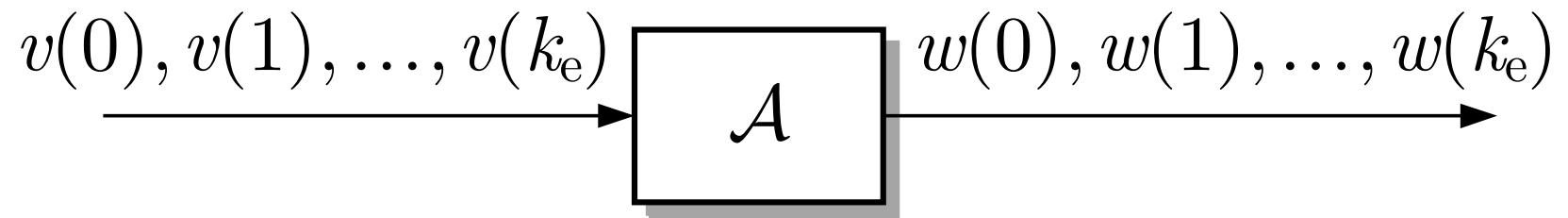


Abb. 3.16. Deterministischer Automat mit Eingang und Ausgang

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

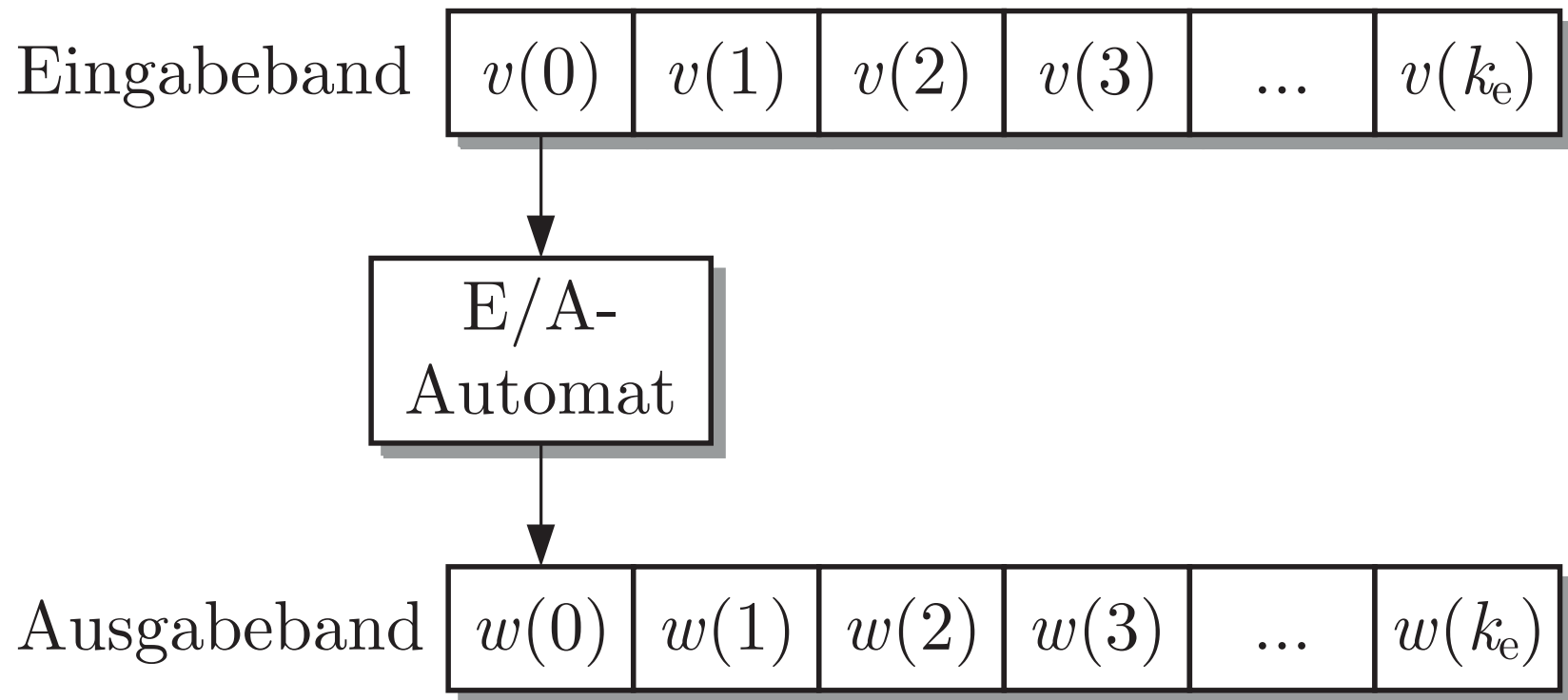


Abb. 3.17. Automat mit Eingang und Ausgang als Erweiterung des Σ -Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

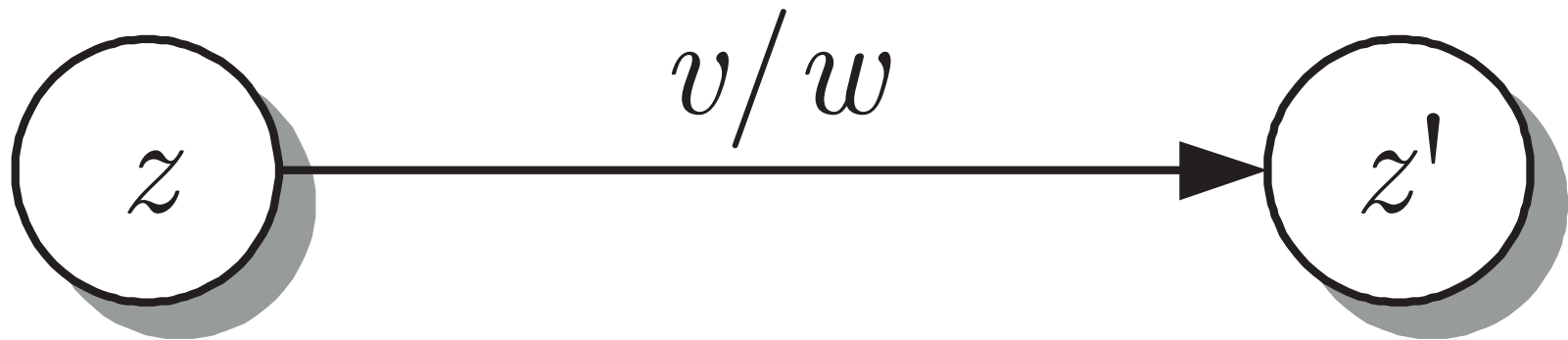


Abb. 3.18. Kante im Graphen eines E/A-Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

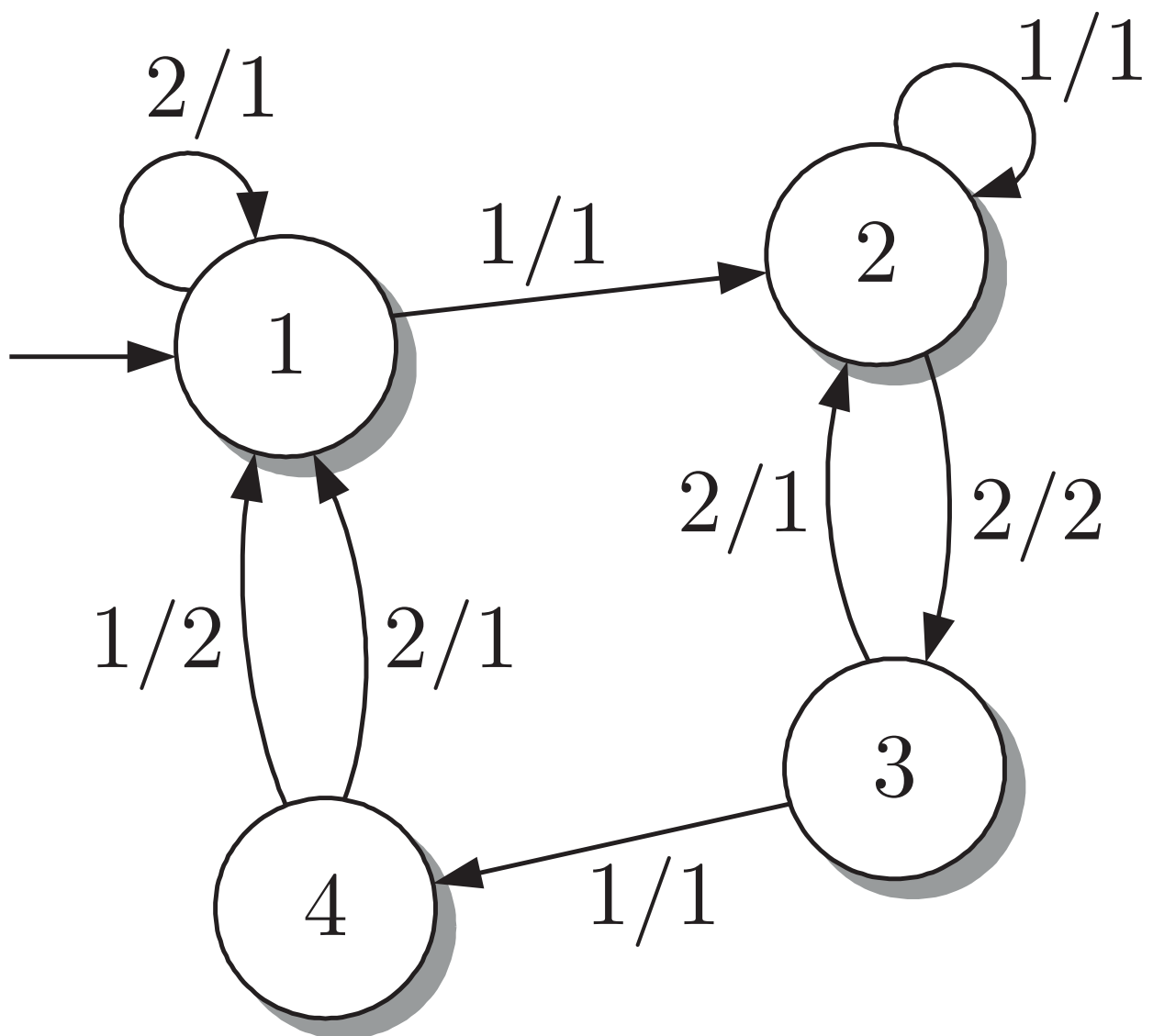


Abb. 3.19: Automatengraph eines deterministischen E/A-Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

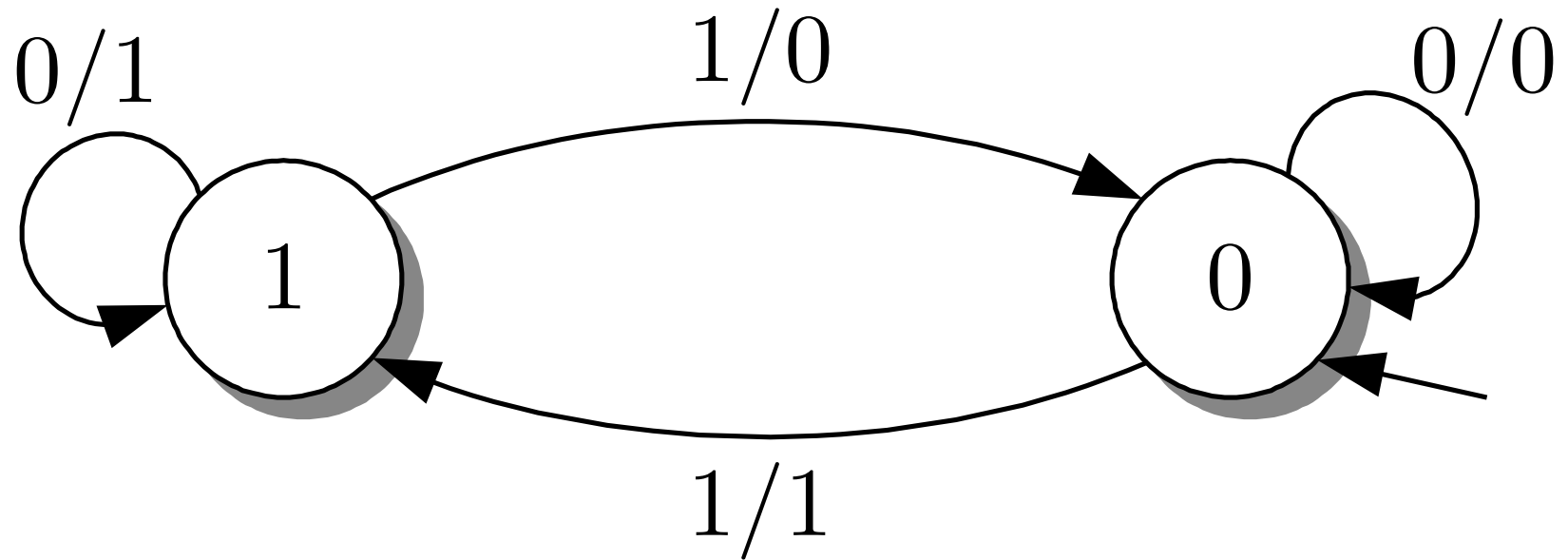


Abb. 3.20. E/A-Automat zur Beschreibung des Paritätsprüfers

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Abb. 3.21. Parkuhr

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

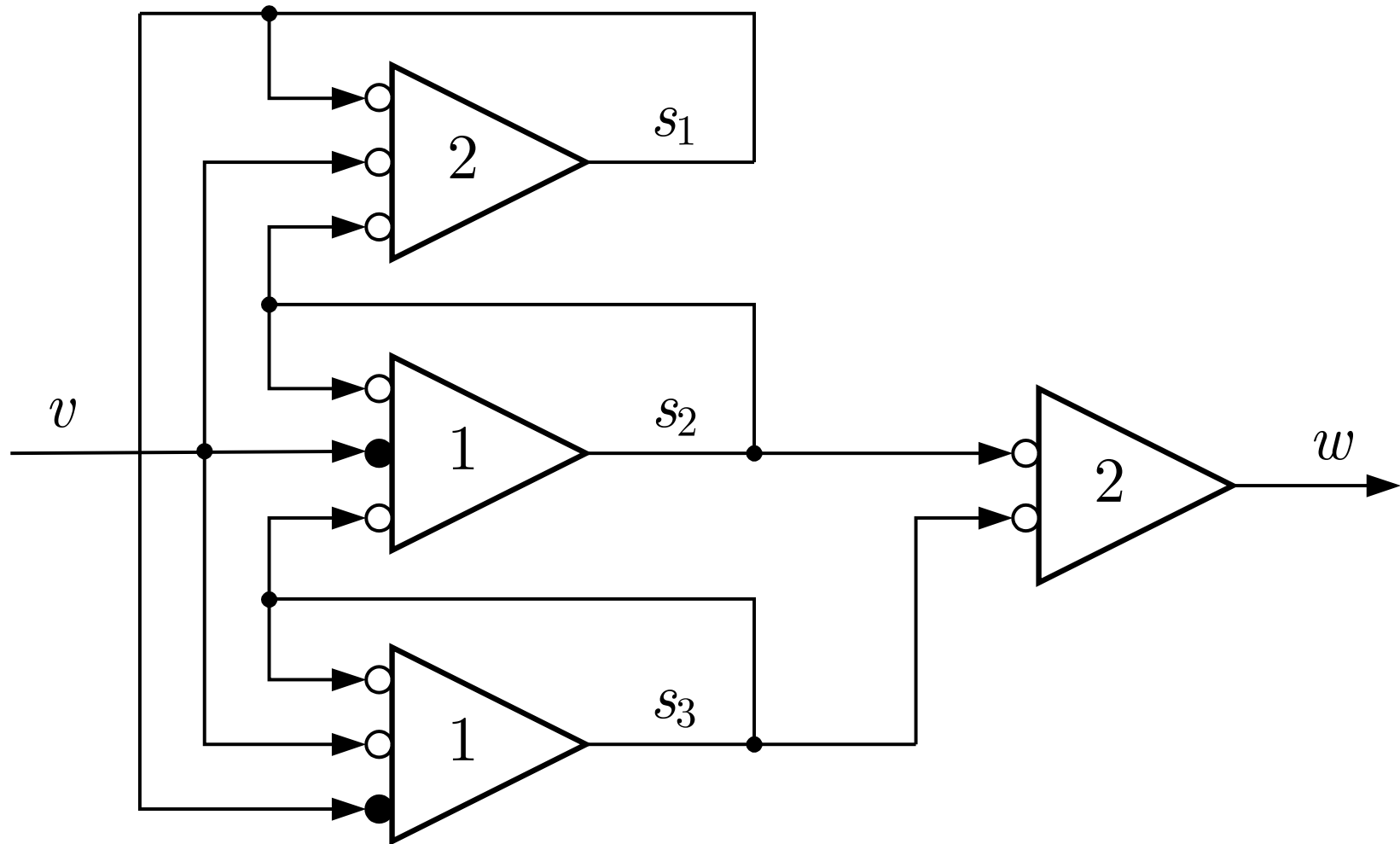


Abb. 3.22. Neuronennetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

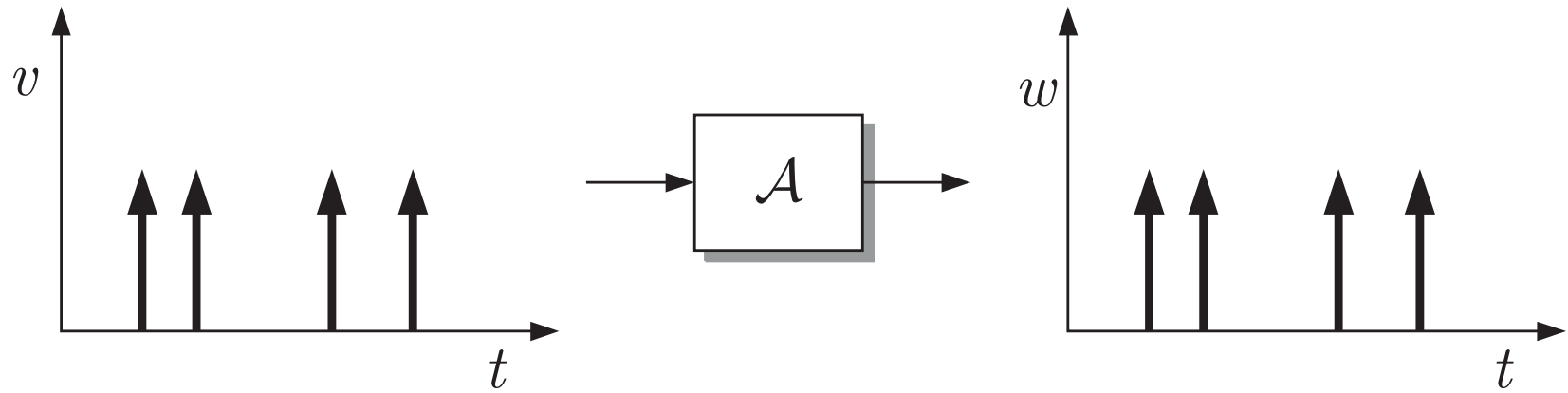


Abb. 3.23. Echtzeitautomat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

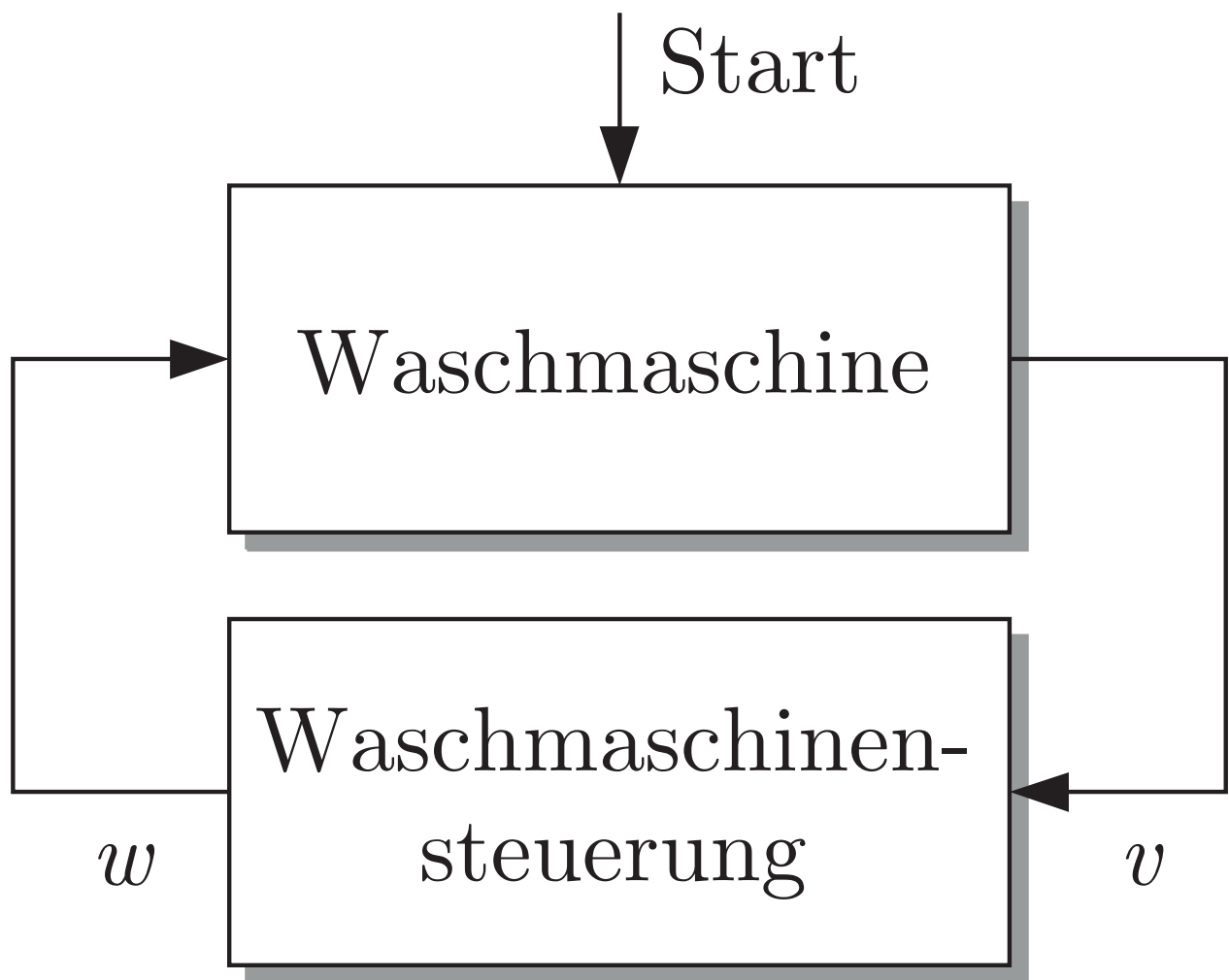


Abb. 3.24: Blockschaltbild einer Waschmaschine

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

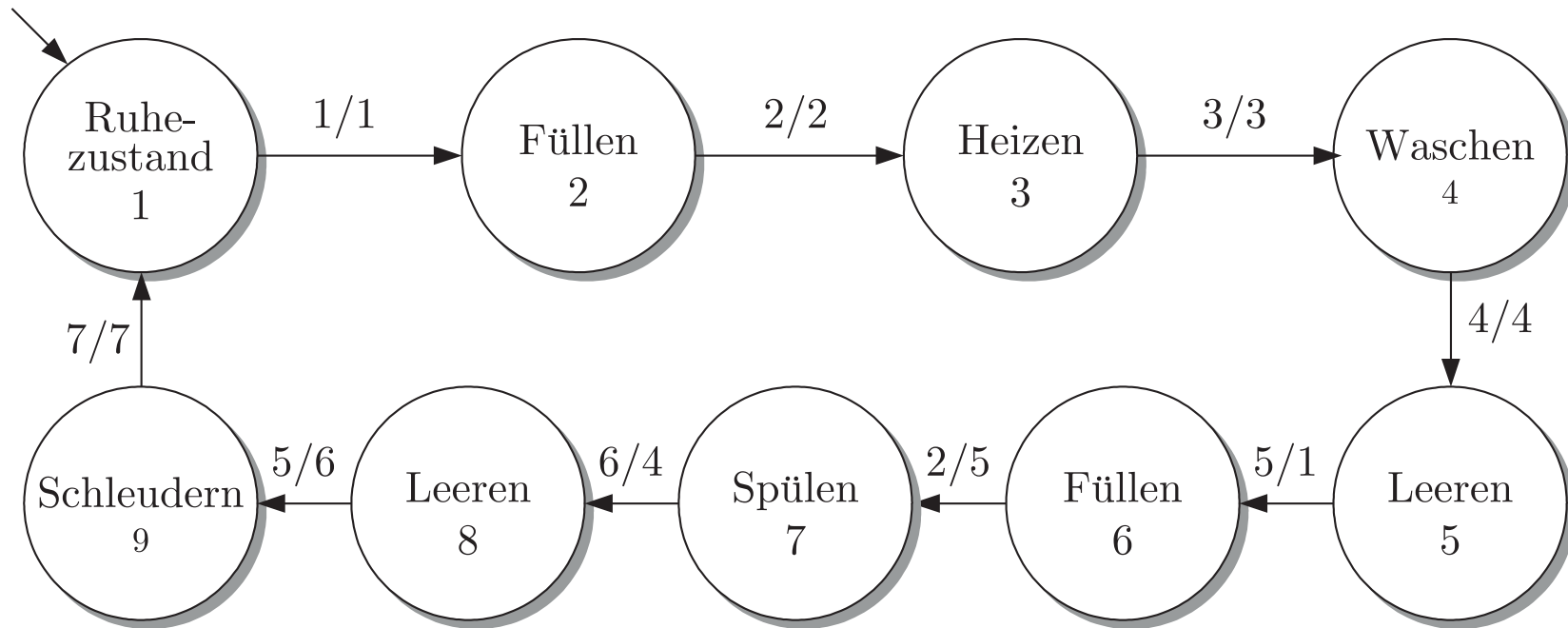


Abb. 3.25. Darstellung der Waschmaschinensteuerung als deterministischer Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

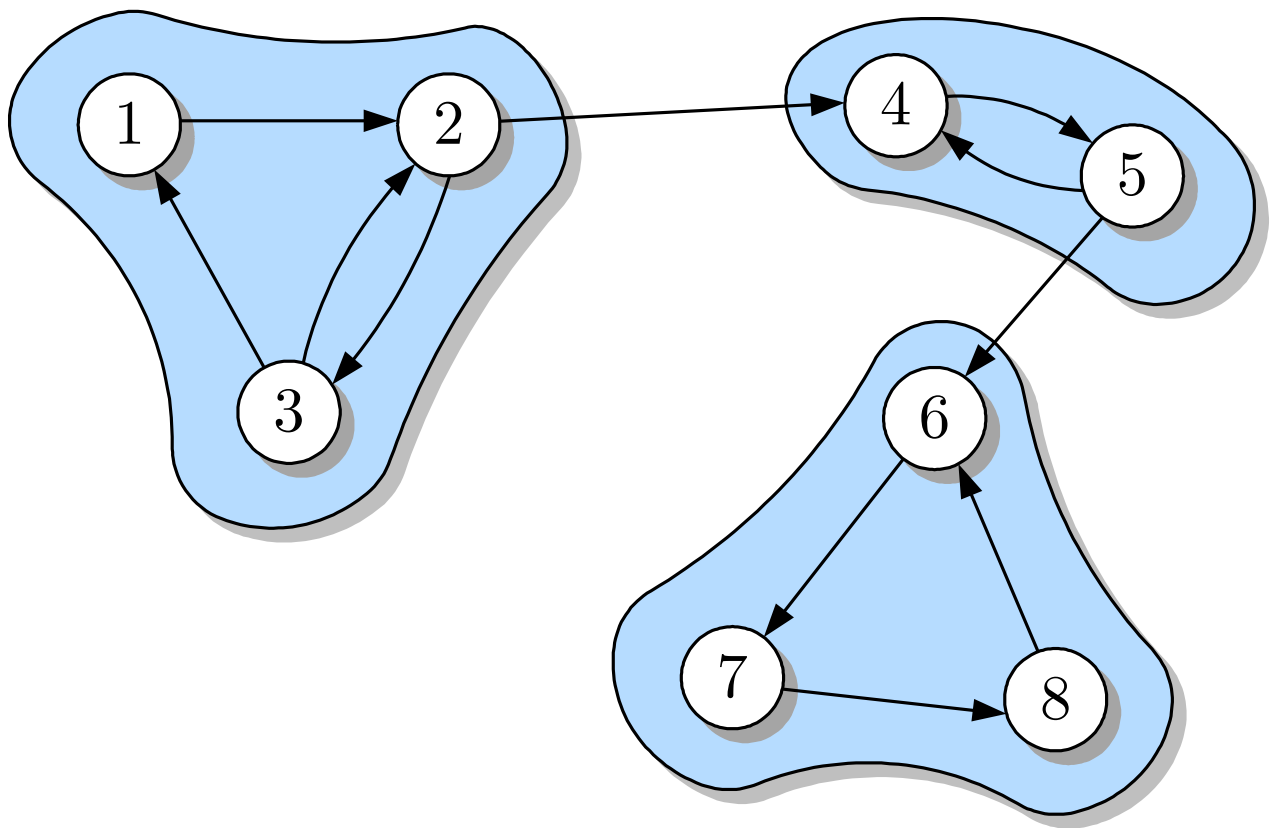


Abb. 3.26: Zerlegung der Zustandsmenge in Teilmengen stark zusammenhängender Zustände

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

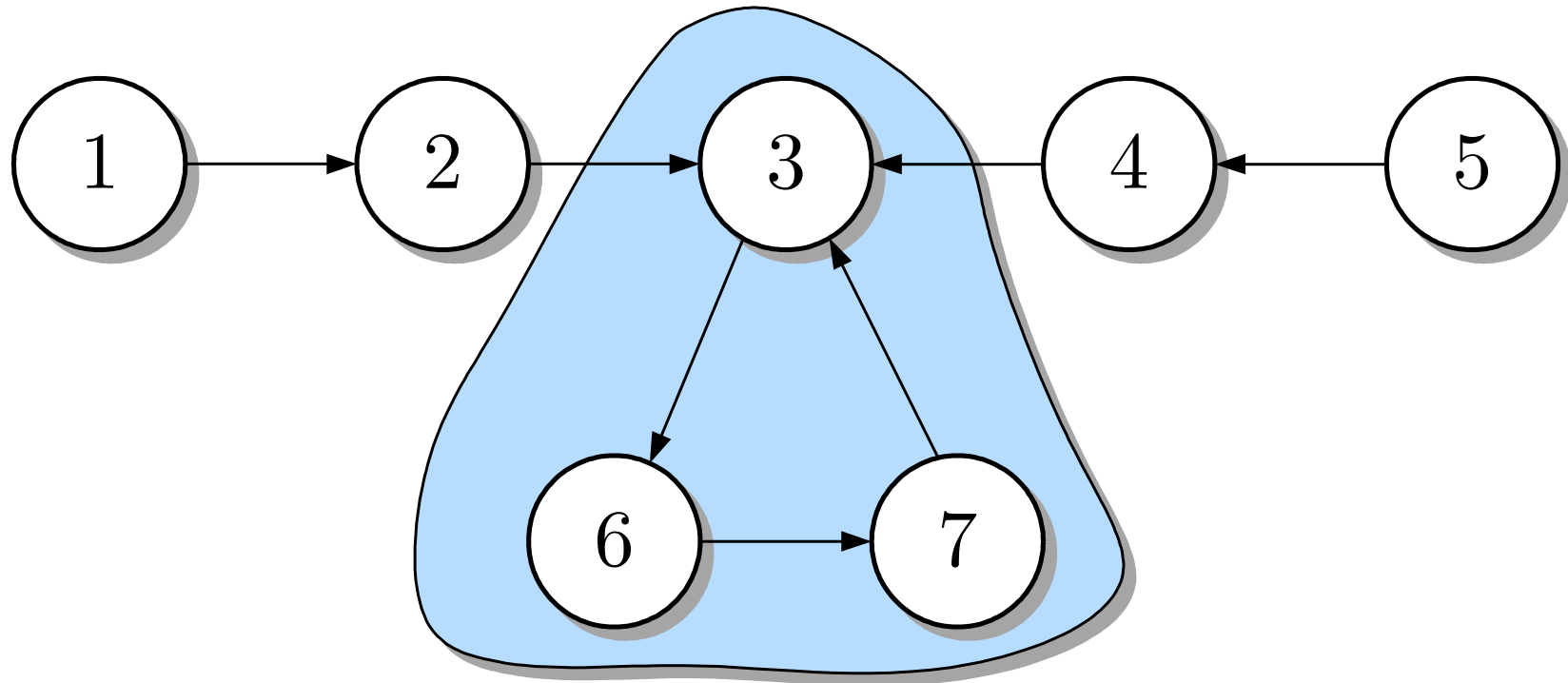


Abb. 3.27. Automat mit periodischer Zustandsmenge

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

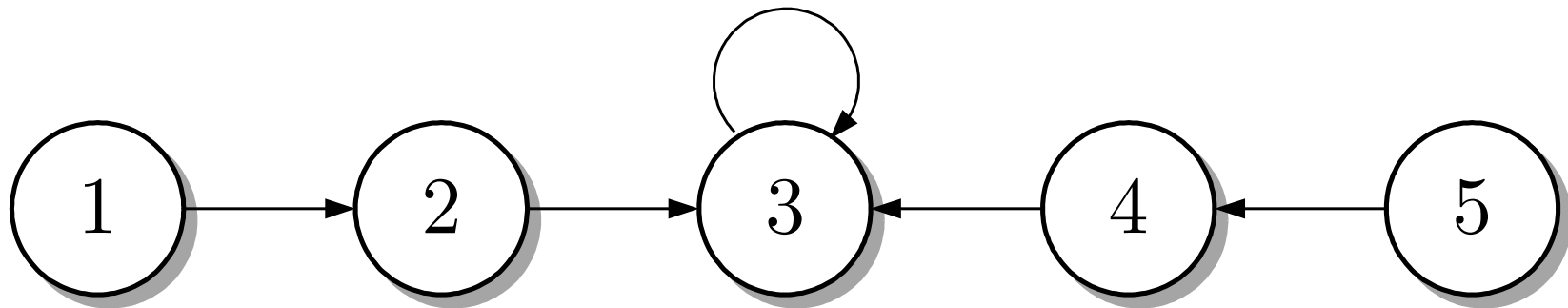


Abb. 3.28. Reduzibler deterministischer Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

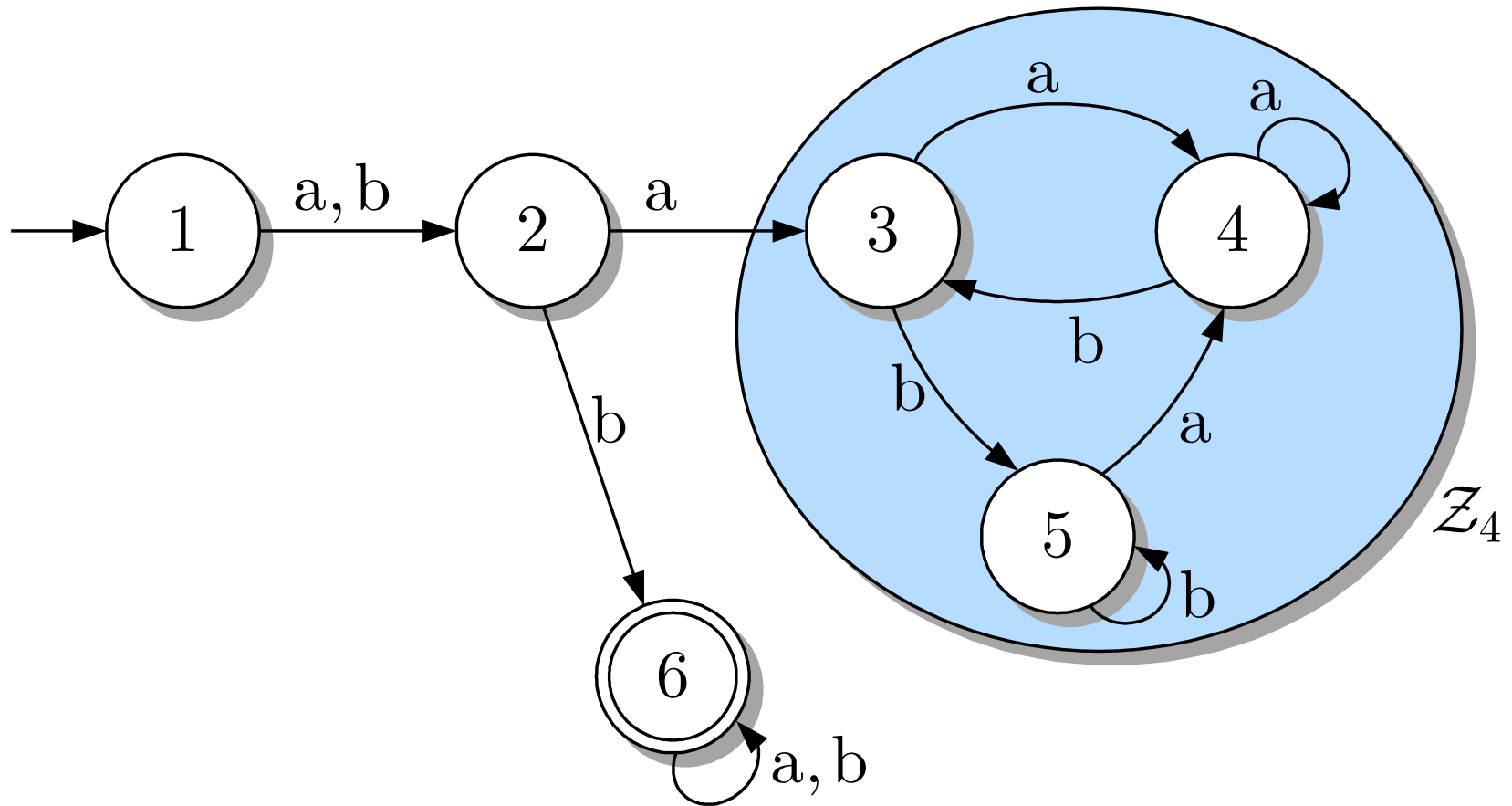


Abb. 3.29. Zerlegung eines Σ -Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

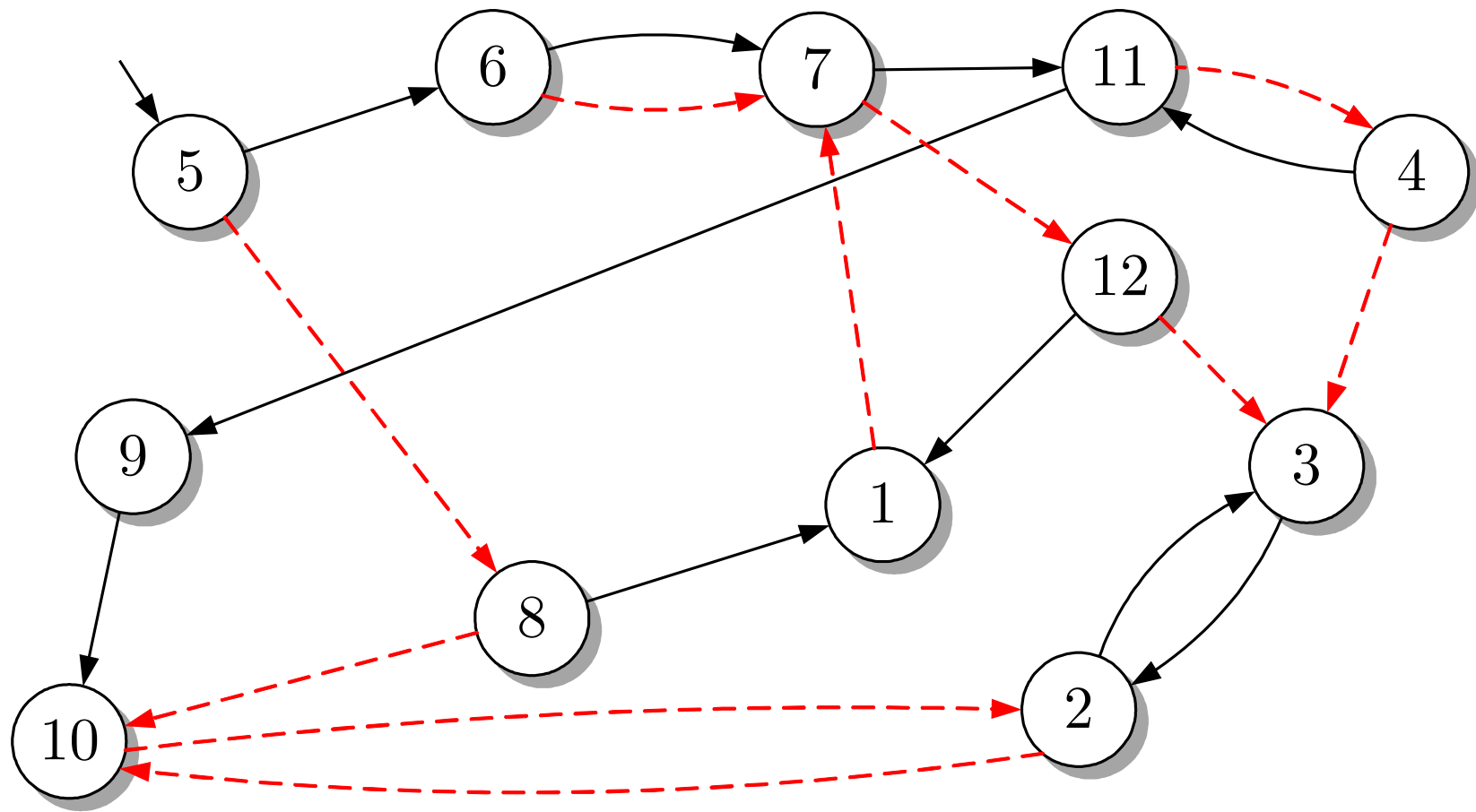


Abb. 3.30. Deterministischer Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

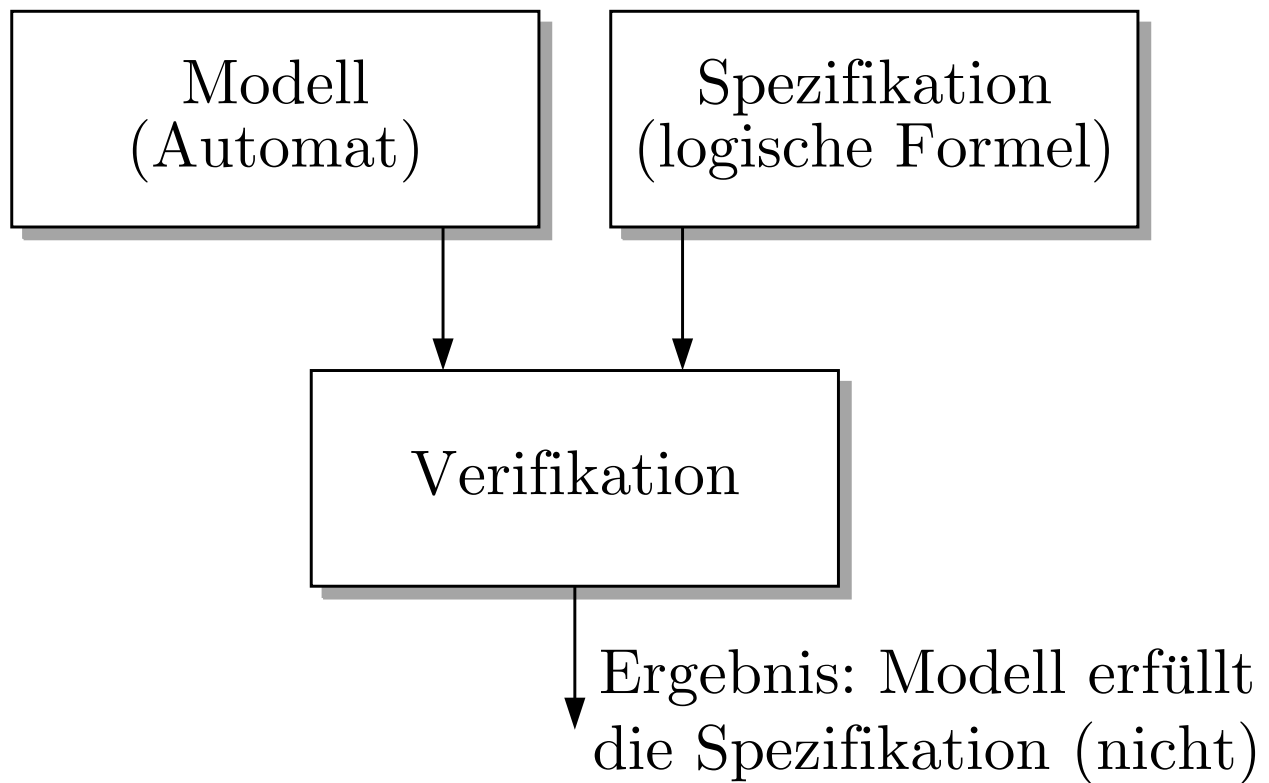


Abb. 3.31: Verifikation von Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

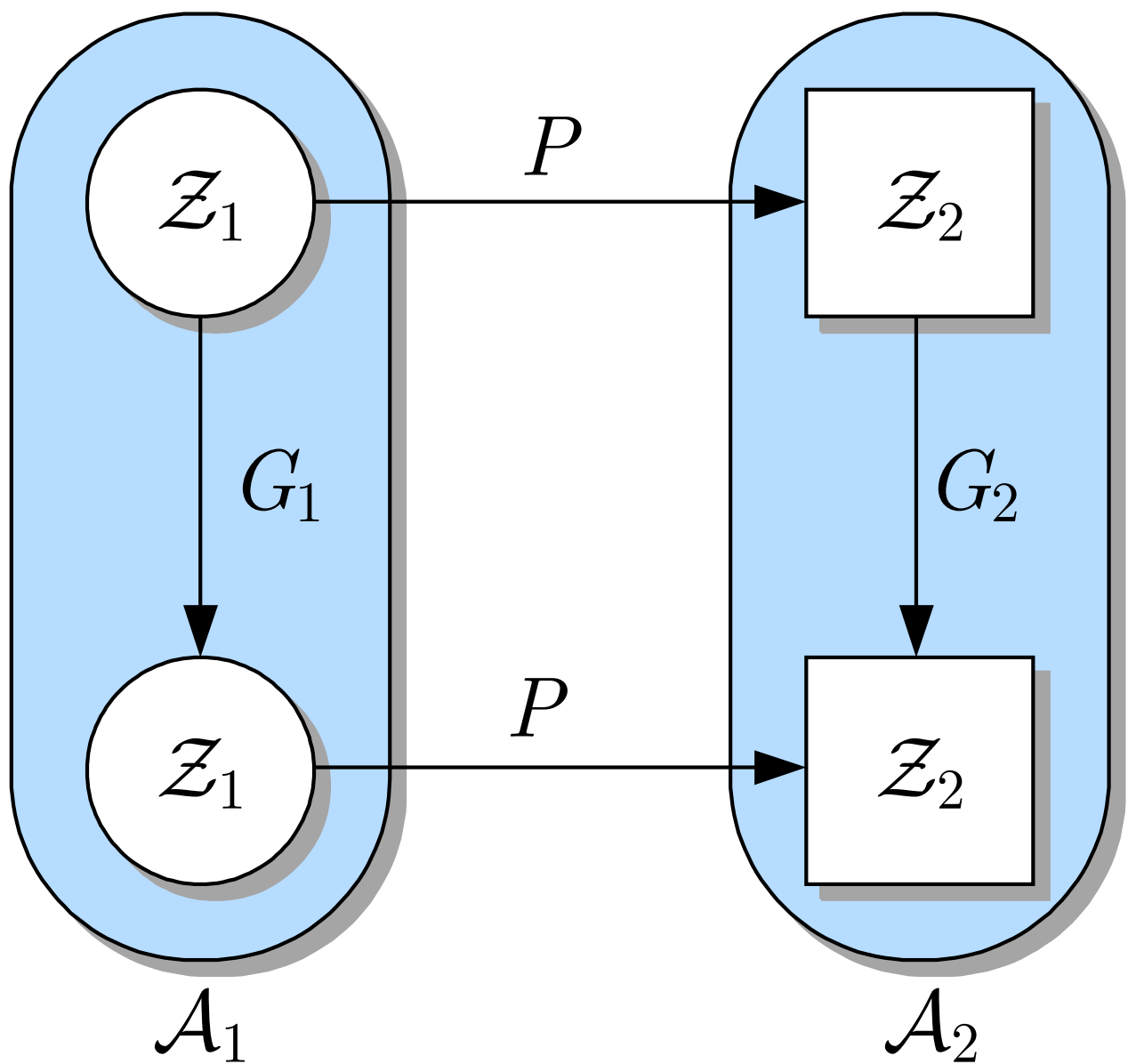


Abb. 3.32: Interpretation von Gl. (3.49)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

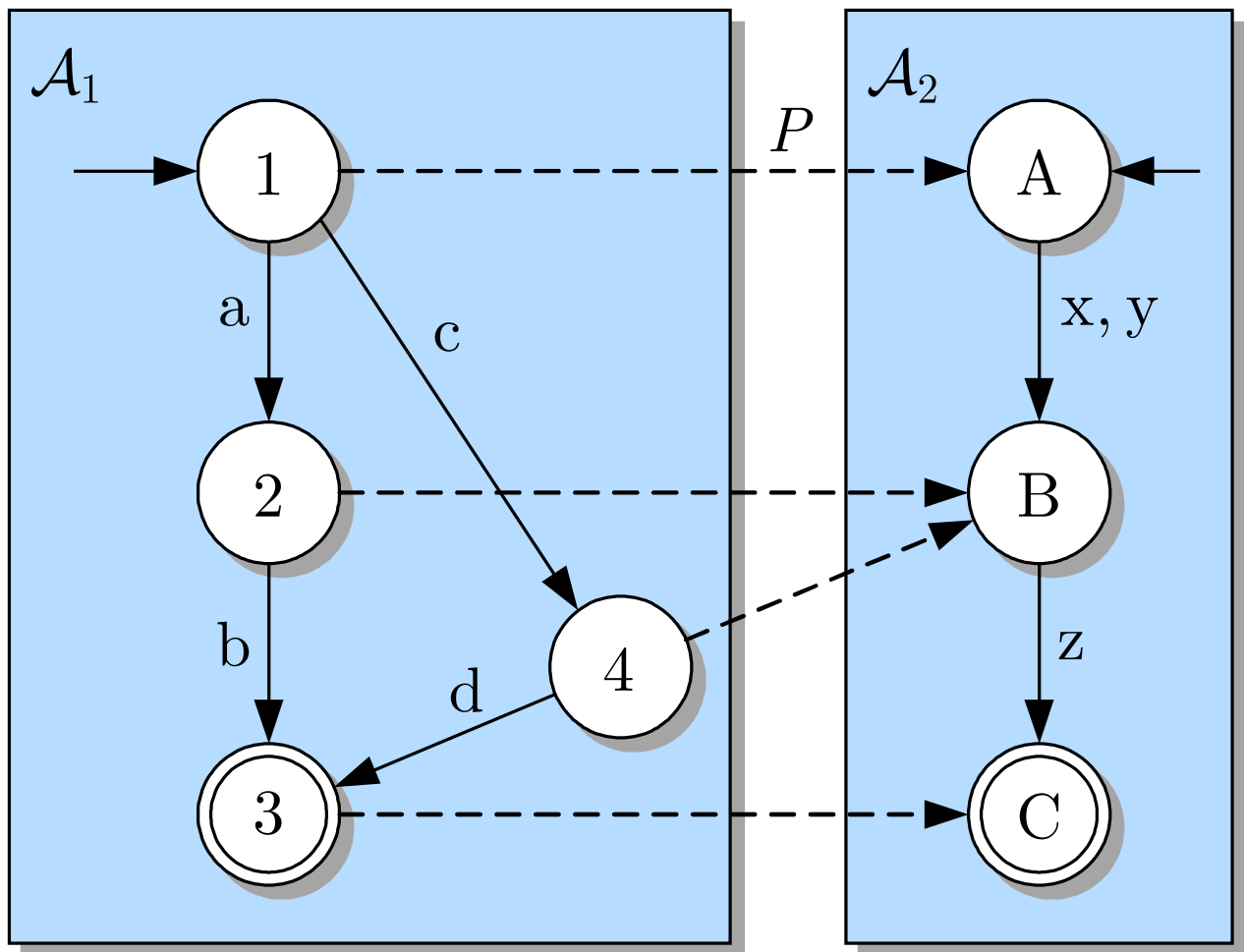


Abb. 3.33: Automat \mathcal{A}_1 und sein homomorphes Bild \mathcal{A}_2

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

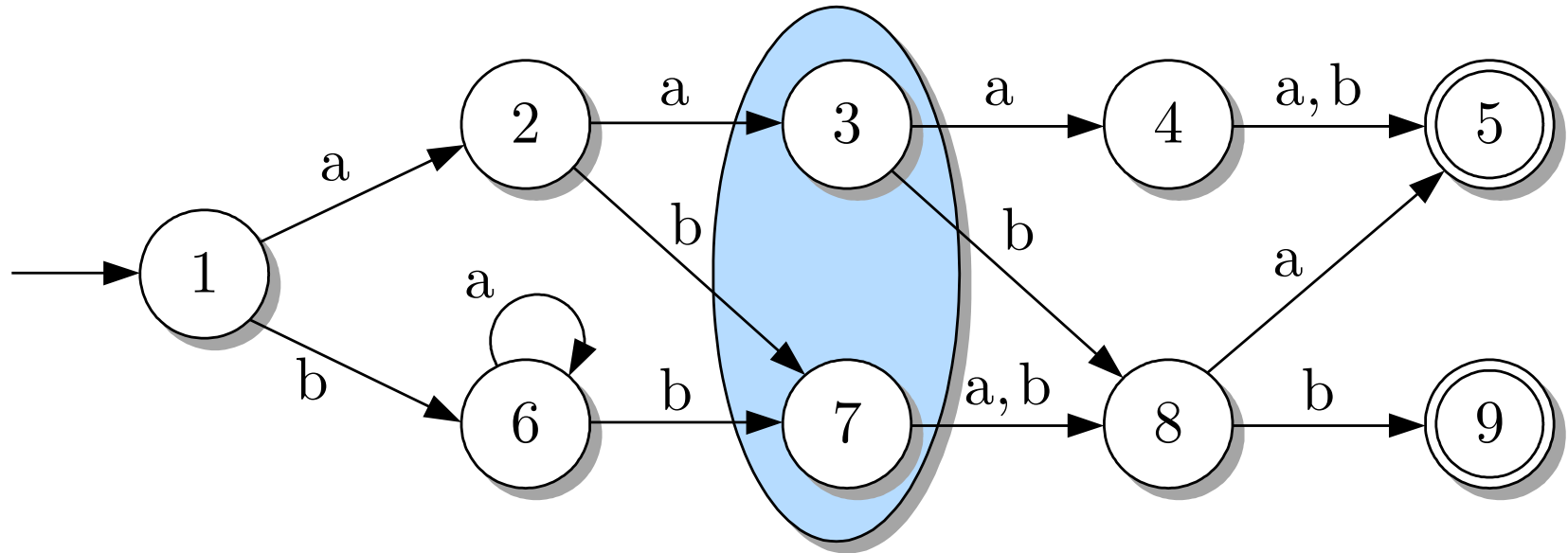


Abb. 3.34. Automat mit den äquivalenten Zuständen 3 und 7

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

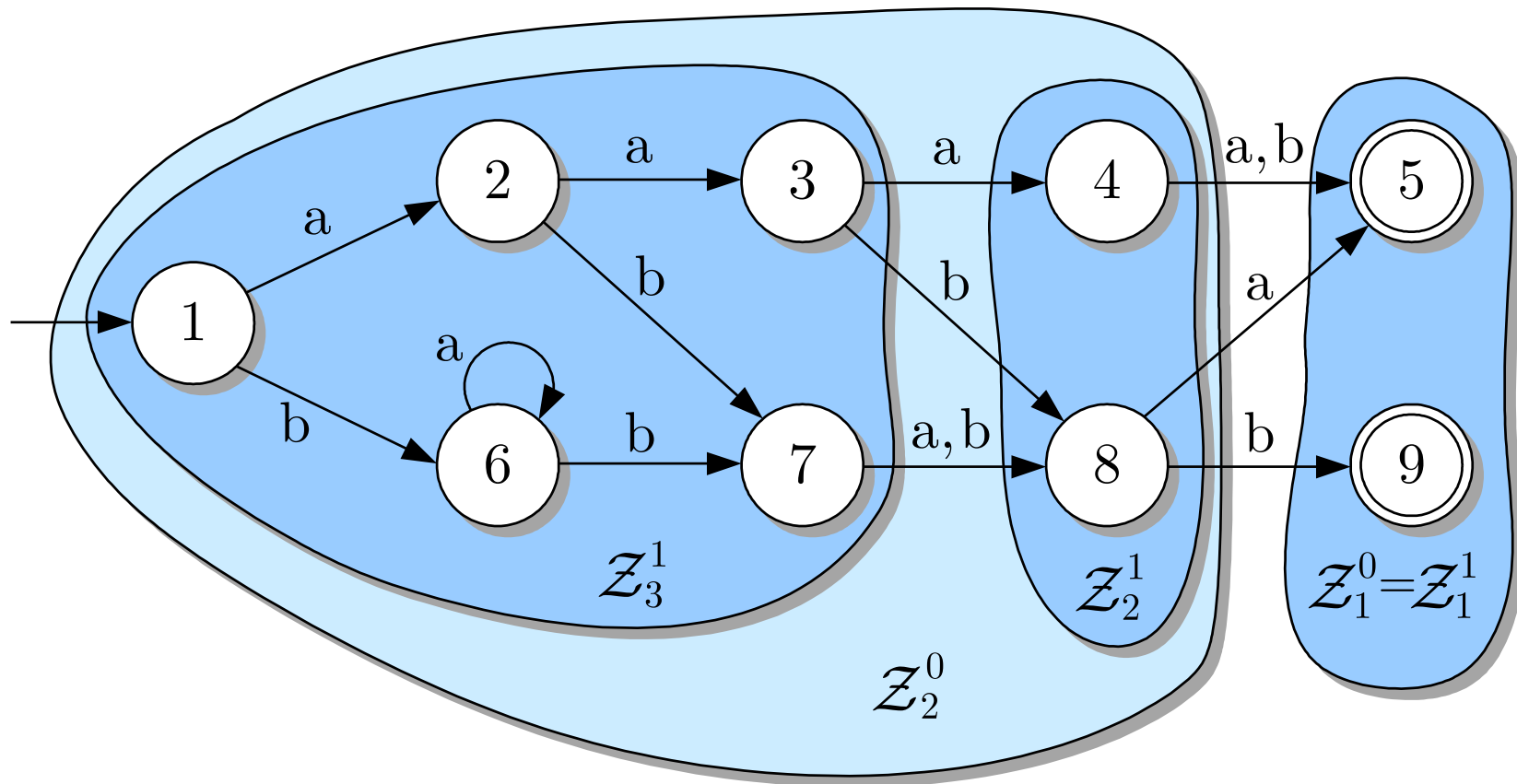


Abb. 3.35. Schrittweise Zerlegung der Zustandsmenge eines Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

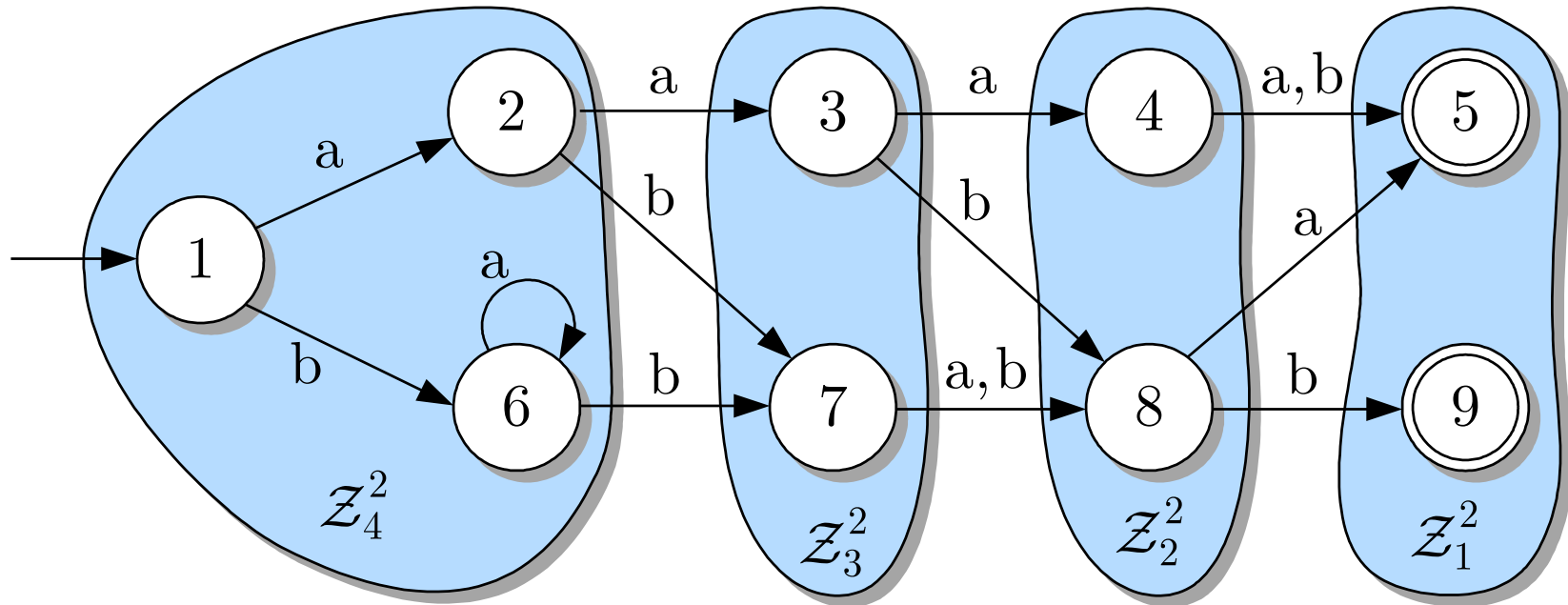


Abb. 3.36. Zerlegung der Zustandsmenge in 2-äquivalente Zustandsmengen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

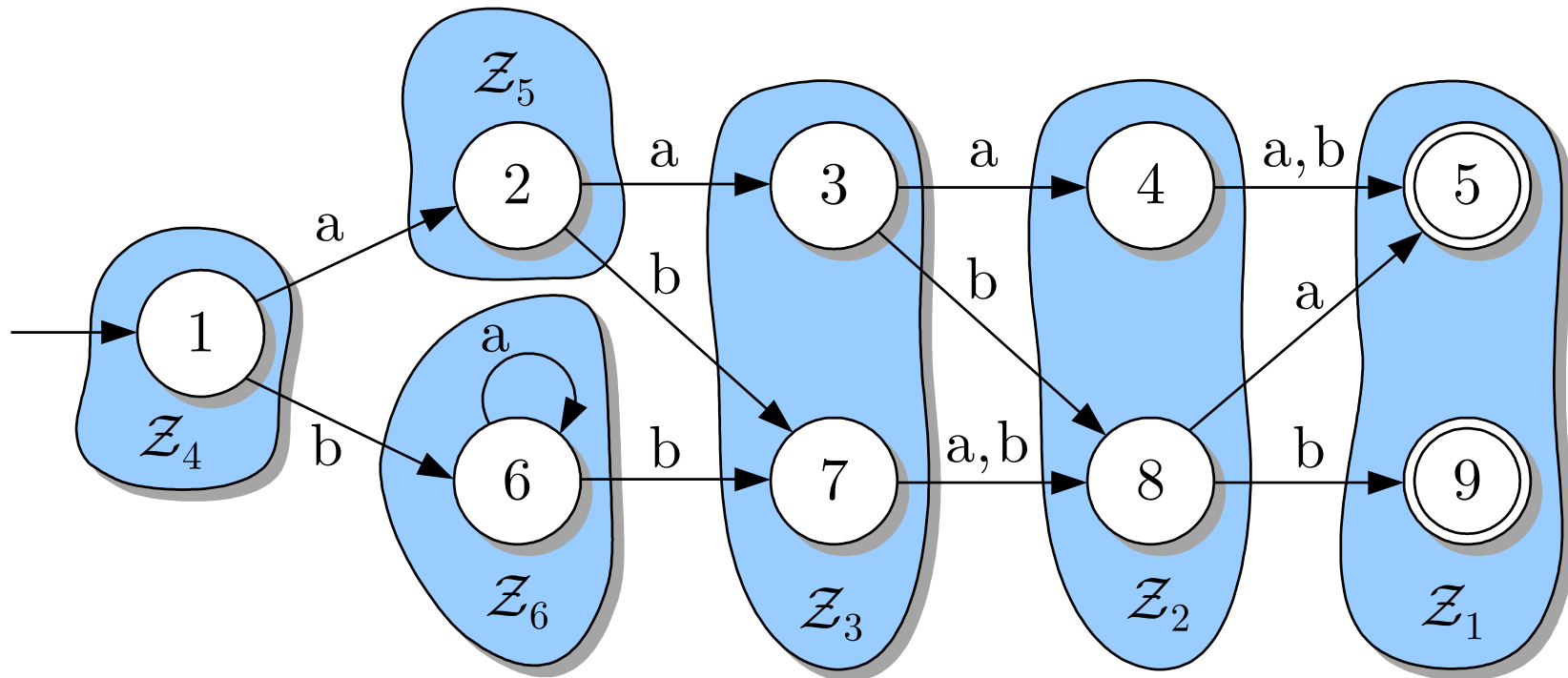


Abb. 3.37. Zerlegung der Zustandsmenge in 3-äquivalente Zustandsmengen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

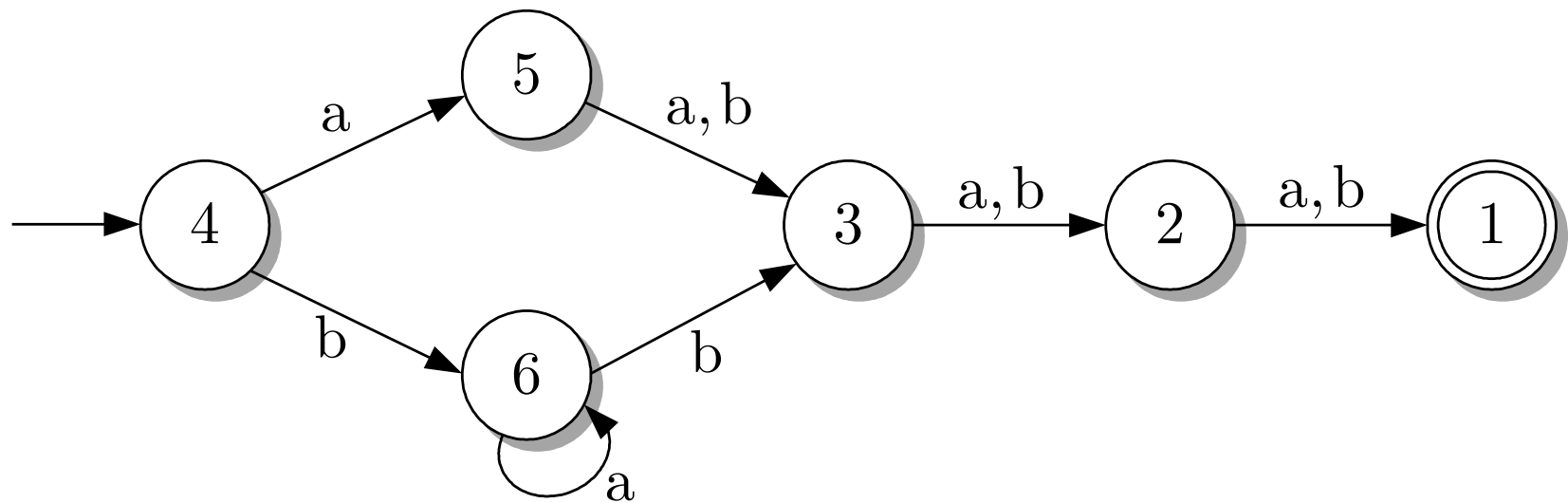


Abb. 3.38. Minimaler Automat, der äquivalent zum Automaten aus Abb. 3.34 ist

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

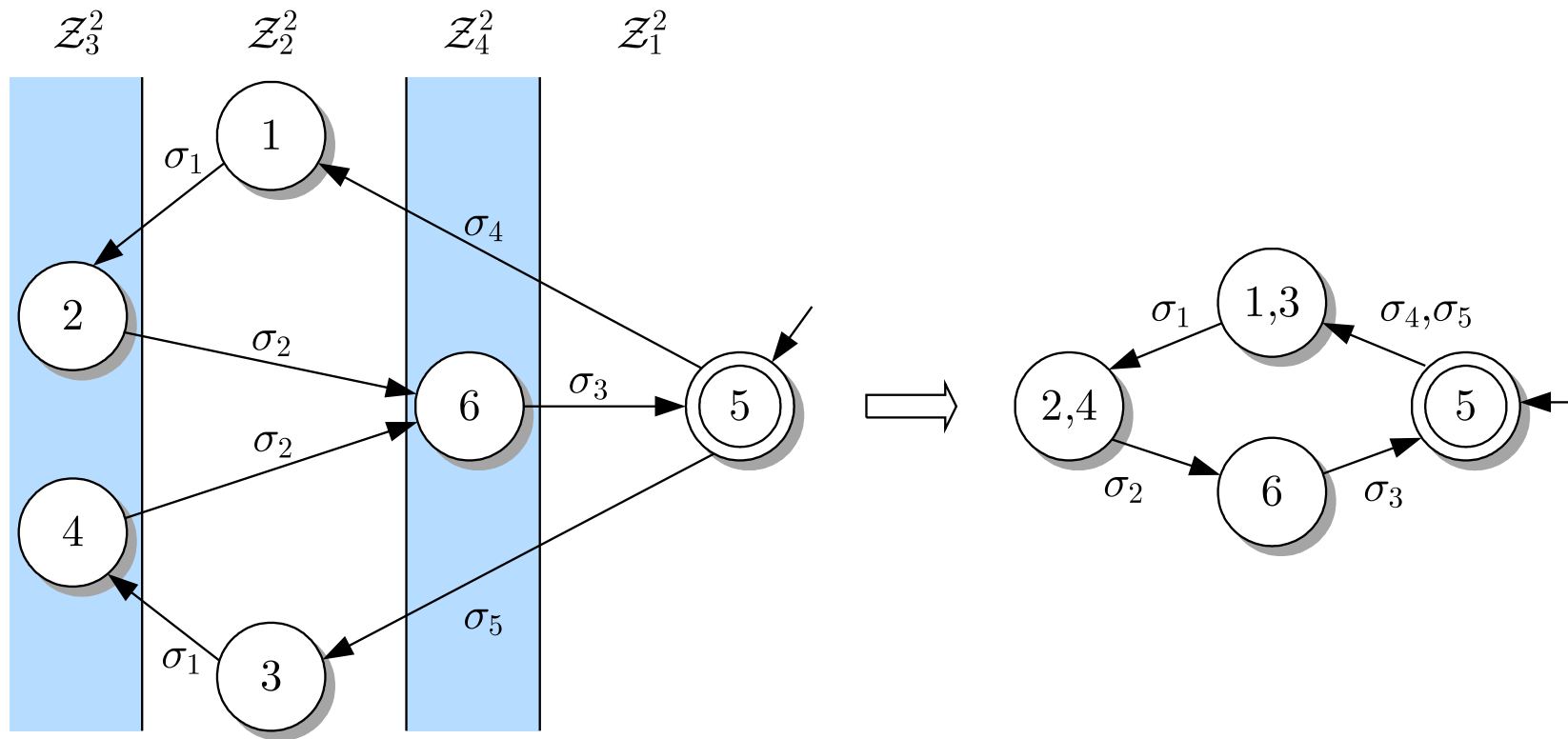


Abb. 3.39. Minimaler Automat, der die Sprache des Roboters akzeptiert

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

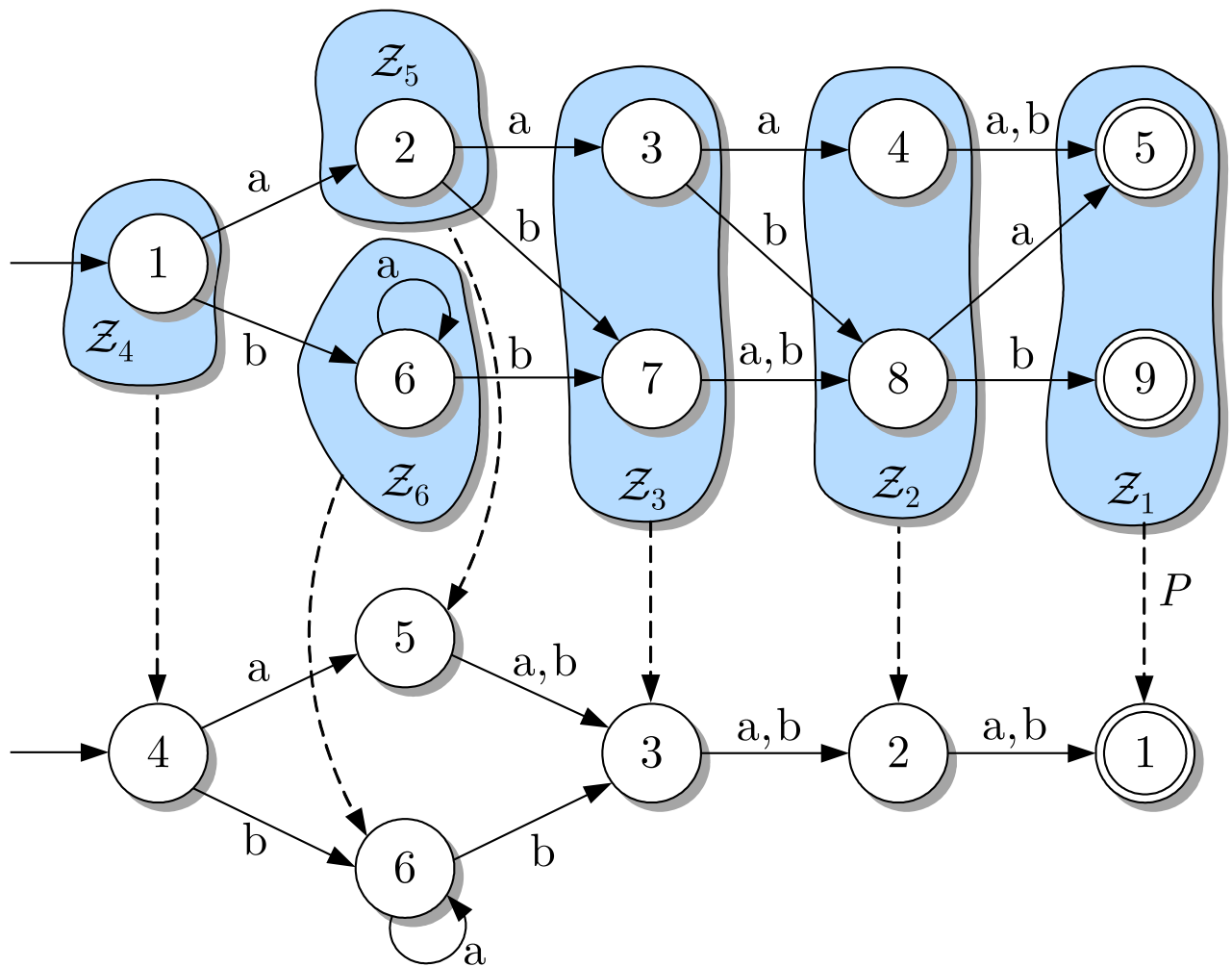


Abb. 3.40: Homomorphie zwischen dem Automaten aus Abb. 3.34 und seinem Minimalautomaten aus Abb. 3.38

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

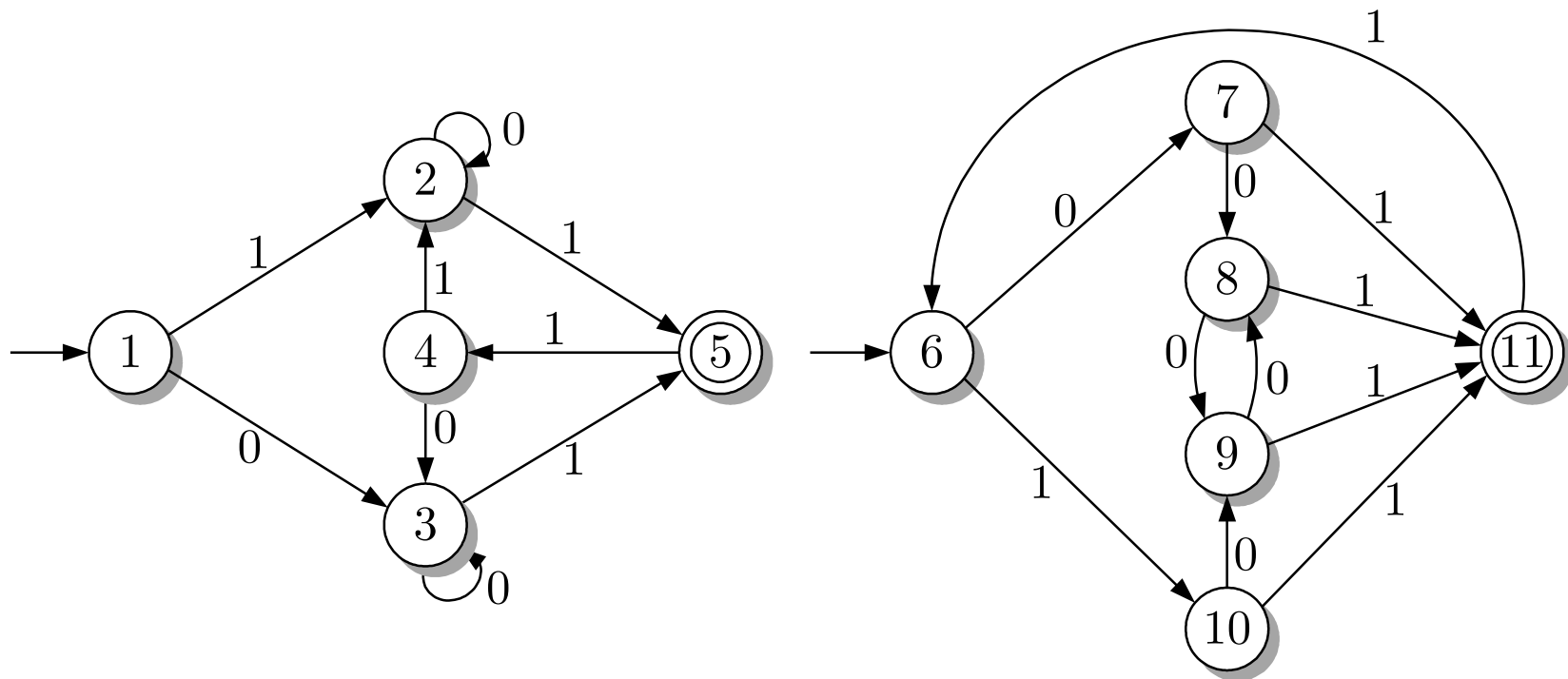


Abb. 3.41. Zwei Automaten, die über dieselbe Ereignismenge $\Sigma = \{0, 1\}$ definiert sind

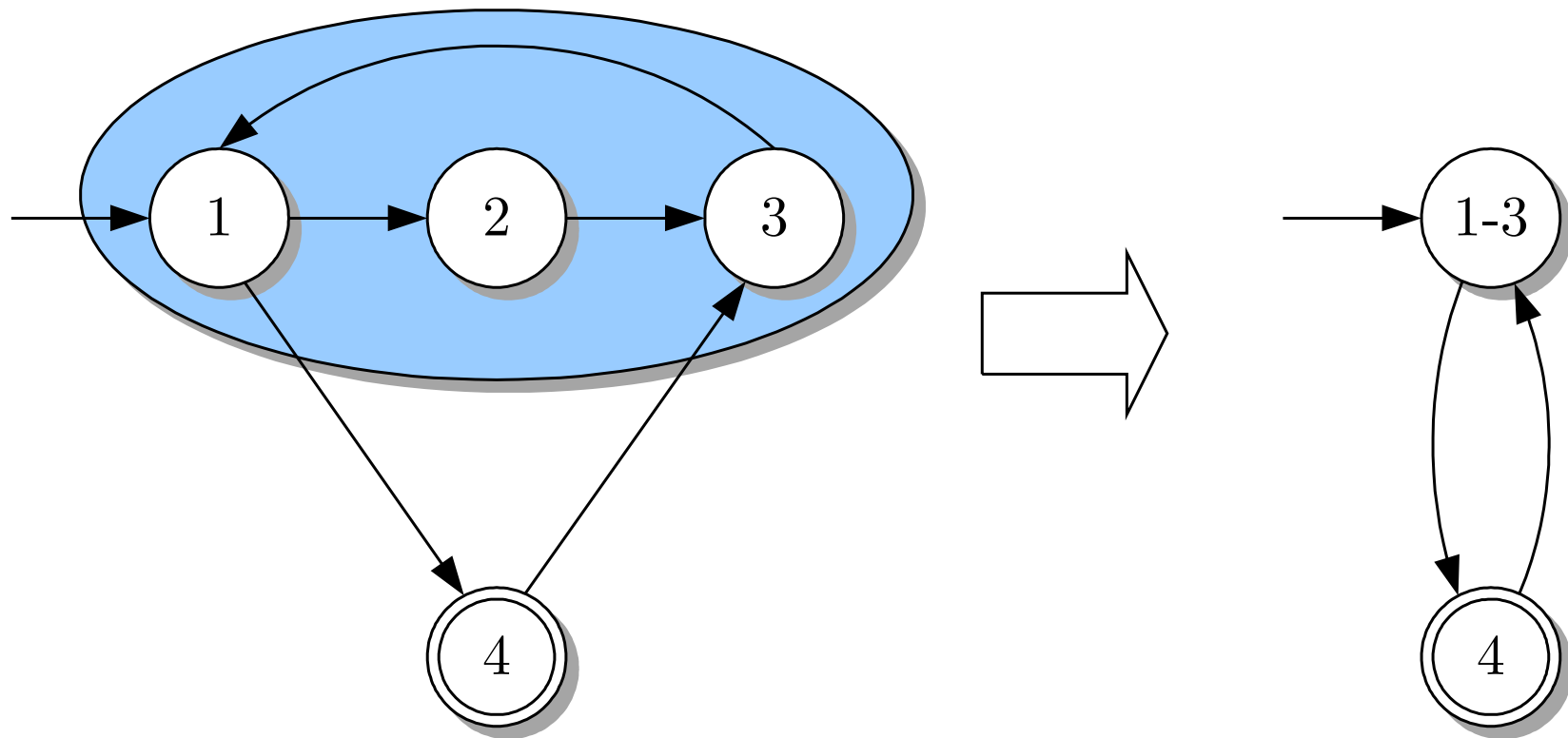


Abb. 3.42. Hierarchische Modellbildung mit Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

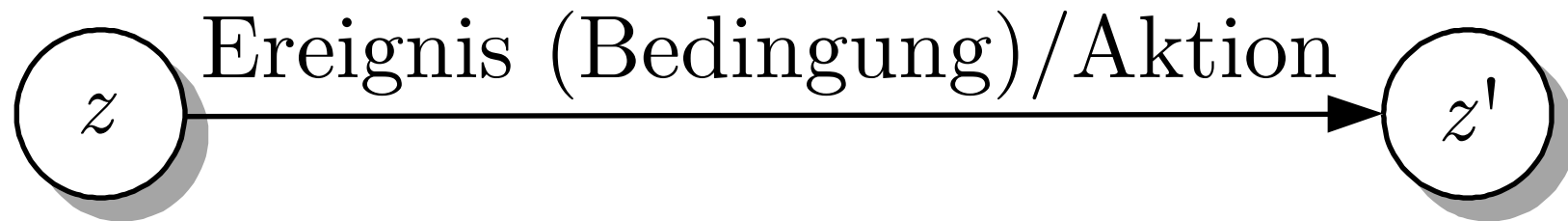


Abb. 3.43. Kante des Automatengraphen eines erweiterten Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

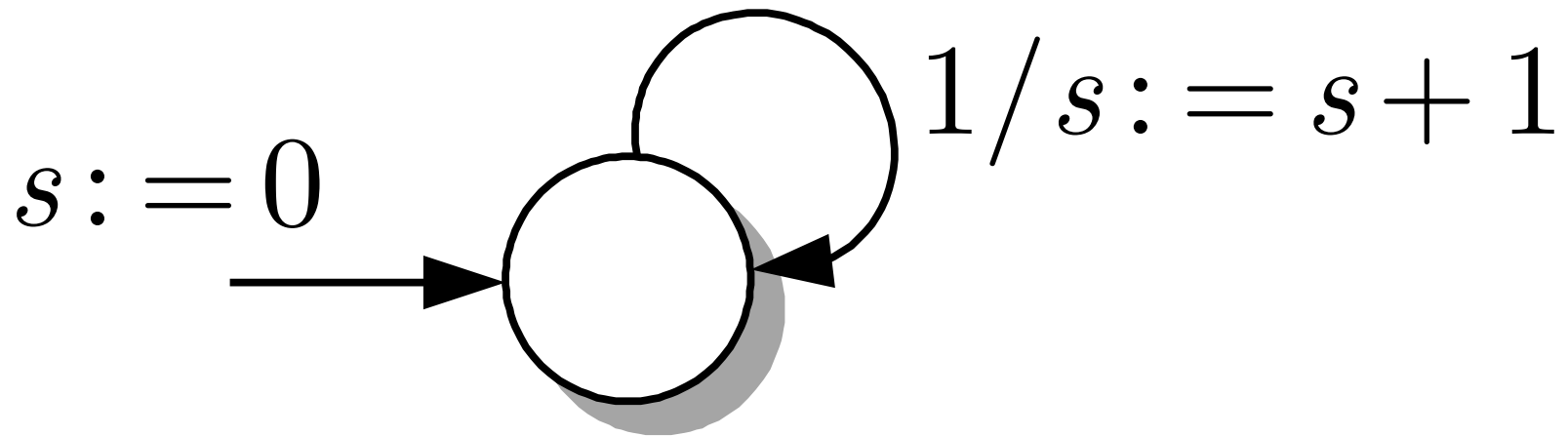


Abb. 3.44. Darstellung eines Zählers

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

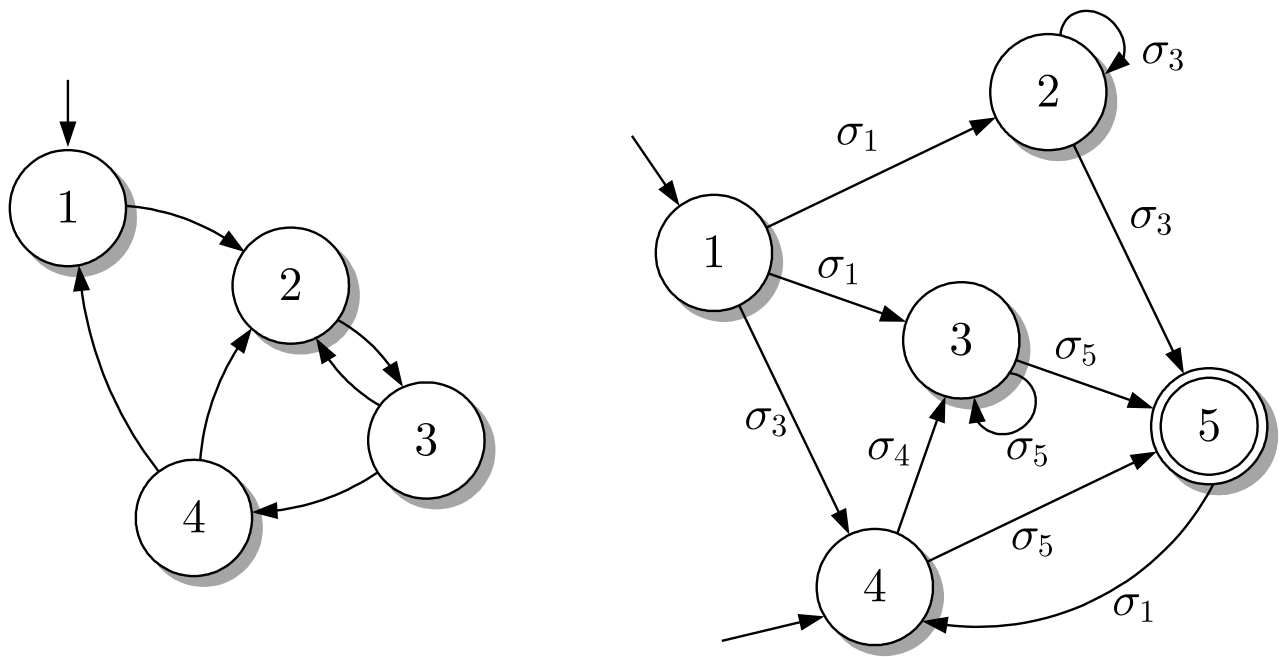


Abb. 4.1: Automatengraphen nichtdeterministischer Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

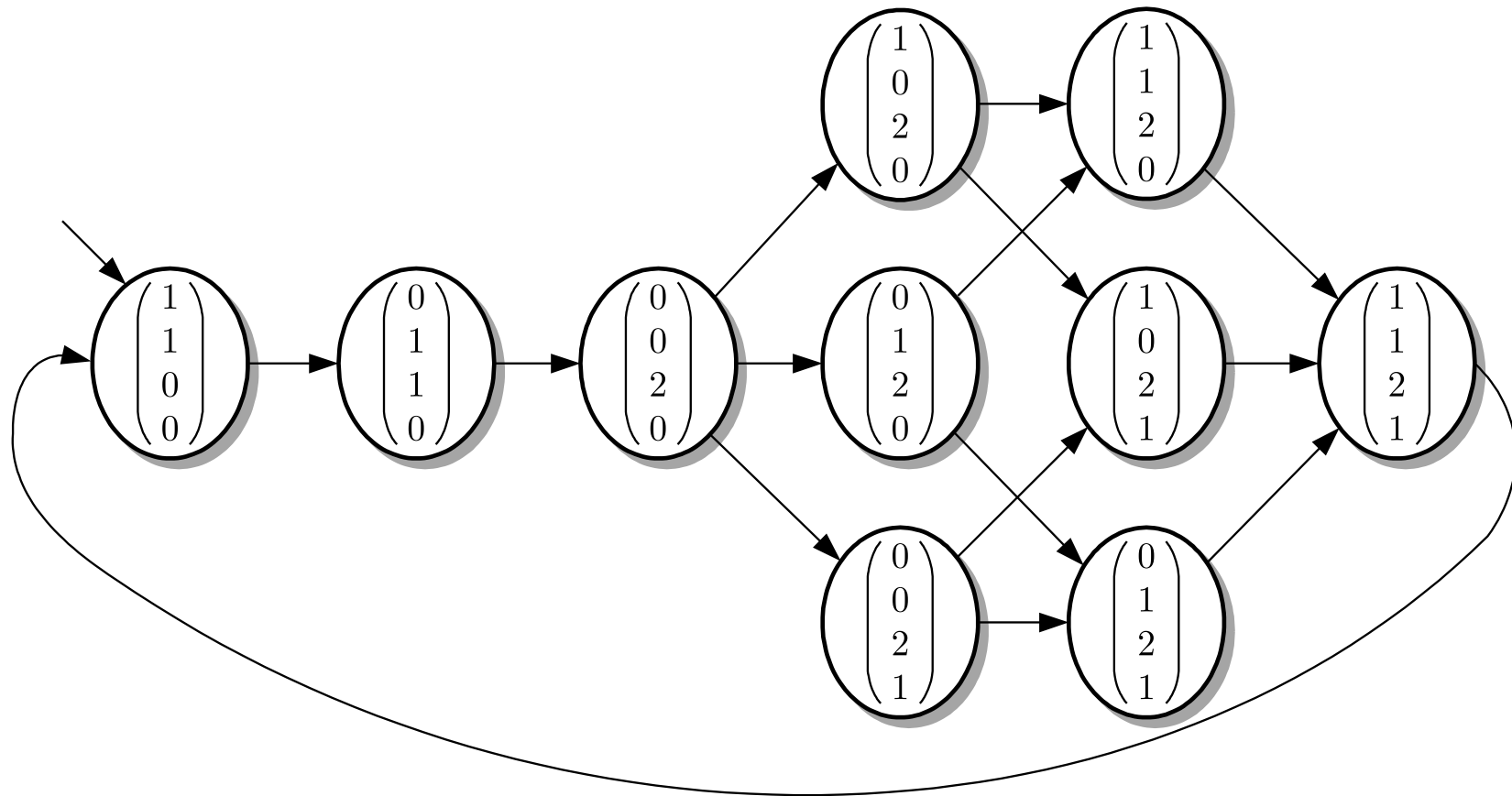


Abb. 4.2. Beschreibung des Batchprozesses durch einen nichtdeterministischen Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

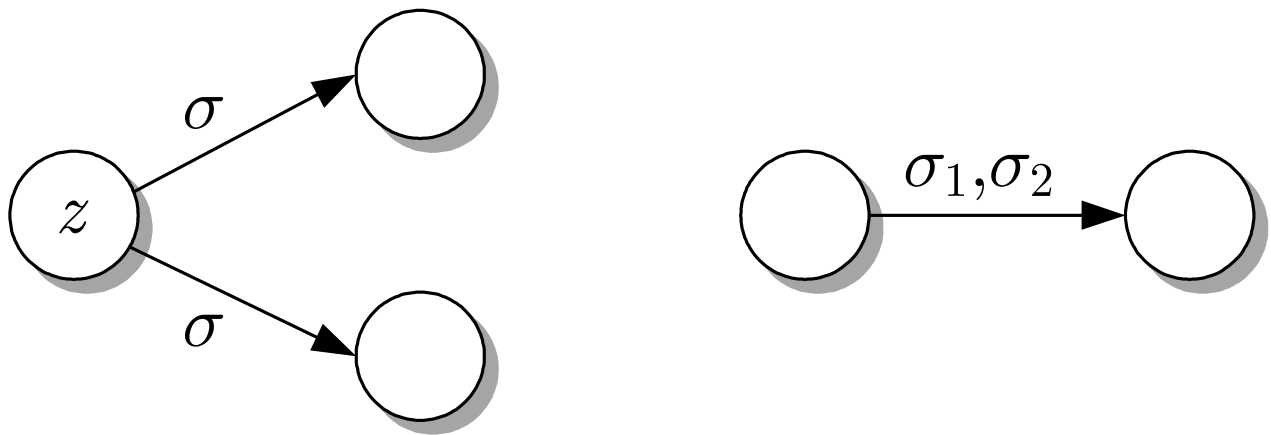


Abb. 4.3: Nichtdeterministischer Zustandsübergang (links) und nichtdeterministische Ereignisfolge (rechts)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

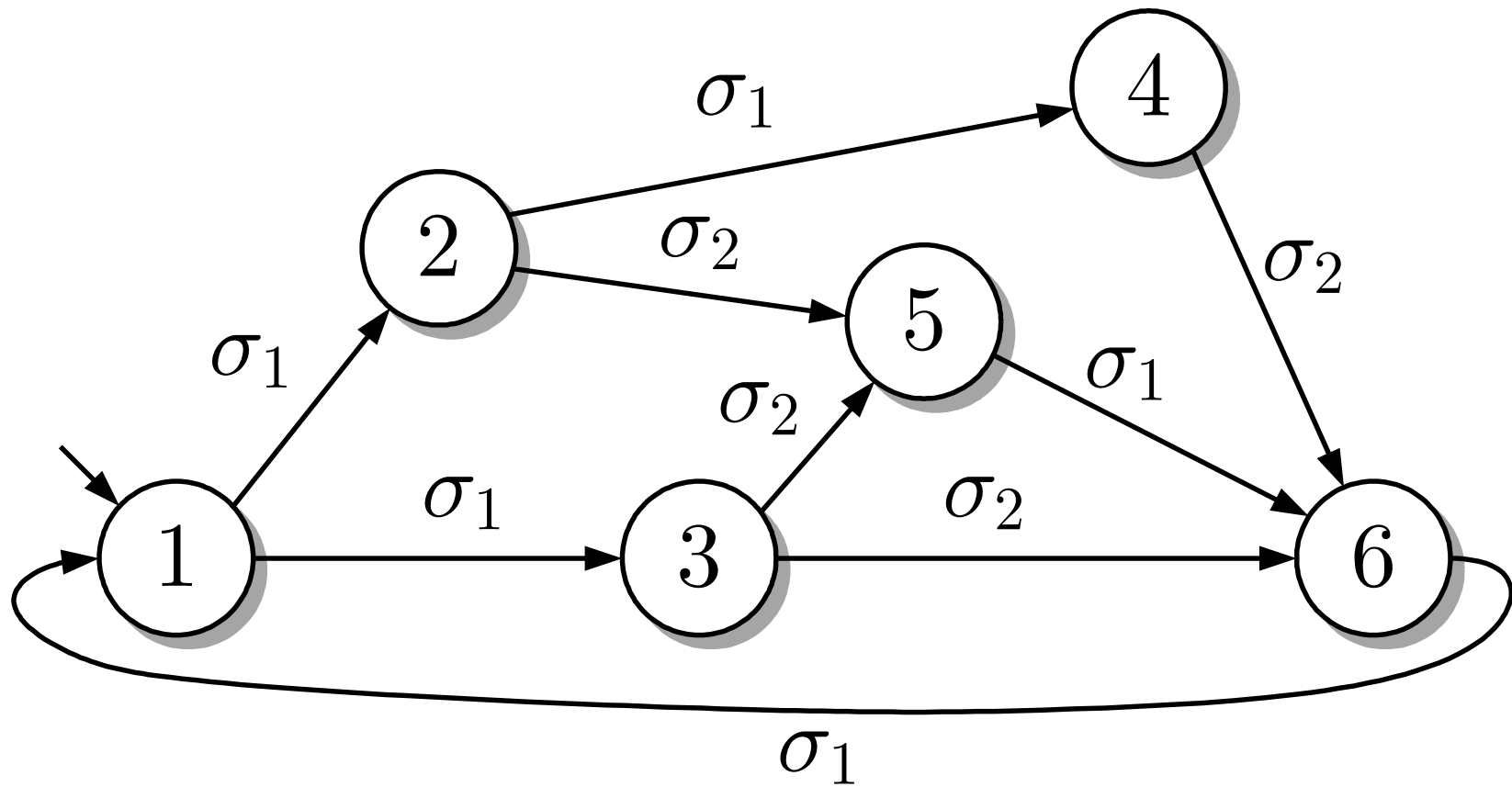


Abb. 4.4. Nichtdeterministischer Σ -Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

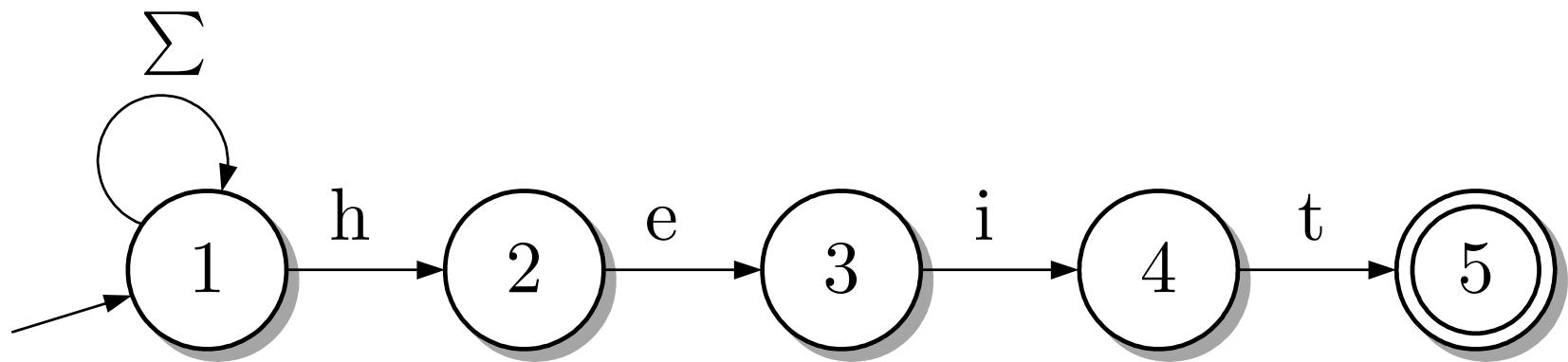


Abb. 4.5. Akzeptor für Wörter mit der Endung „heit“

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

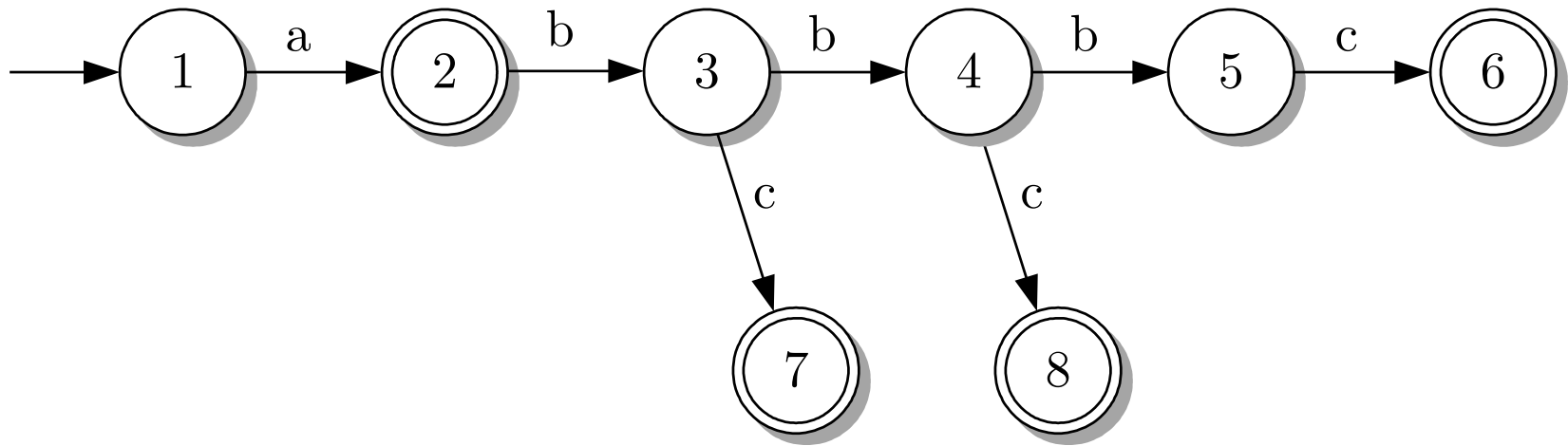


Abb. 4.6. Automat, der die Sprache \mathcal{L}_1 akzeptiert

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

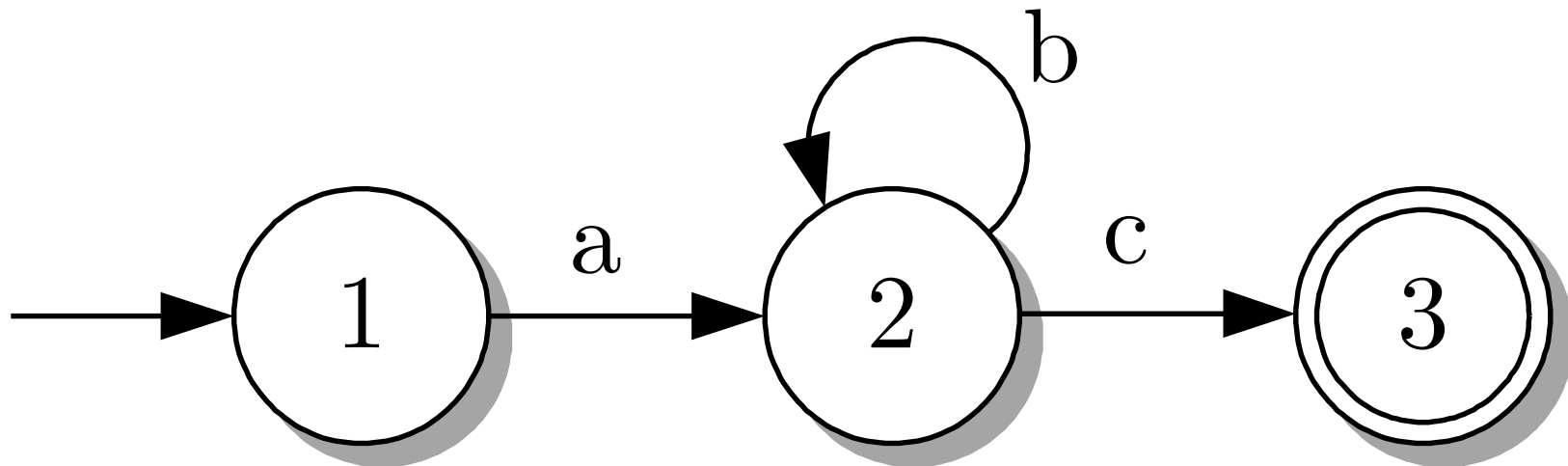


Abb. 4.7. Automat, der die Sprache \mathcal{L}_2 akzeptiert

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

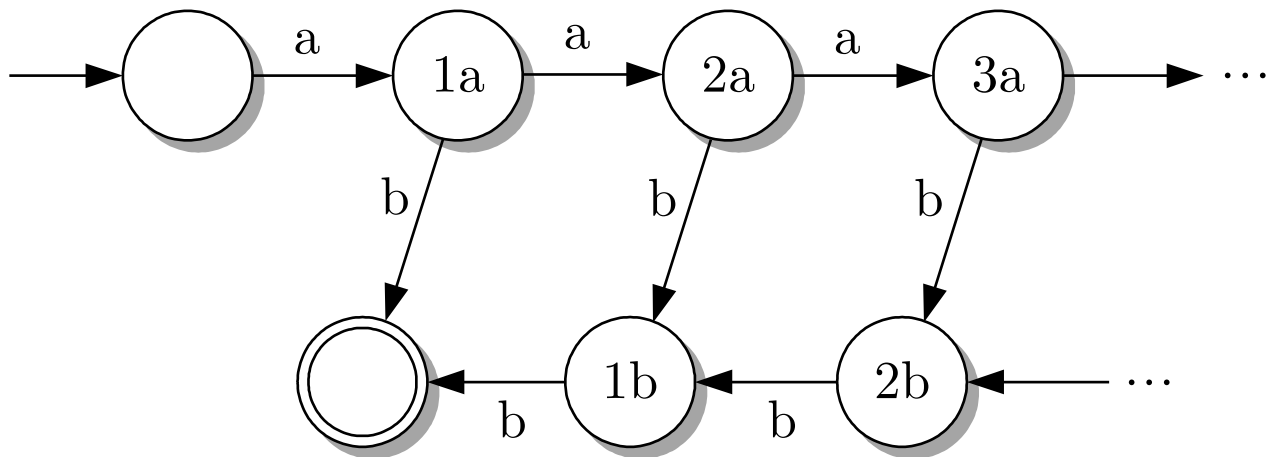


Abb. 4.8: Automat, der die Sprache \mathcal{L}_3 akzeptiert

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

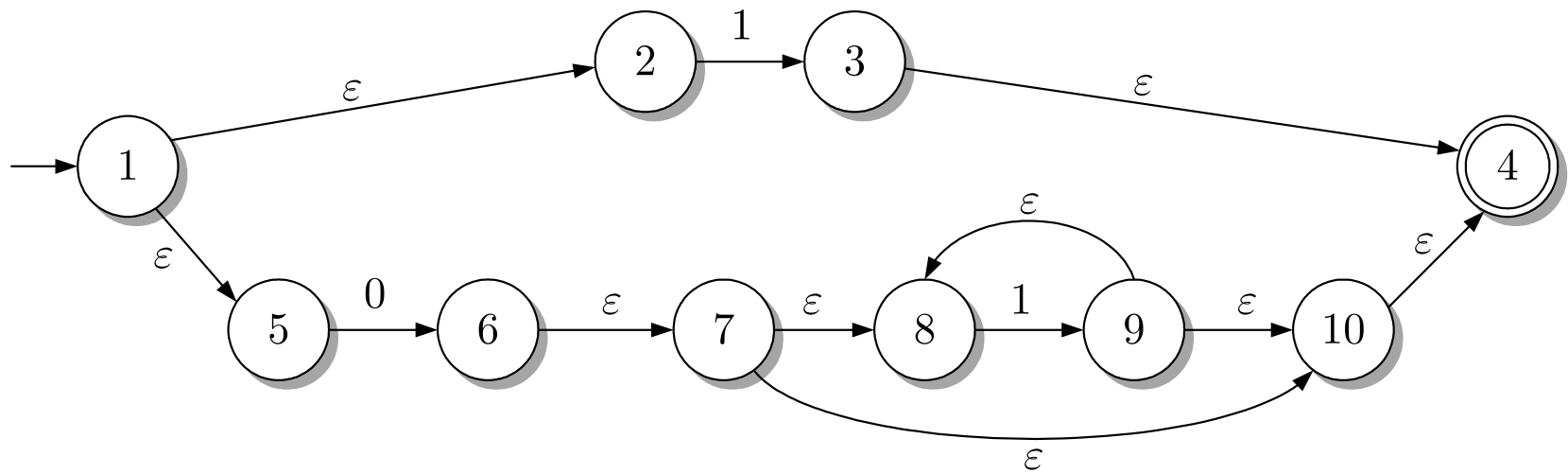


Abb. 4.9. Nichtdeterministischer Automat mit ε -Übergängen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

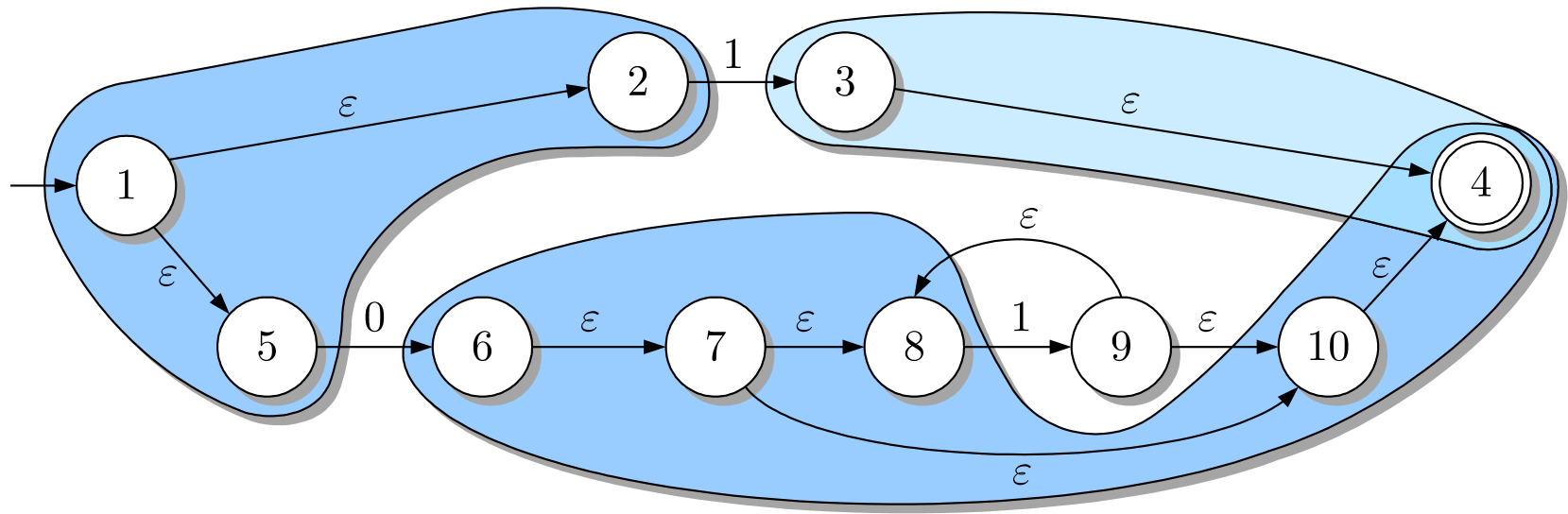


Abb. 4.10. Automat aus Abb. 4.9 mit Kennzeichnung der ϵ -Hüllen der Zustände 1, 3 und 6

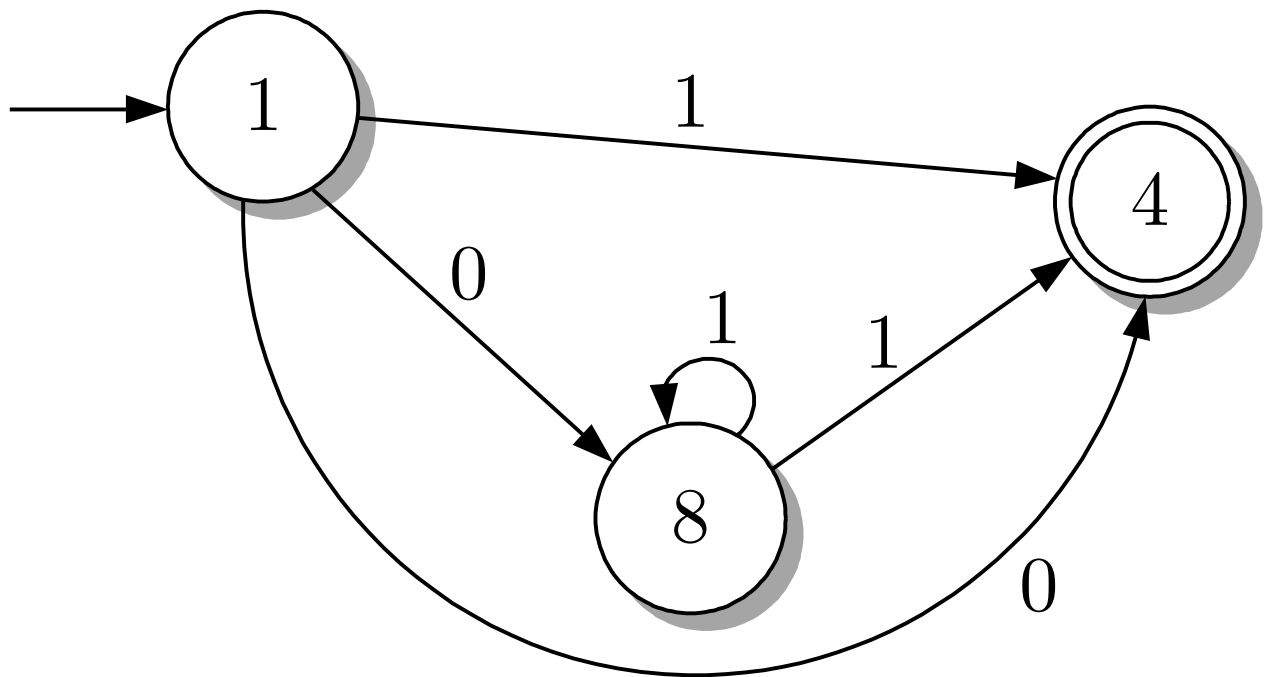


Abb. 4.11: Äquivalenter Automat zu Abb. 4.9

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

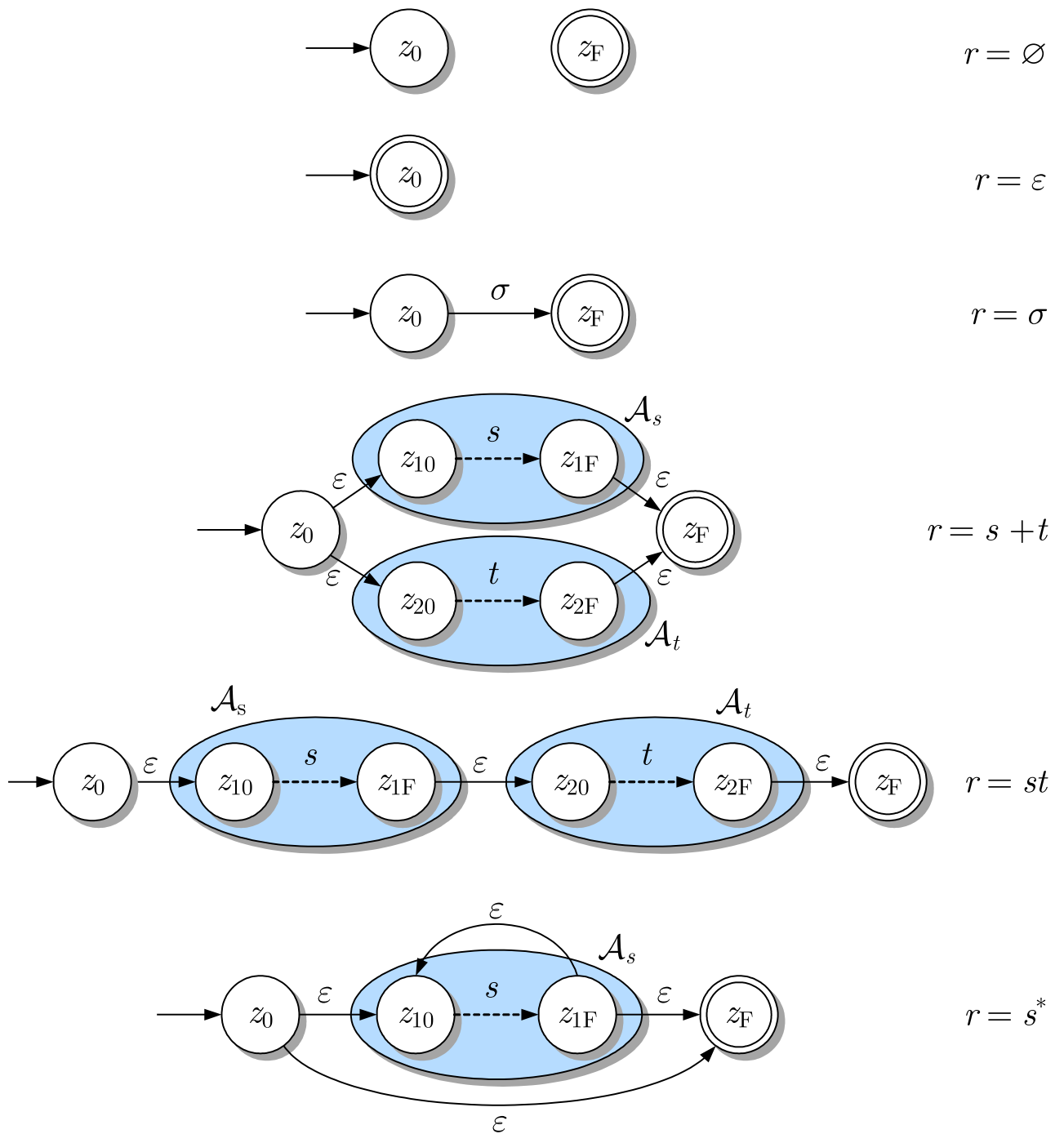


Abb. 4.12: Akzeptoren für reguläre Mengen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

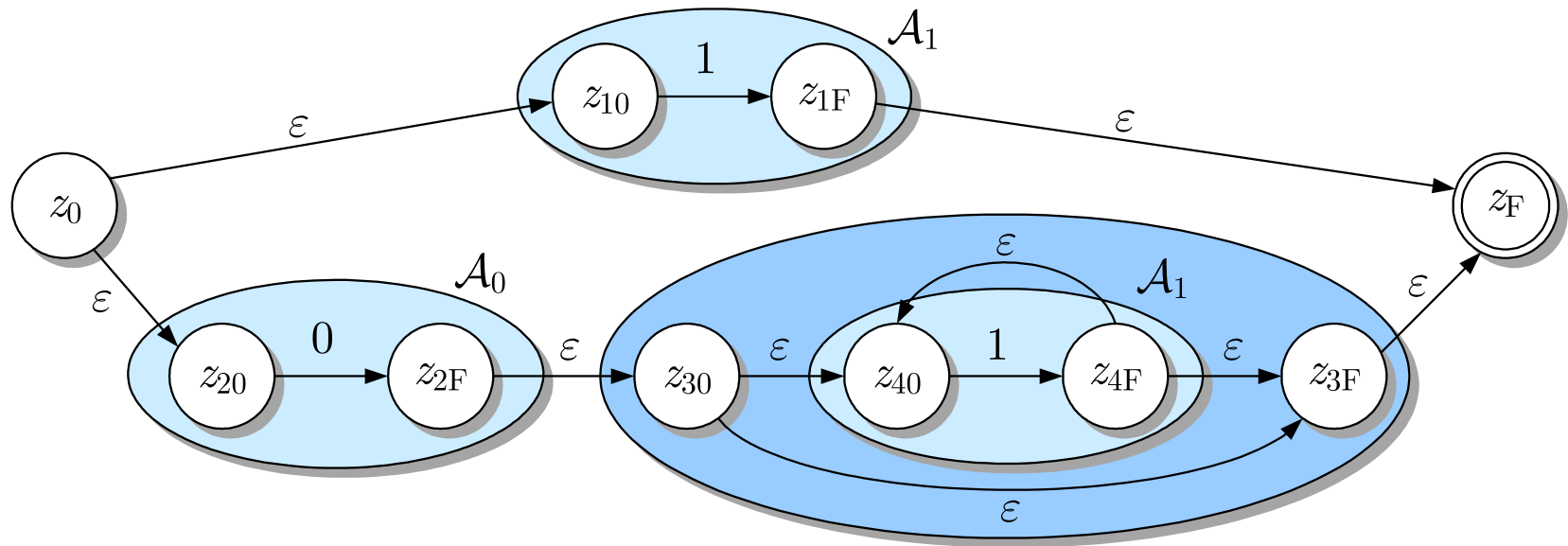


Abb. 4.13. Akzeptor für die Sprache $1 + 01^*$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

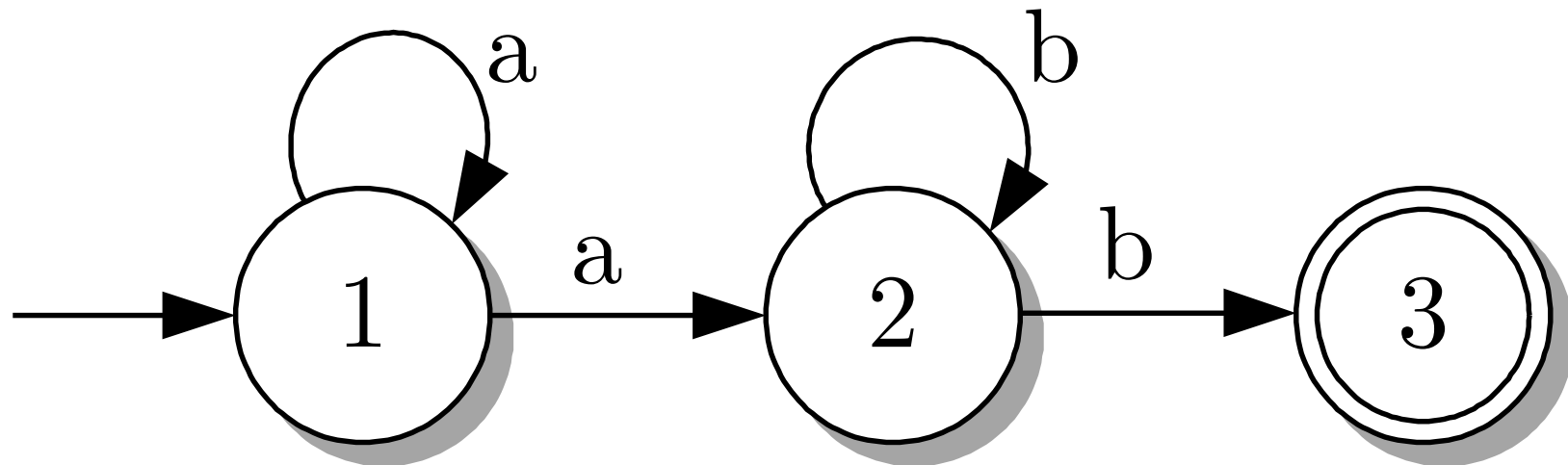


Abb. 4.14. Akzeptor der Sprache \mathcal{L}_4

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

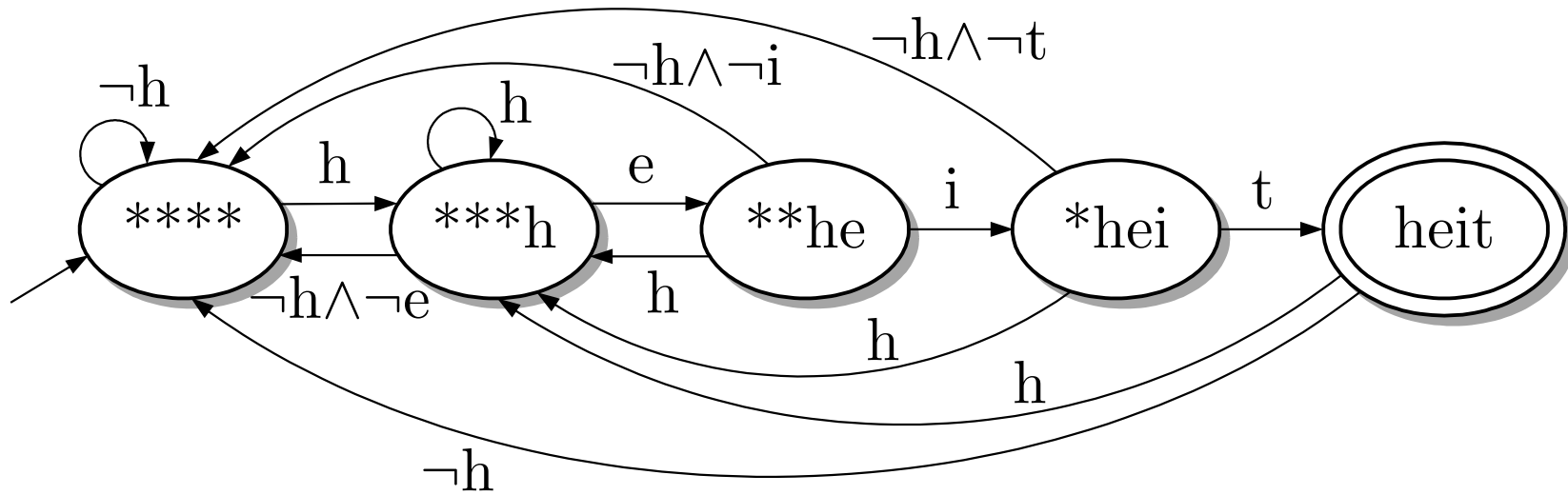


Abb. 4.15. Deterministischer Automat, der dieselbe Sprache akzeptiert wie der in Abb. 4.5 gezeigte nichtdeterministische Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

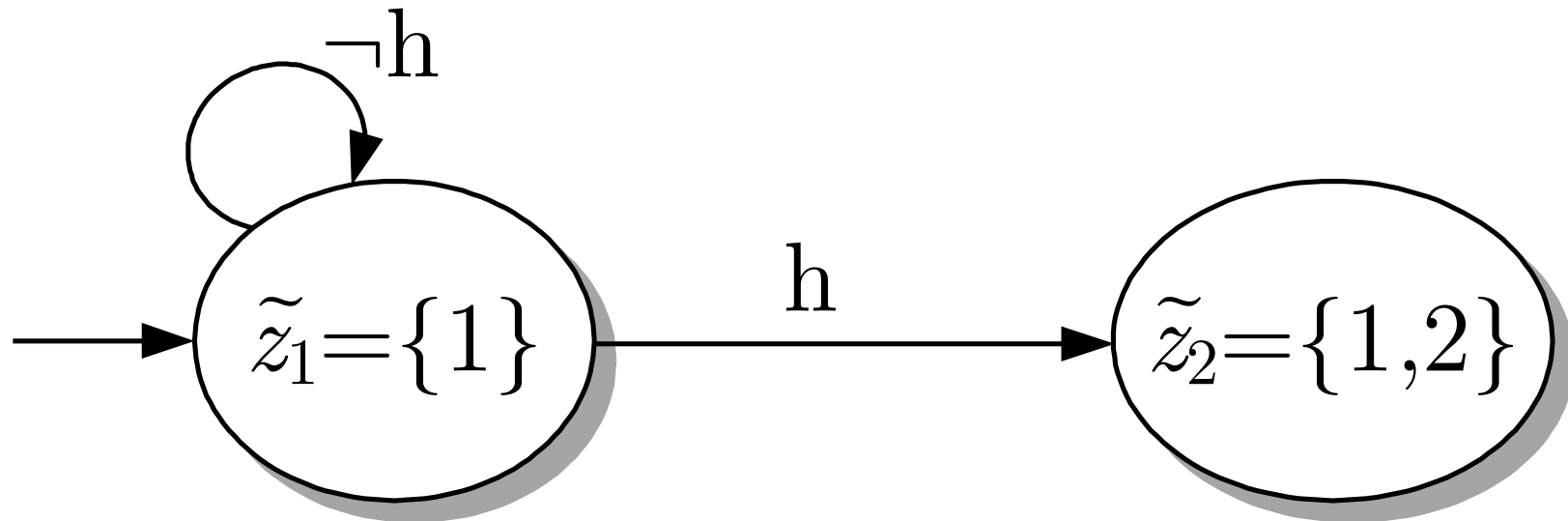


Abb. 4.16. Teil des deterministischen Akzeptors, der nach dem ersten Schritt erhalten wurde

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

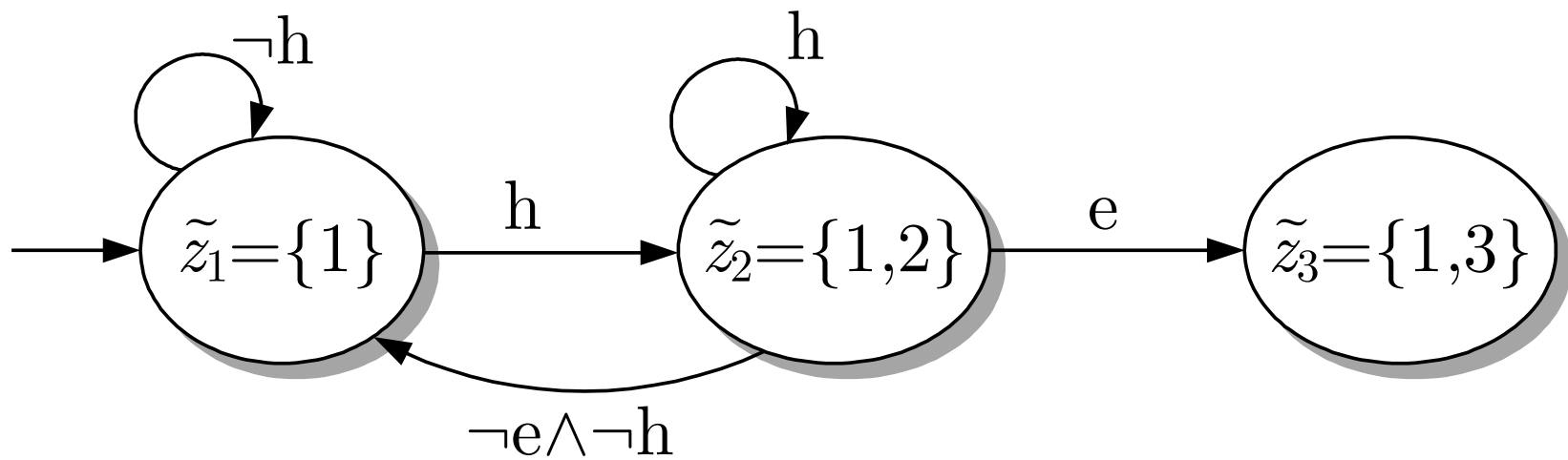


Abb. 4.17. Teil des deterministischen Akzeptors, der nach dem zweiten Schritt erhalten wurde

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

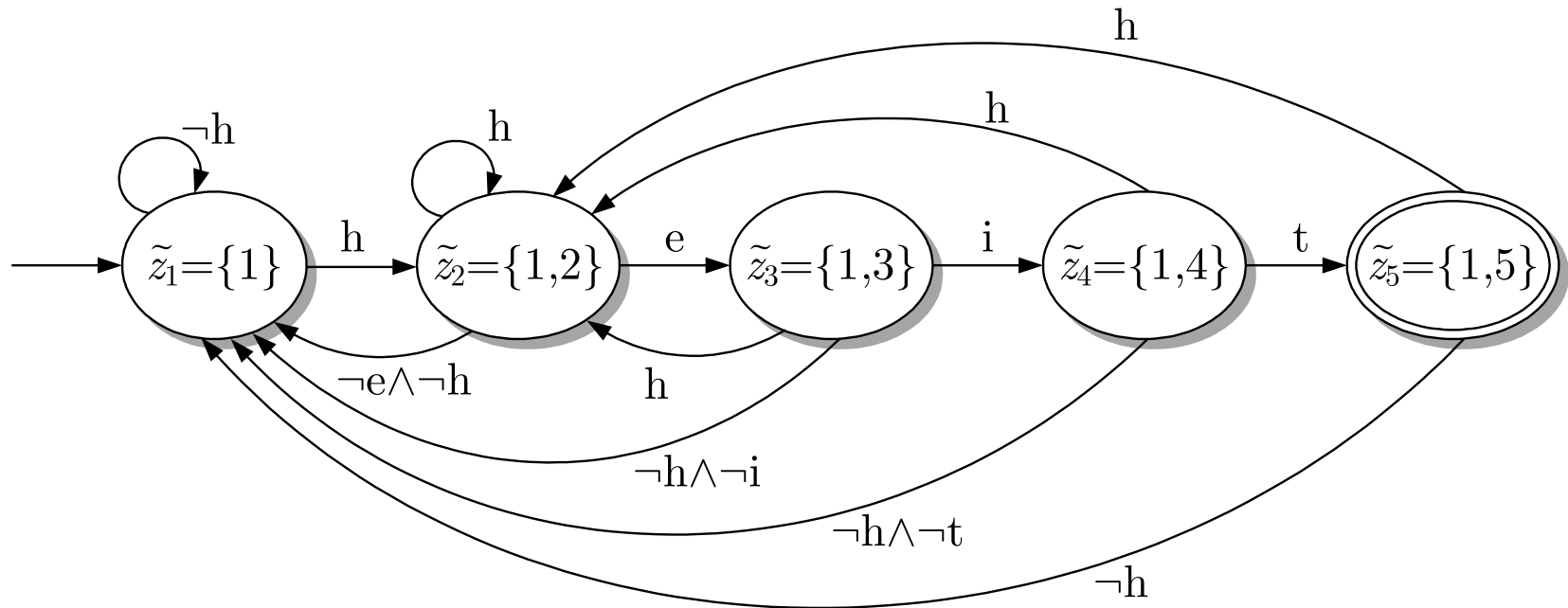


Abb. 4.18. Deterministischer Akzeptor für Wörter mit der Endung „heit“

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

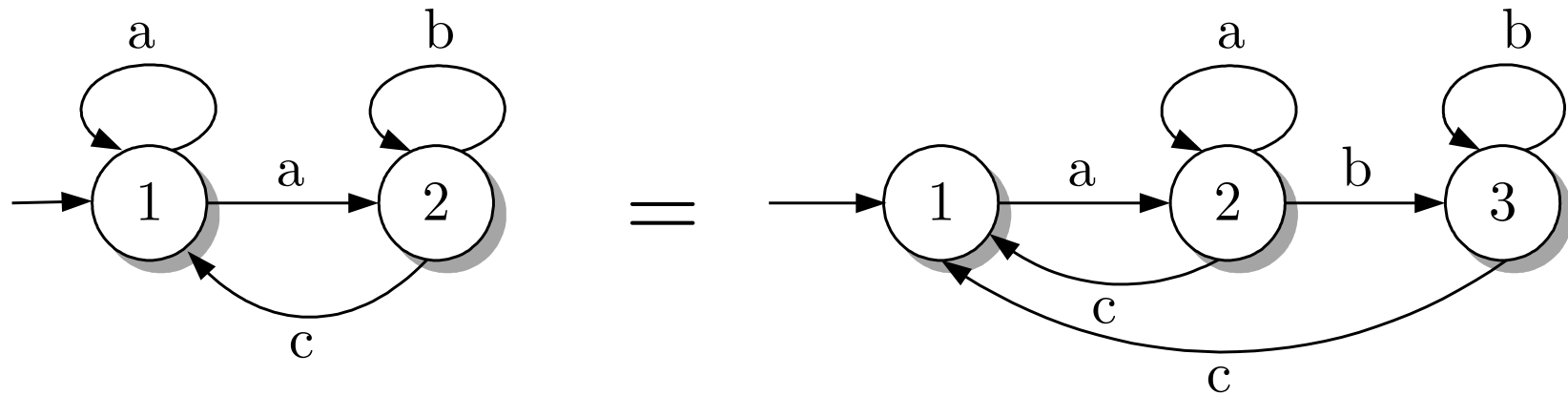


Abb. 4.19. Äquivalenz zwischen deterministischem und nichtdeterministischem Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

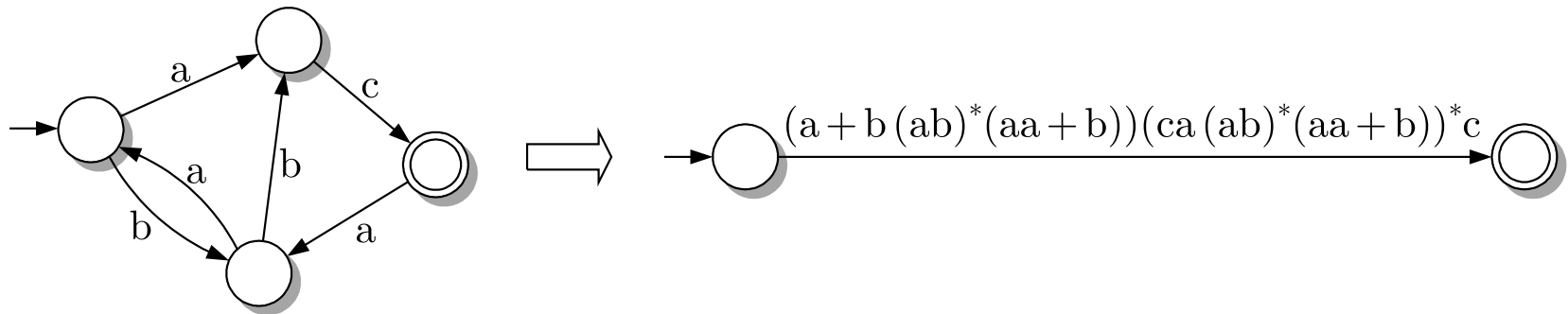


Abb. 4.20. Lösungsweg

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

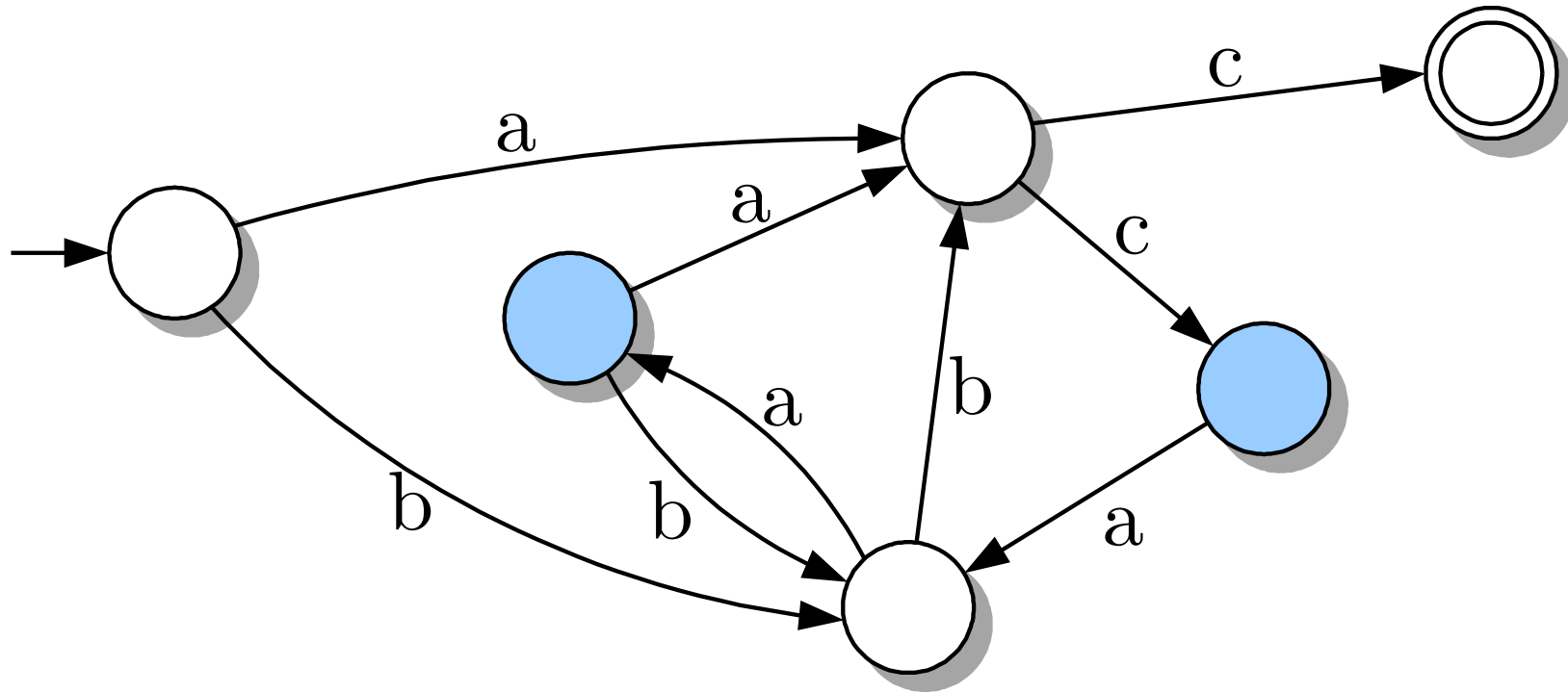


Abb. 4.21. Einführung eines separaten Anfangs- und Endzustands

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

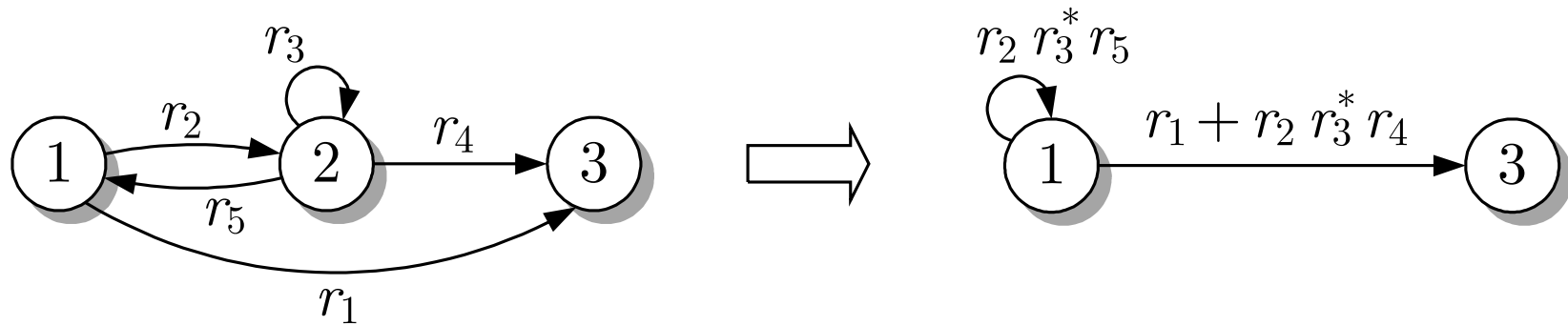


Abb. 4.22. Prinzip der Zustandselimination

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

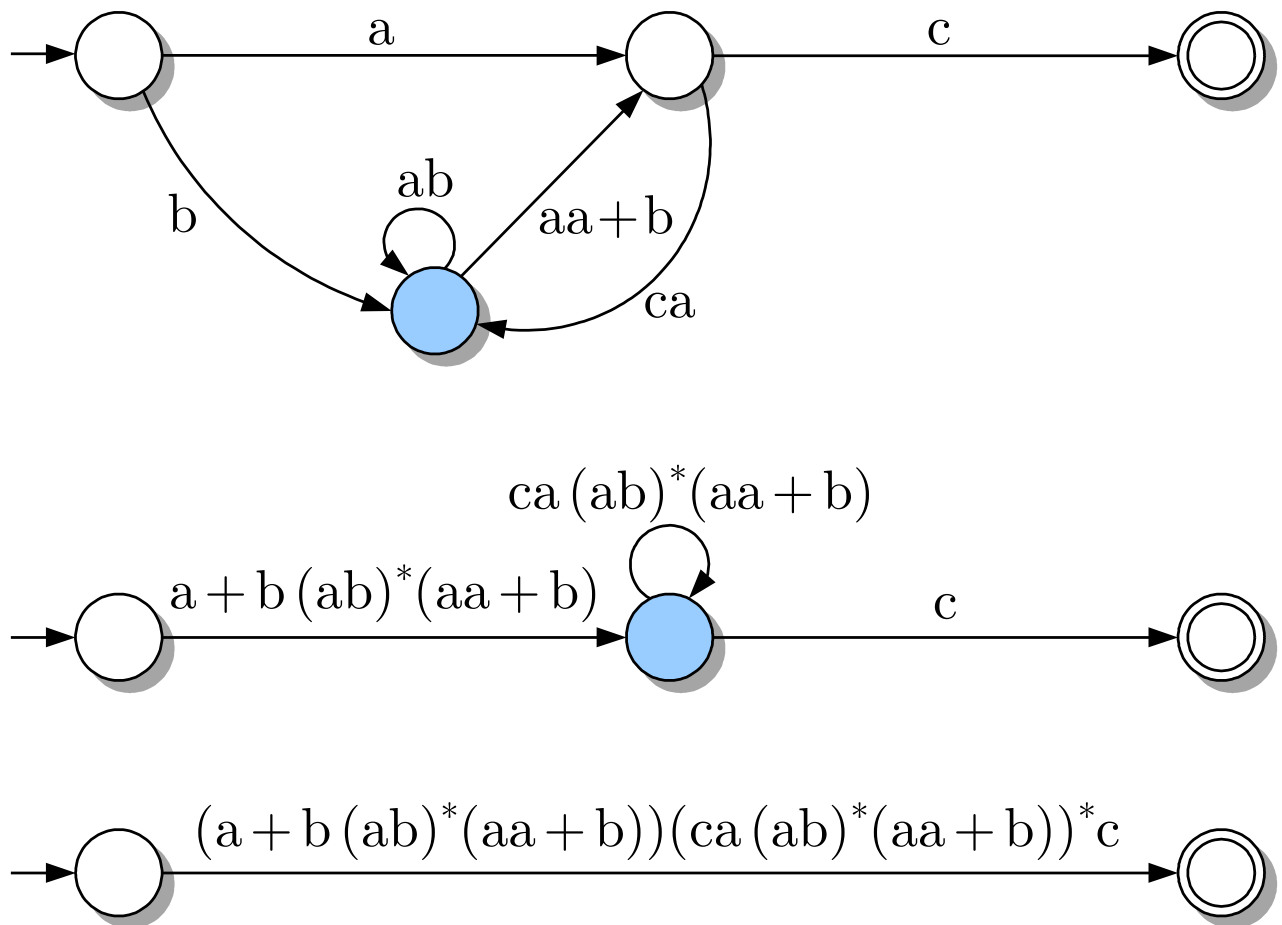


Abb. 4.23: Schrittweise Elimination von Zuständen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

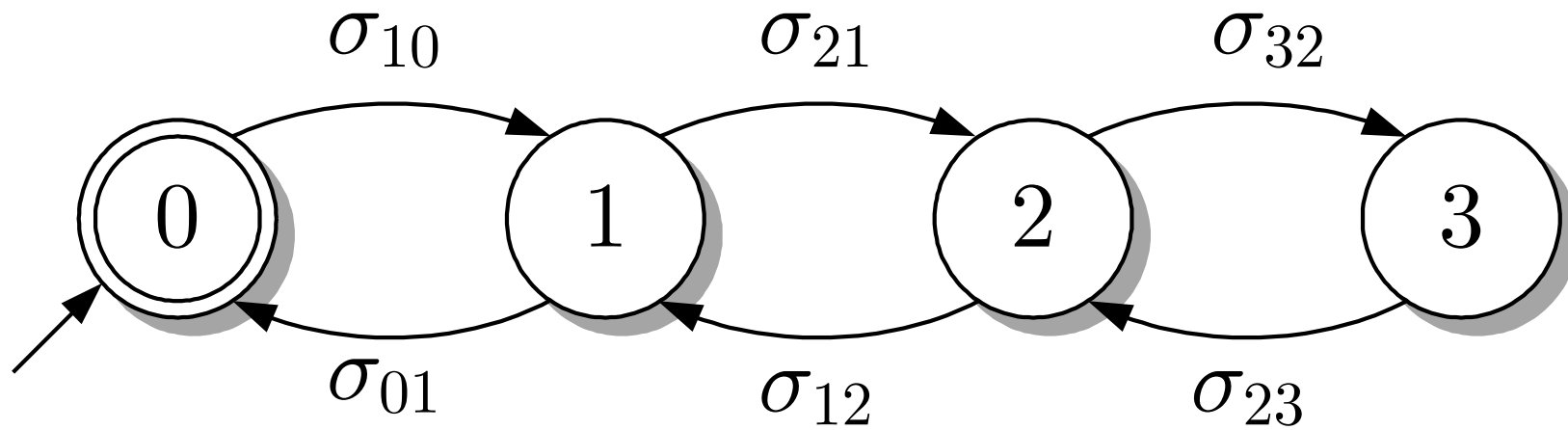


Abb. 4.24. Automat, der die Bewegung eines Fahrstuhls beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

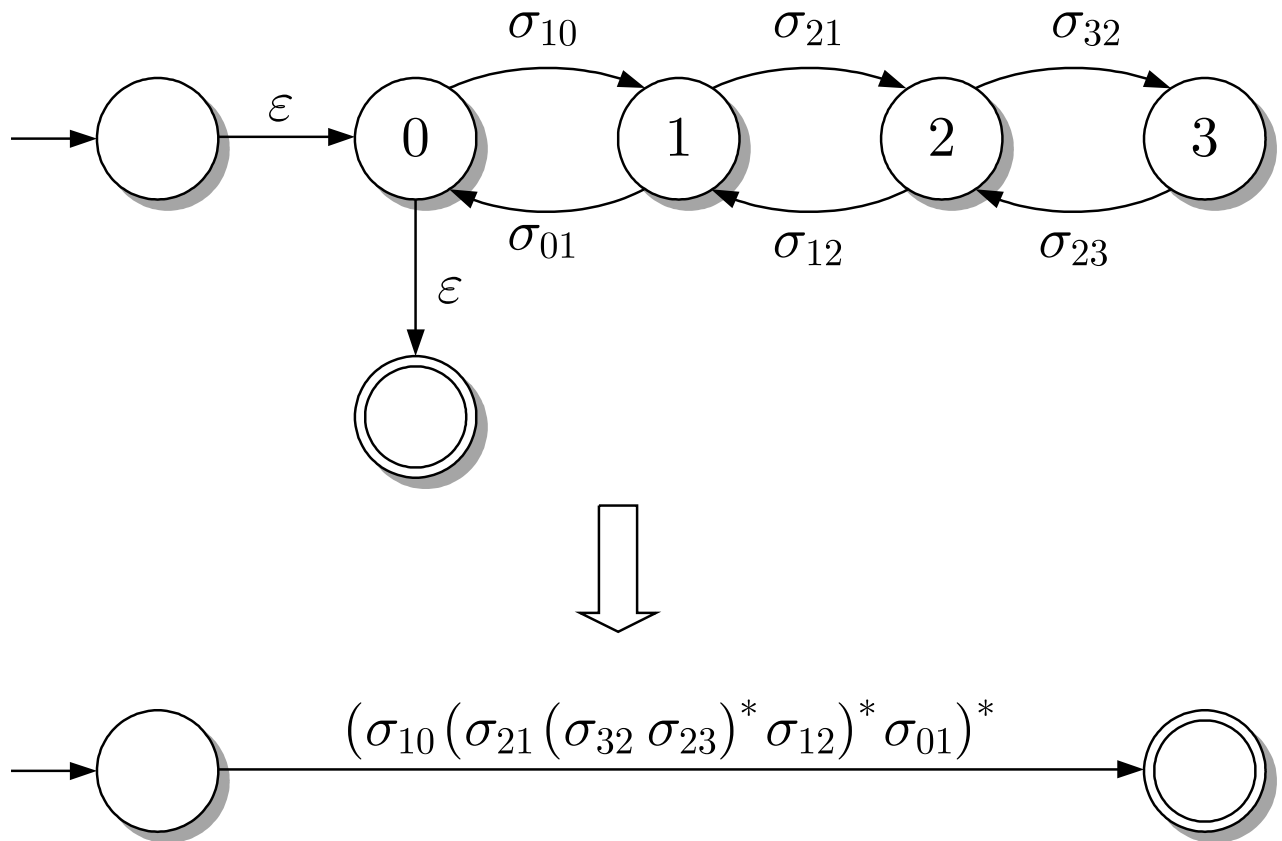


Abb. 4.25: Ableitung des regulären Ausdrucks für den Fahrstuhl

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

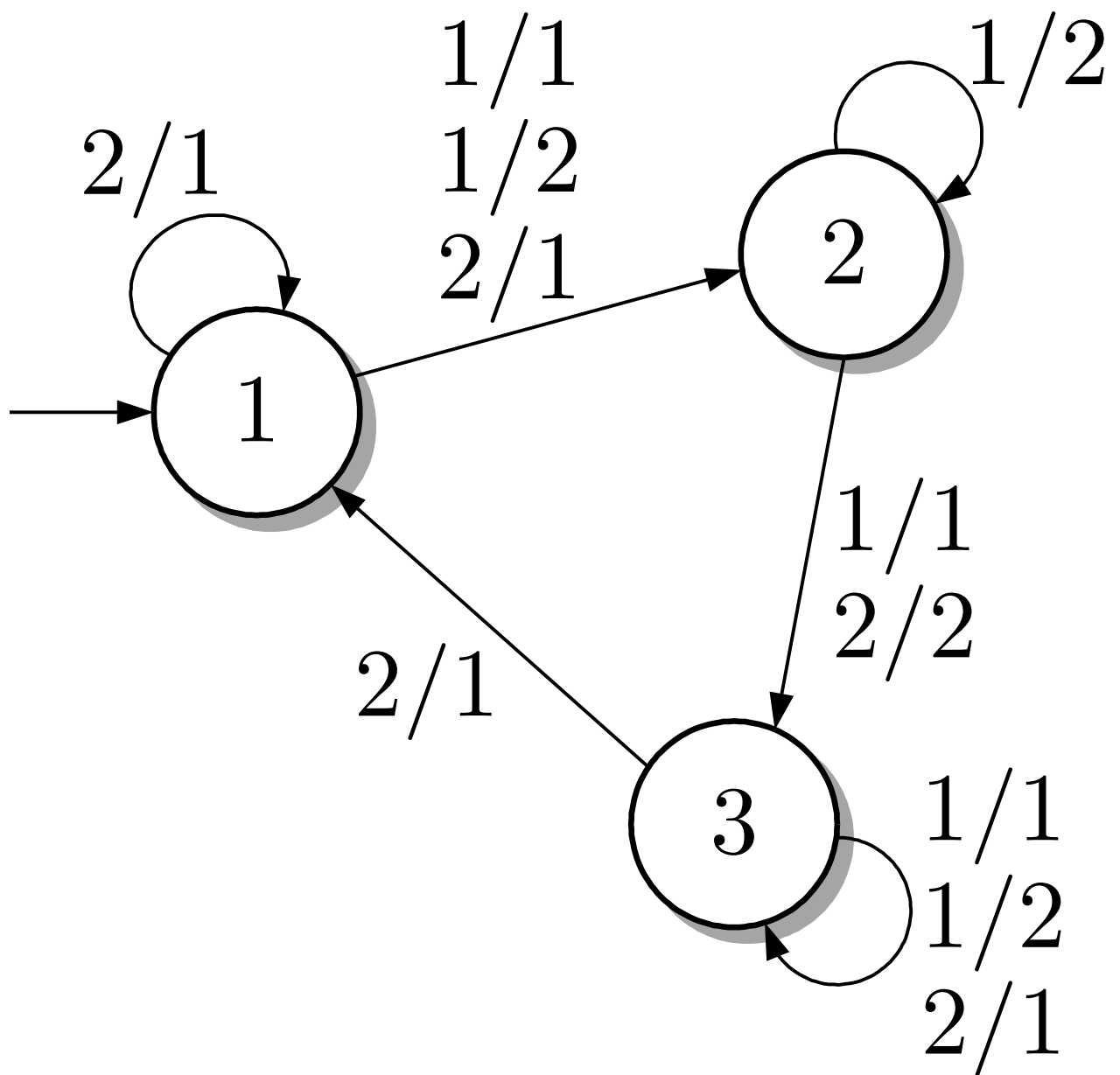


Abb. 4.26: Nichtdeterministischer Automat mit Eingang und Ausgang

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

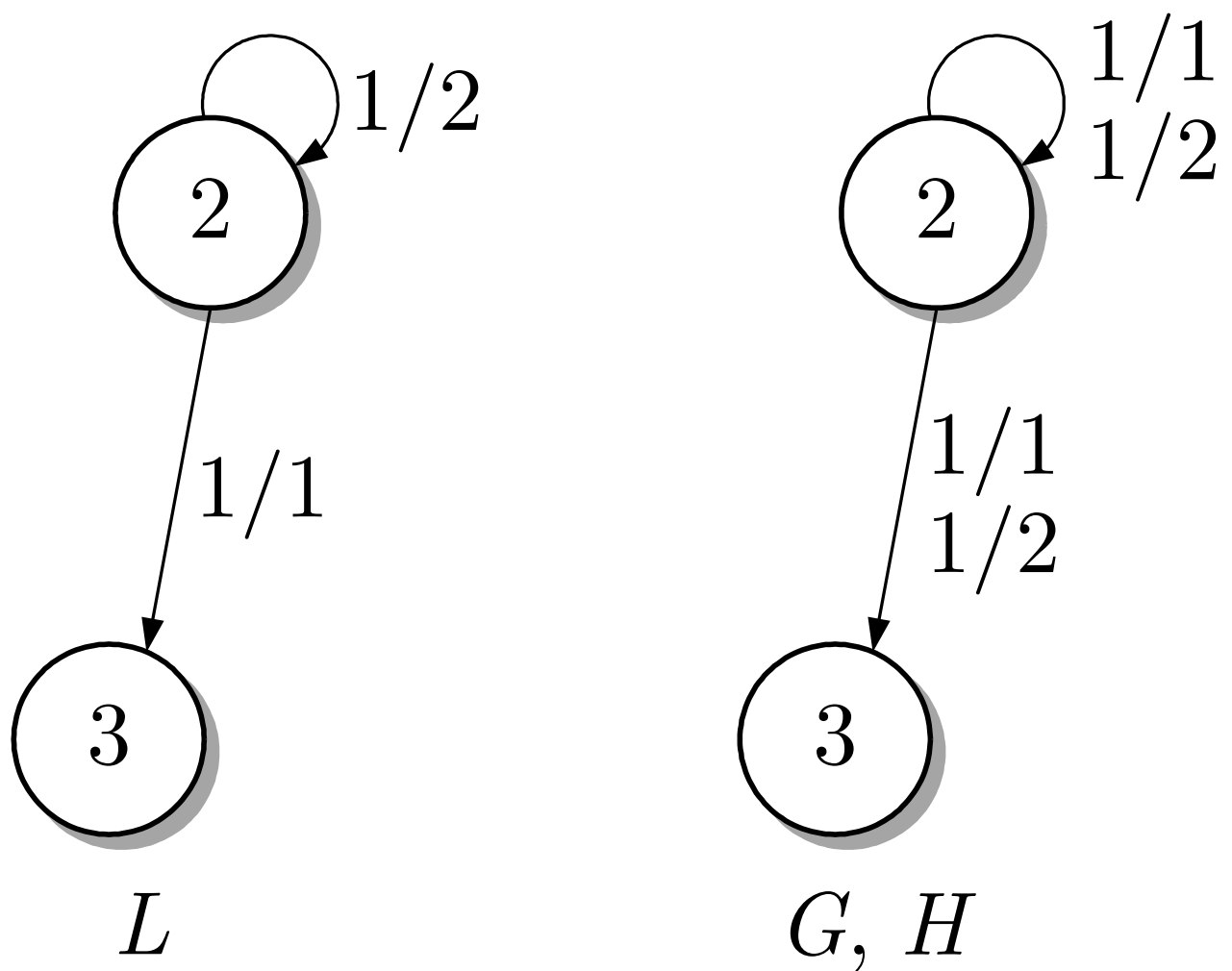


Abb. 4.27: Vergleich der Darstellungen eines nichtdeterministischen Automaten durch die Verhaltensrelation L bzw. die Funktionen G und H

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

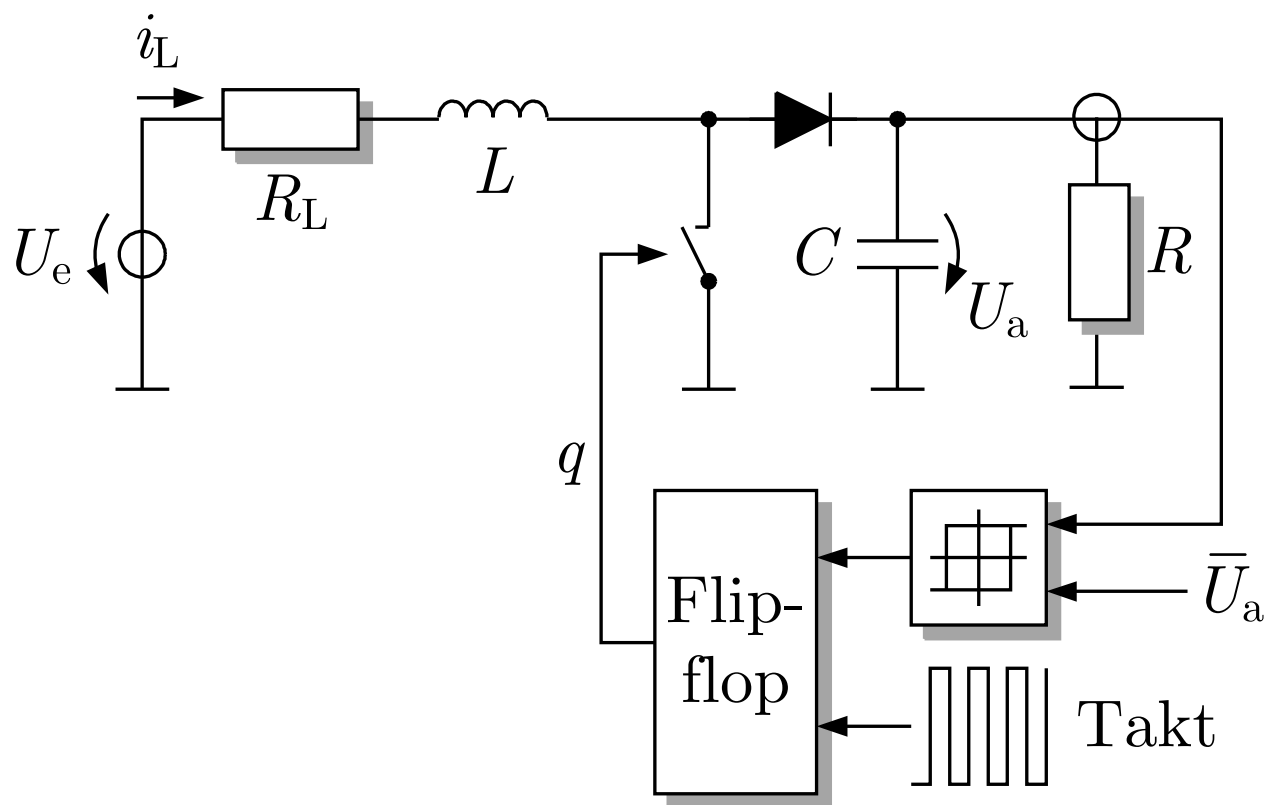


Abb. 4.28: Gleichspannungswandler

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

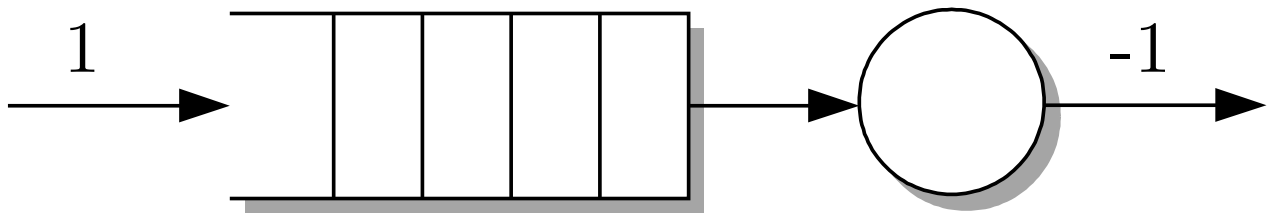


Abb. 4.29: Warteschlange mit 5 Plätzen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

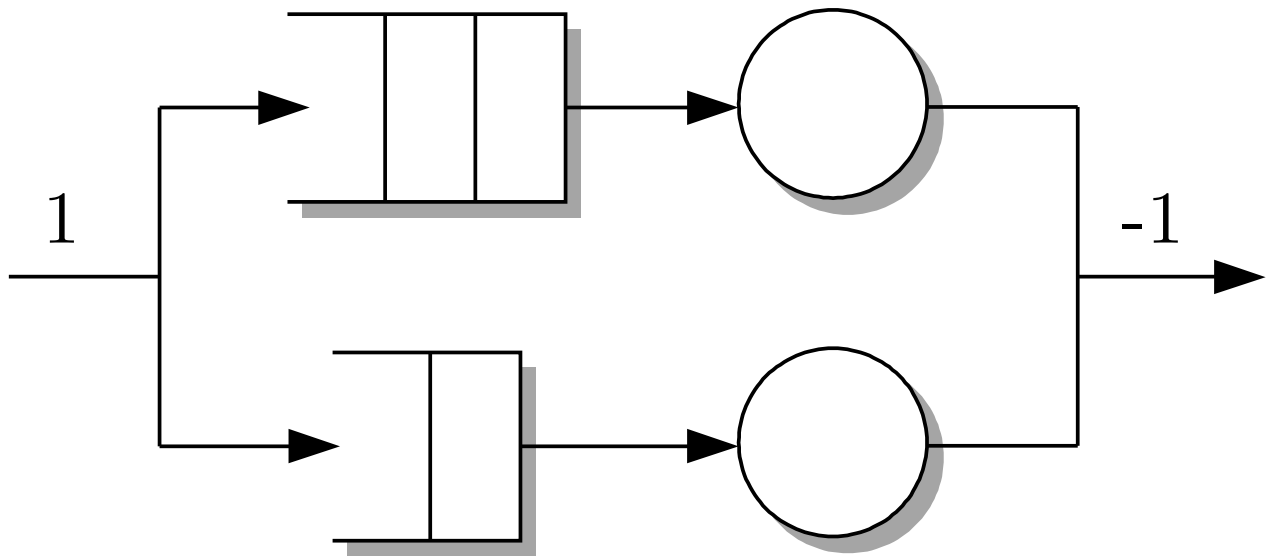
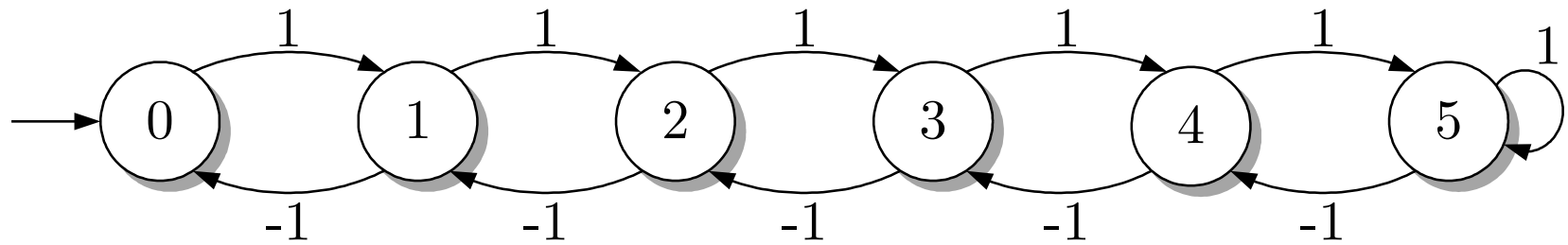


Abb. 4.29: Parallelbetrieb von zwei Maschinen mit getrennten Warteschlangen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. 4.30. Deterministischer Automat zur Beschreibung der Warteschlange aus
Abb. 4.29**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

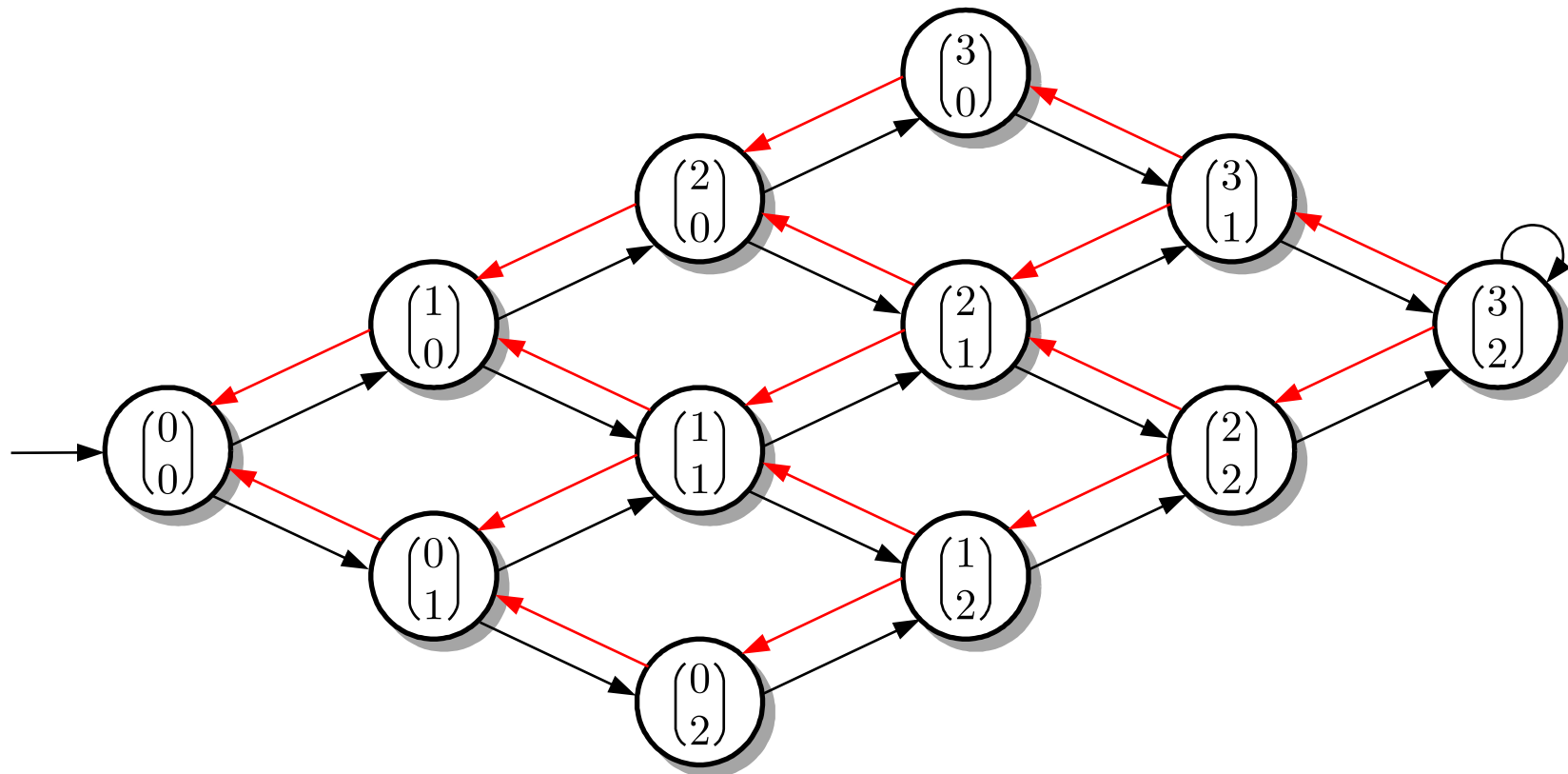


Abb. 4.31. Nichtdeterministischer Automat, der den Parallelbetrieb von zwei Maschinen beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

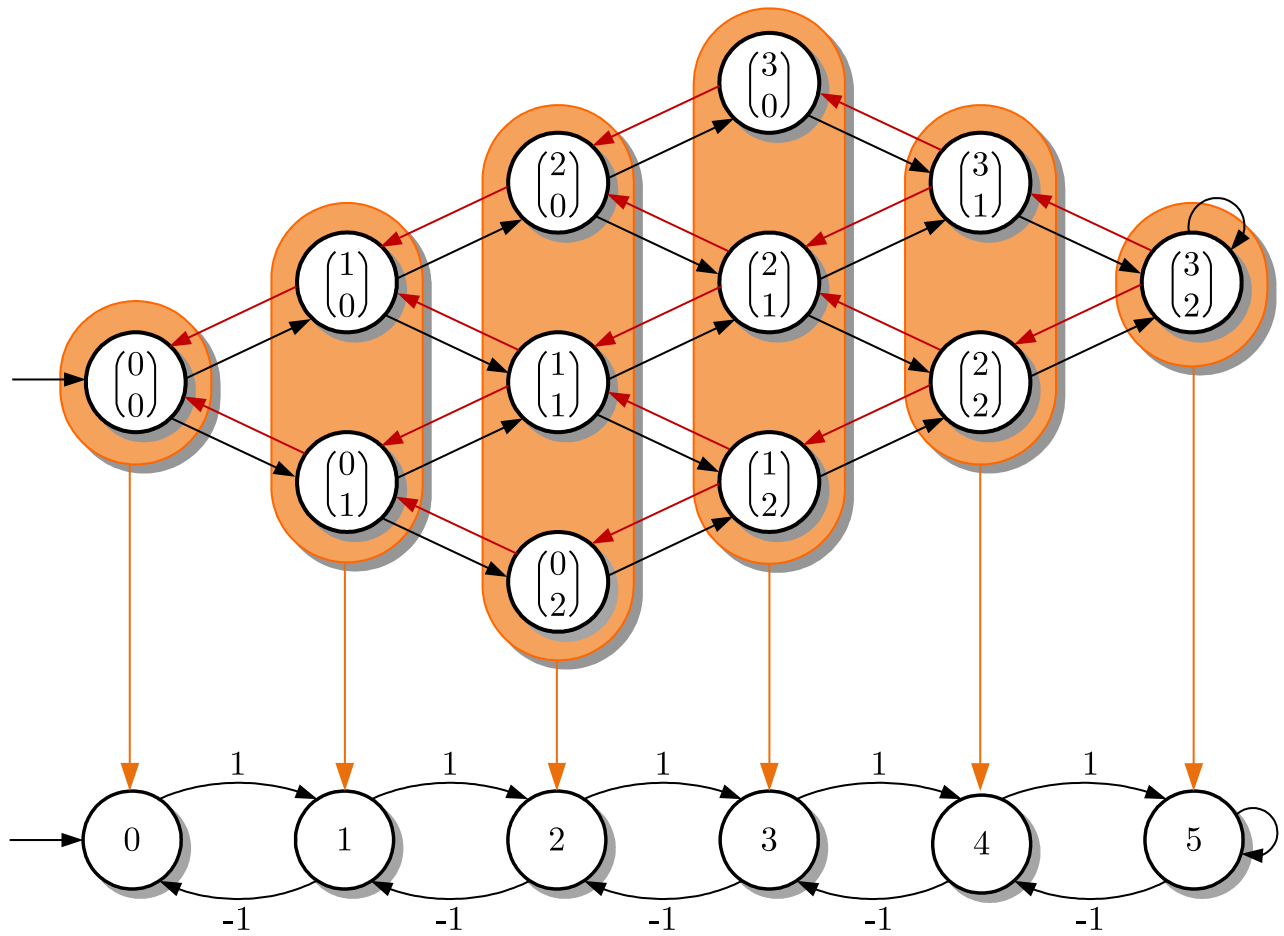


Abb. 4.32: Homomorphismus zwischen den Modellen aus Abb. 4.30 und 4.31

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

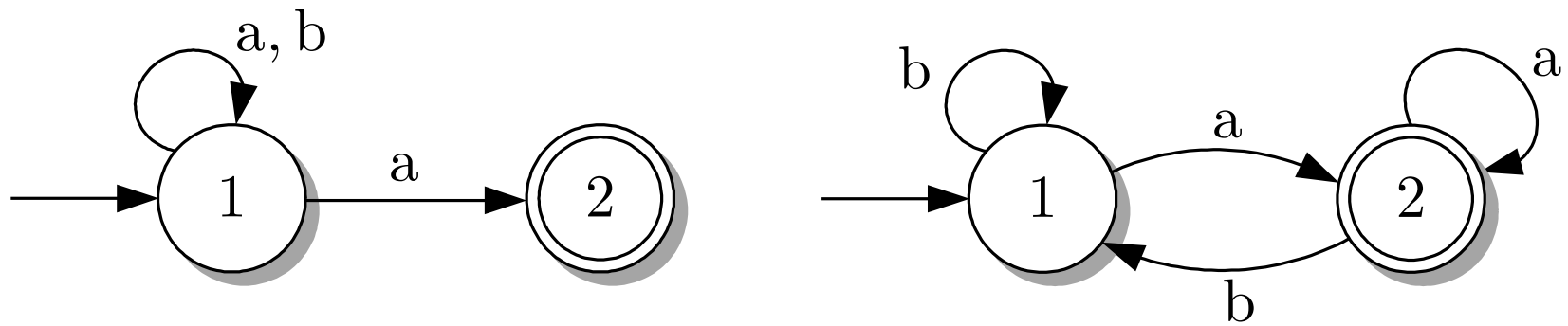


Abb. 4.33. Zwei äquivalente minimale nichtdeterministische Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

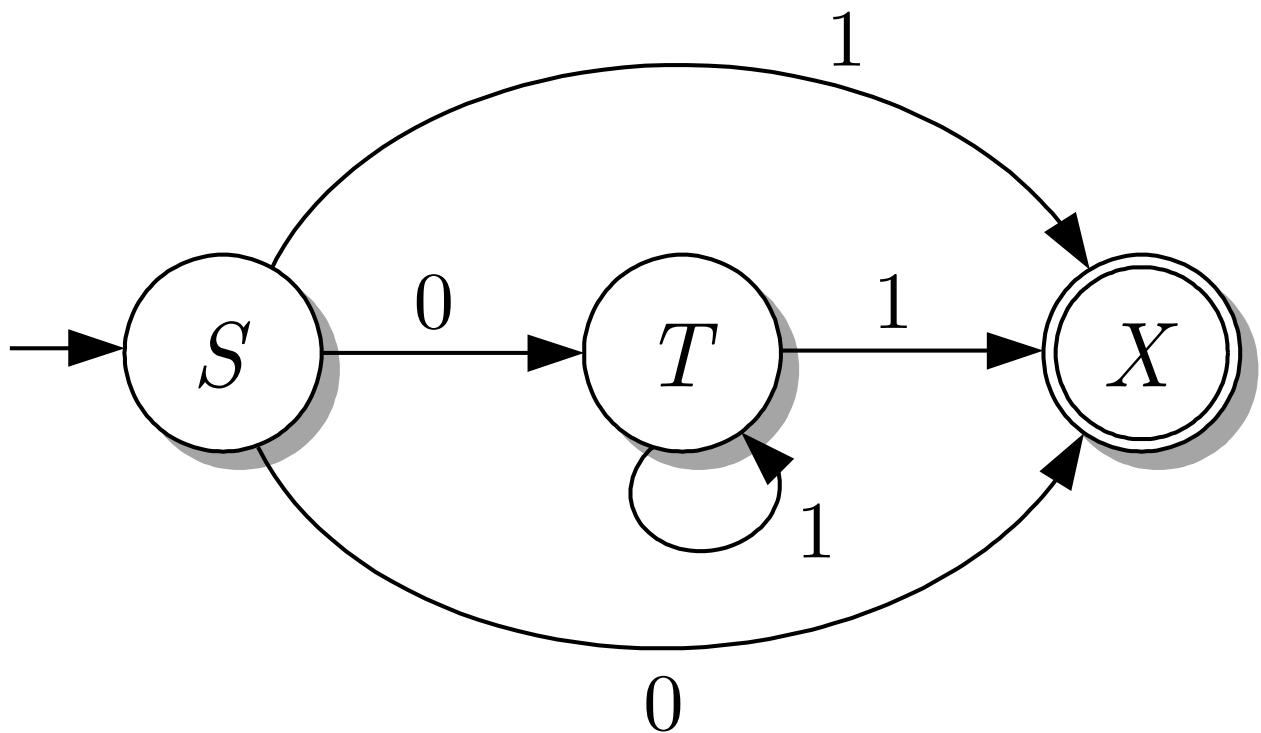


Abb. 4.34: Akzeptor der durch die Grammatik aus Beispiel 4.14 beschriebenen regulären Sprache

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

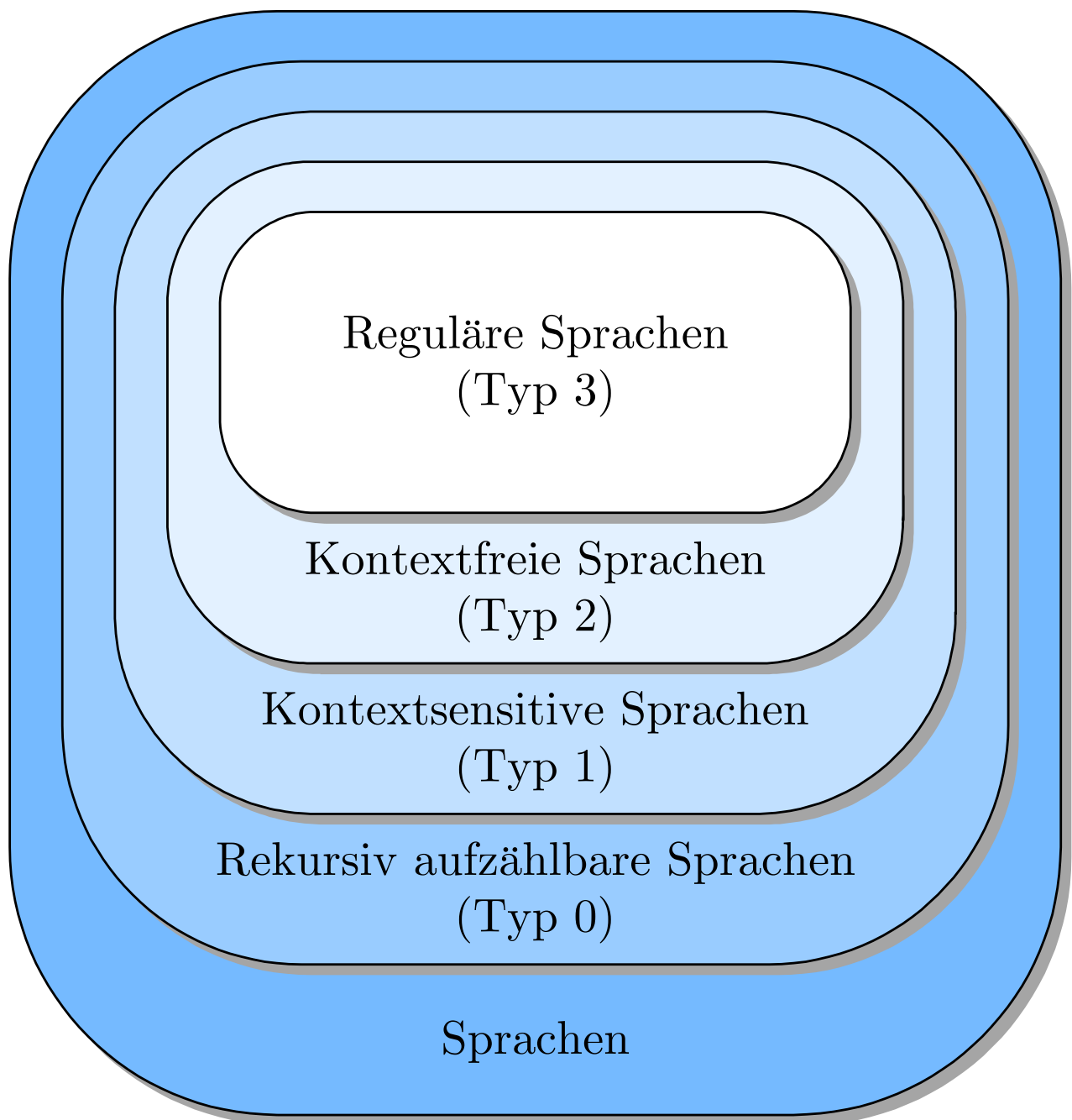


Abb. 4.35: Chomsky-Hierarchie formaler Sprachen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

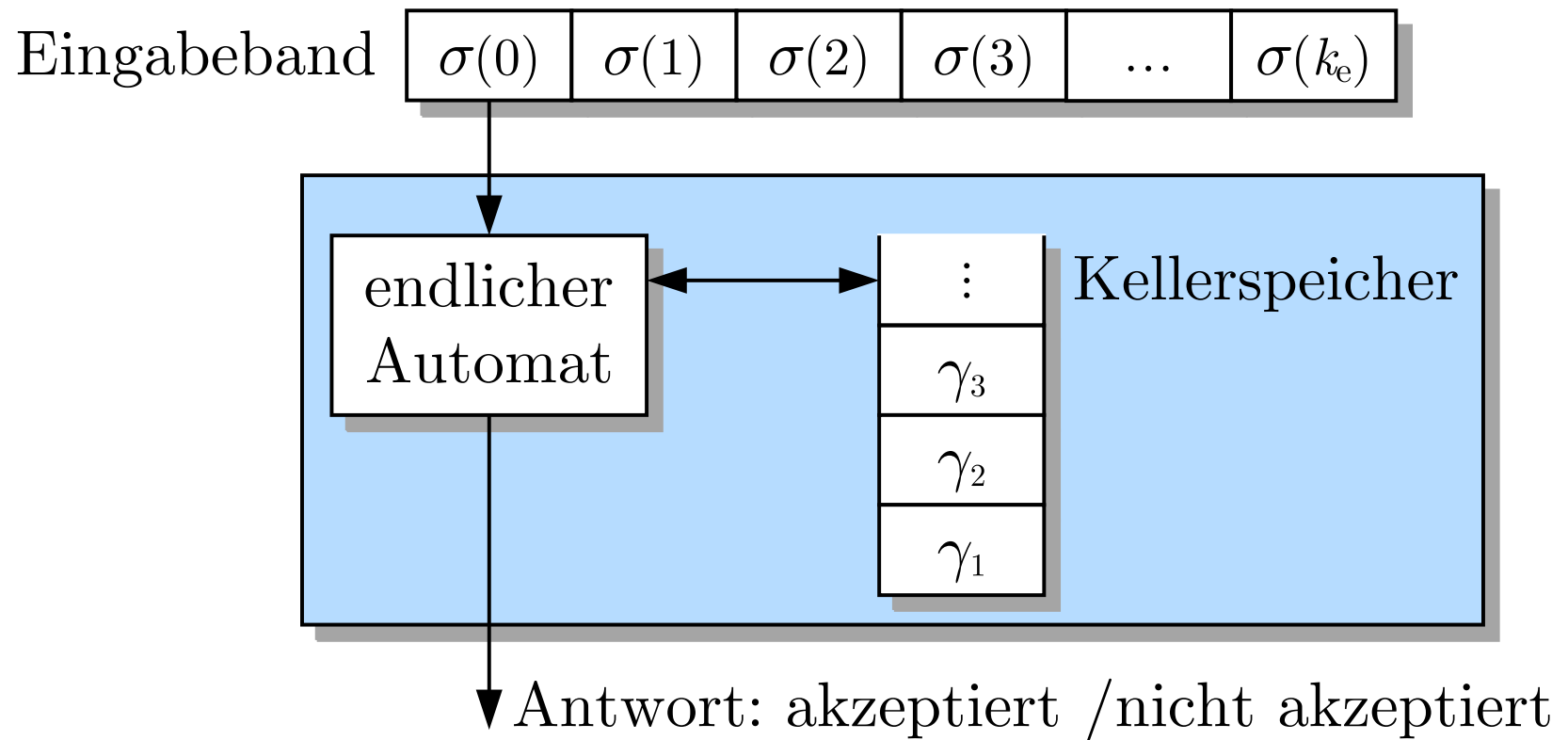


Abb. 4.36. Kellerautomat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

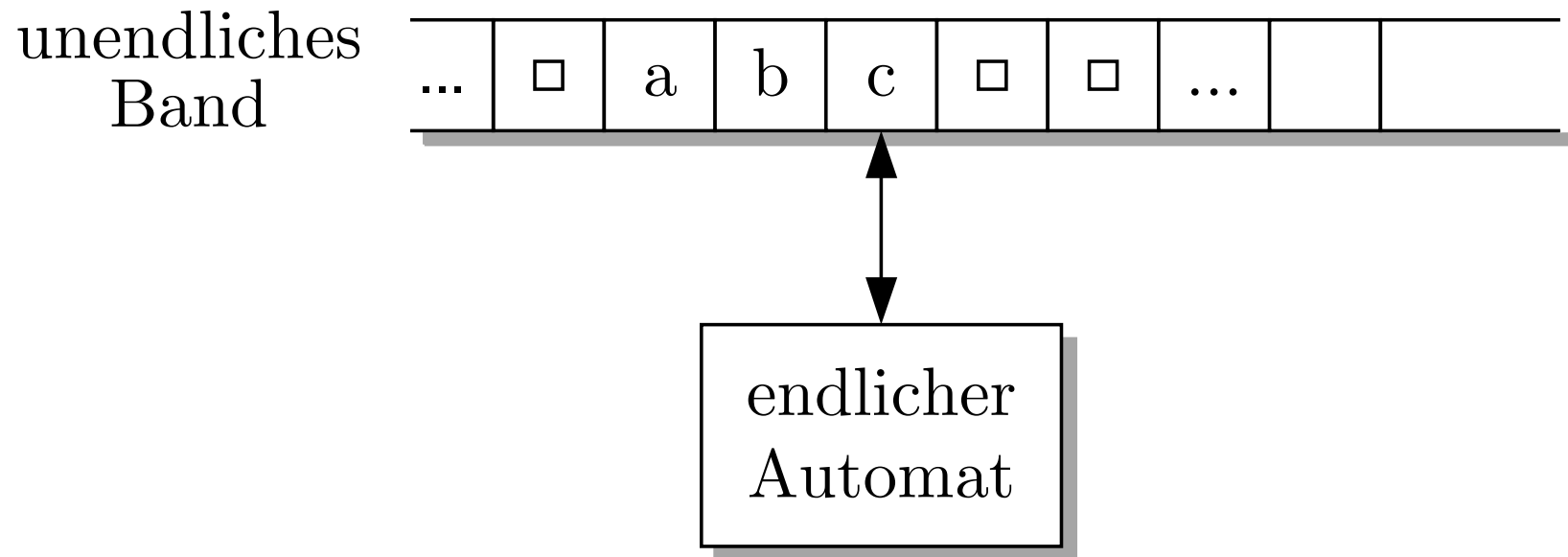


Abb. 4.37. Turingmaschine

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

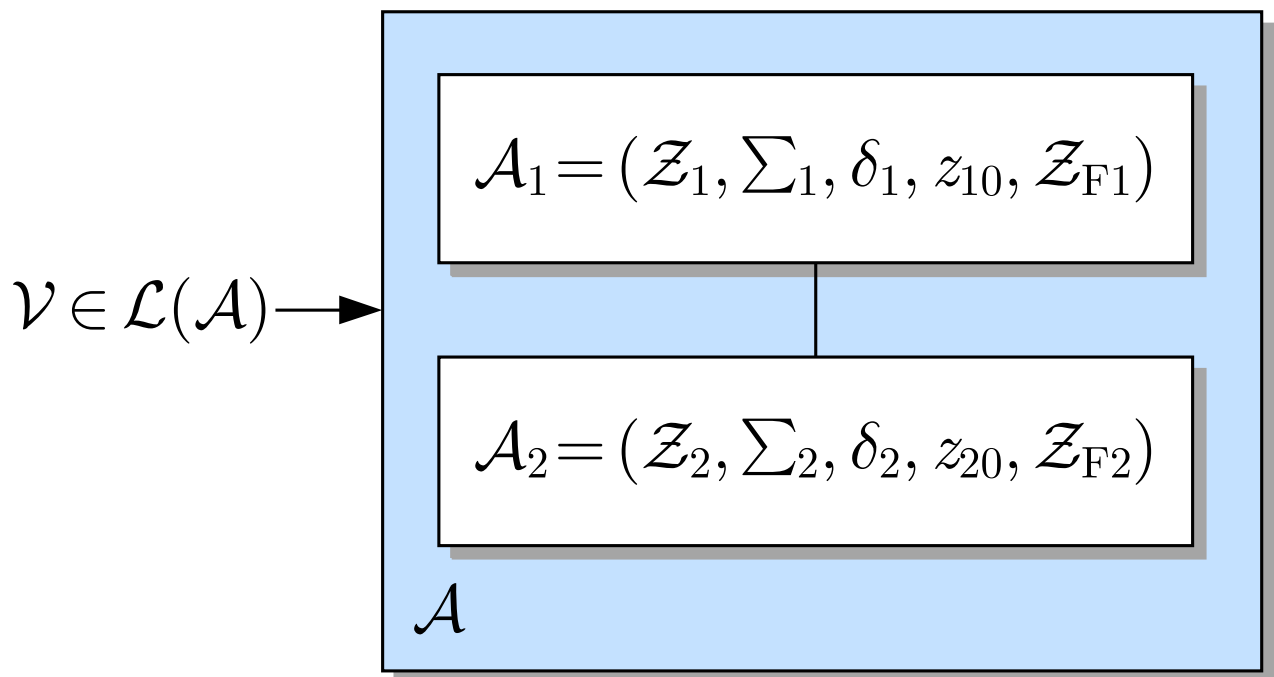


Abb. 5.1: Zusammenschaltung zweier Σ -Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

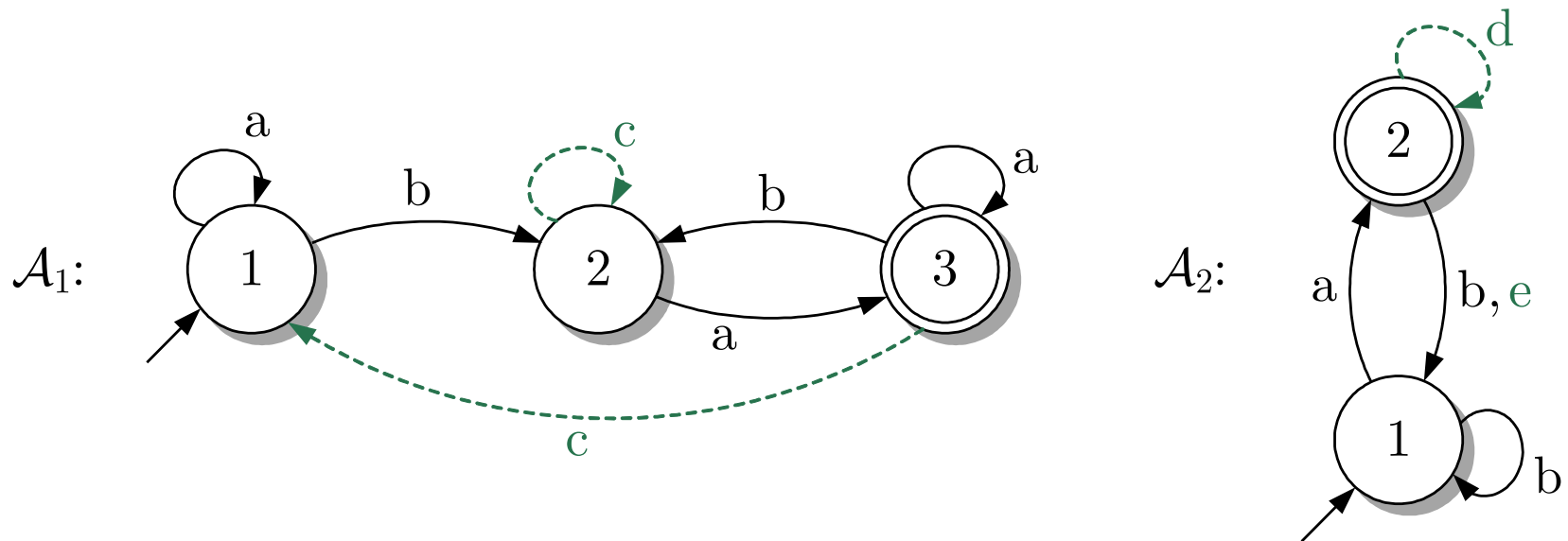


Abb. 5.2. Zwei Σ -Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

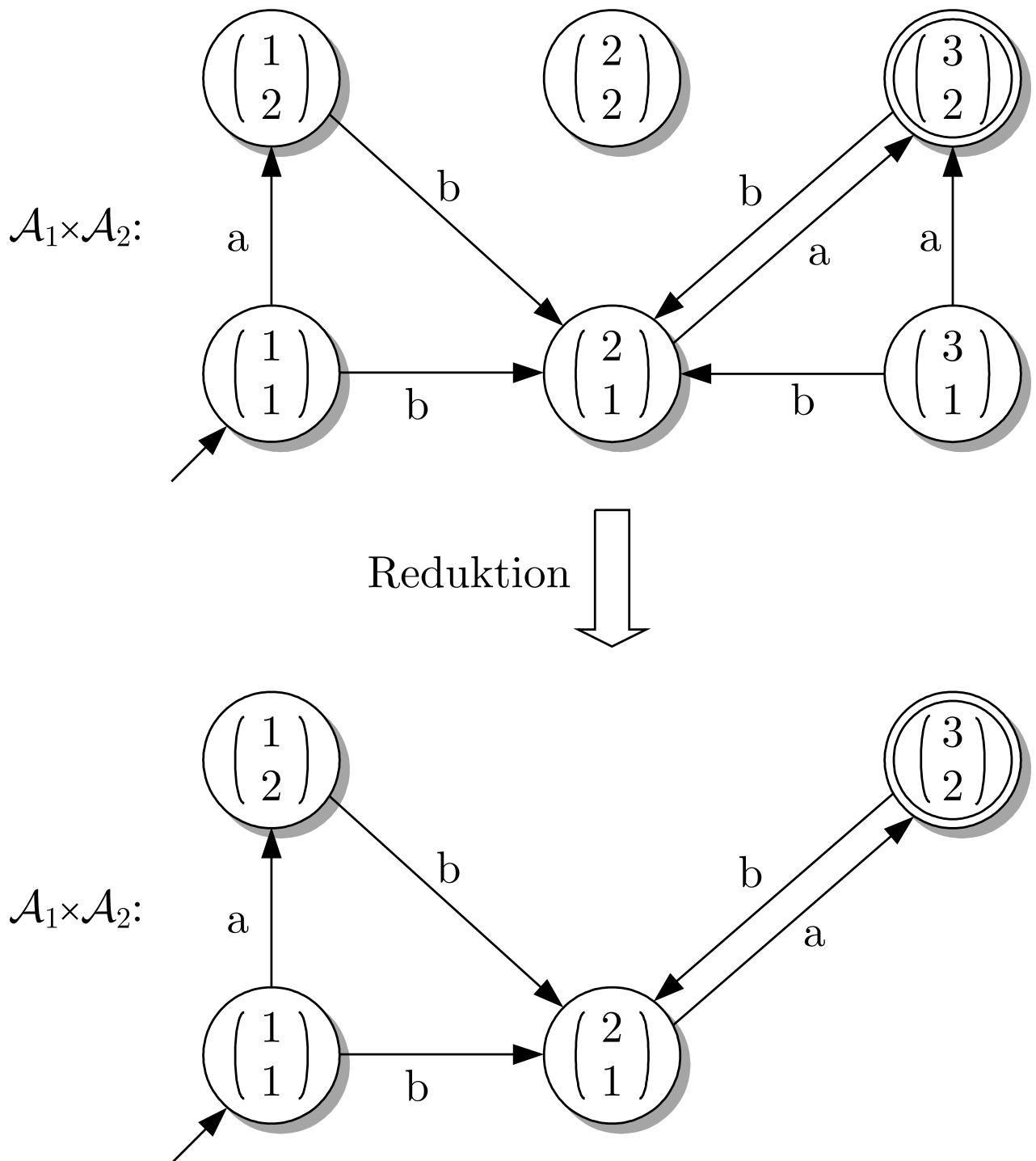


Abb. 5.3: Produkt der Σ -Automaten aus Abb. 5.2

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

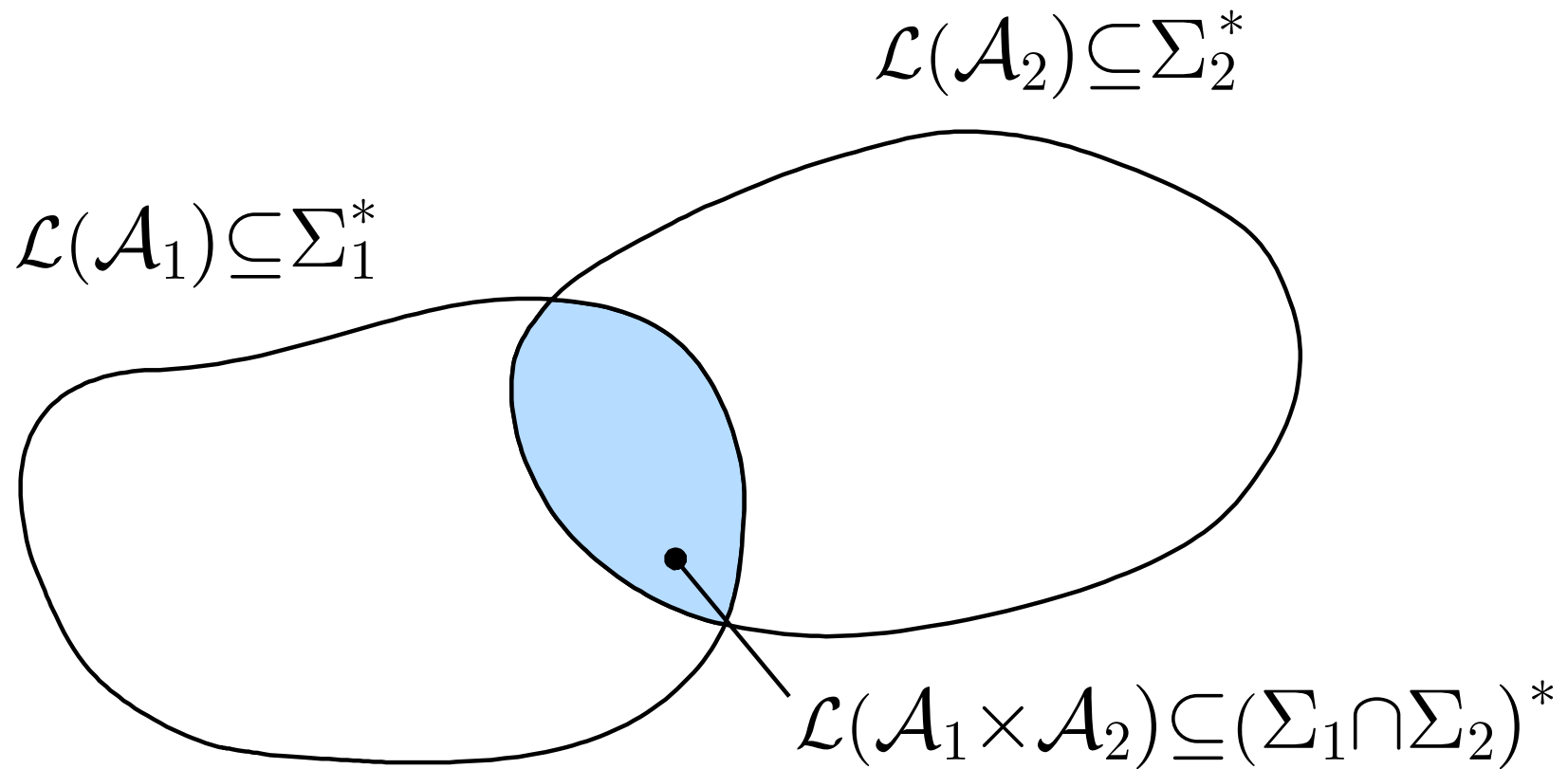


Abb. 5.4. Sprache des Produktautomaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

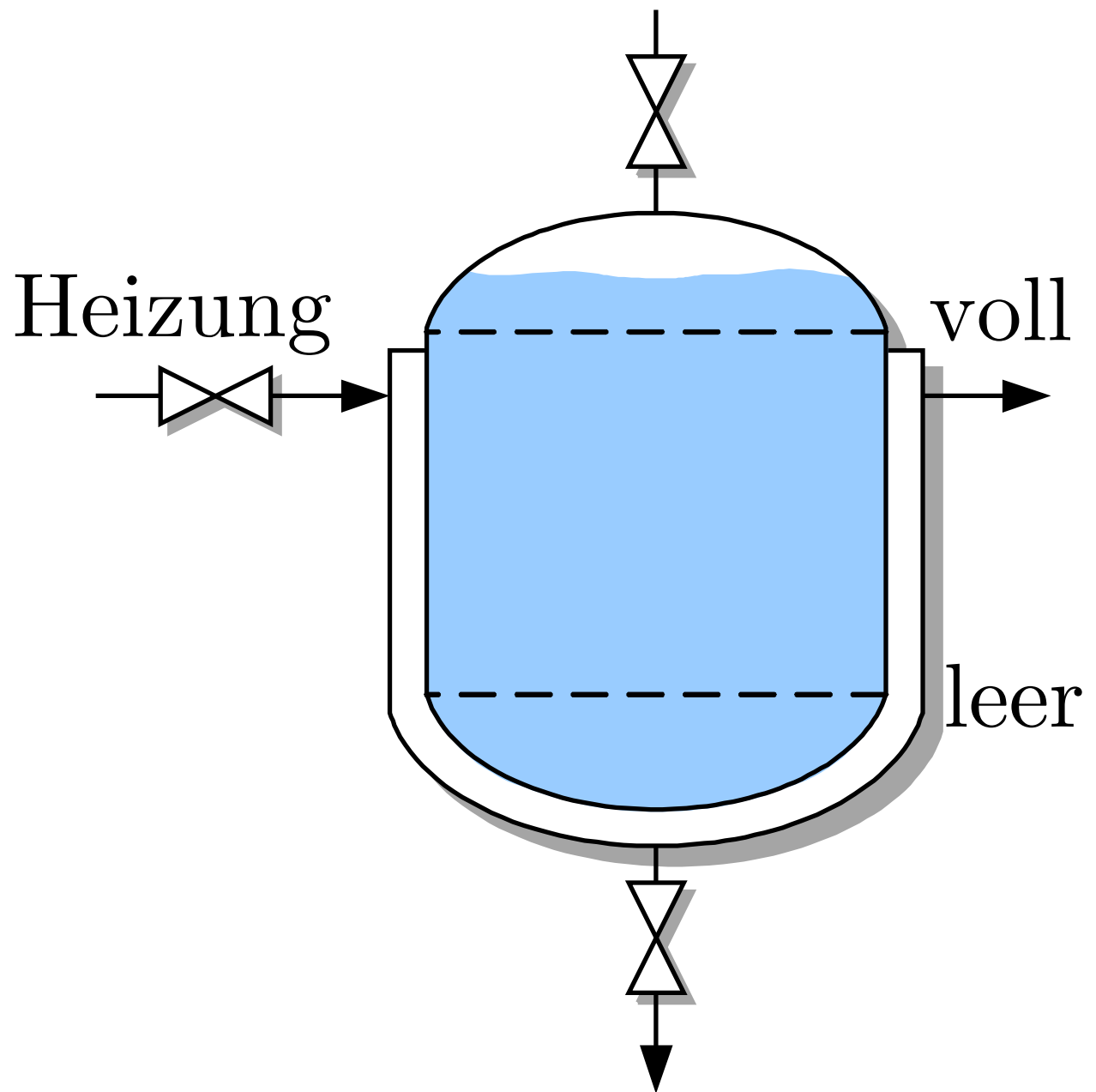


Abb. 5.5: Reaktor

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

Modell des
Batchprozesses
 \mathcal{A}

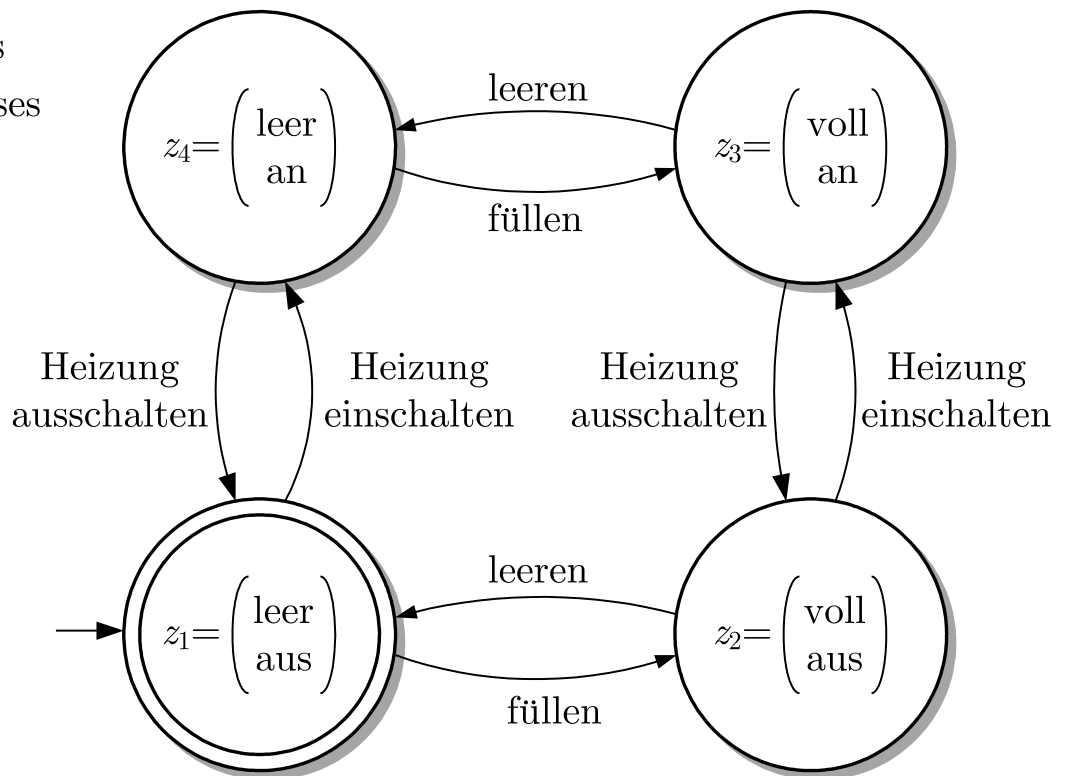


Abb. 5.6: Darstellung des Reaktorverhaltens durch einen deterministischen Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

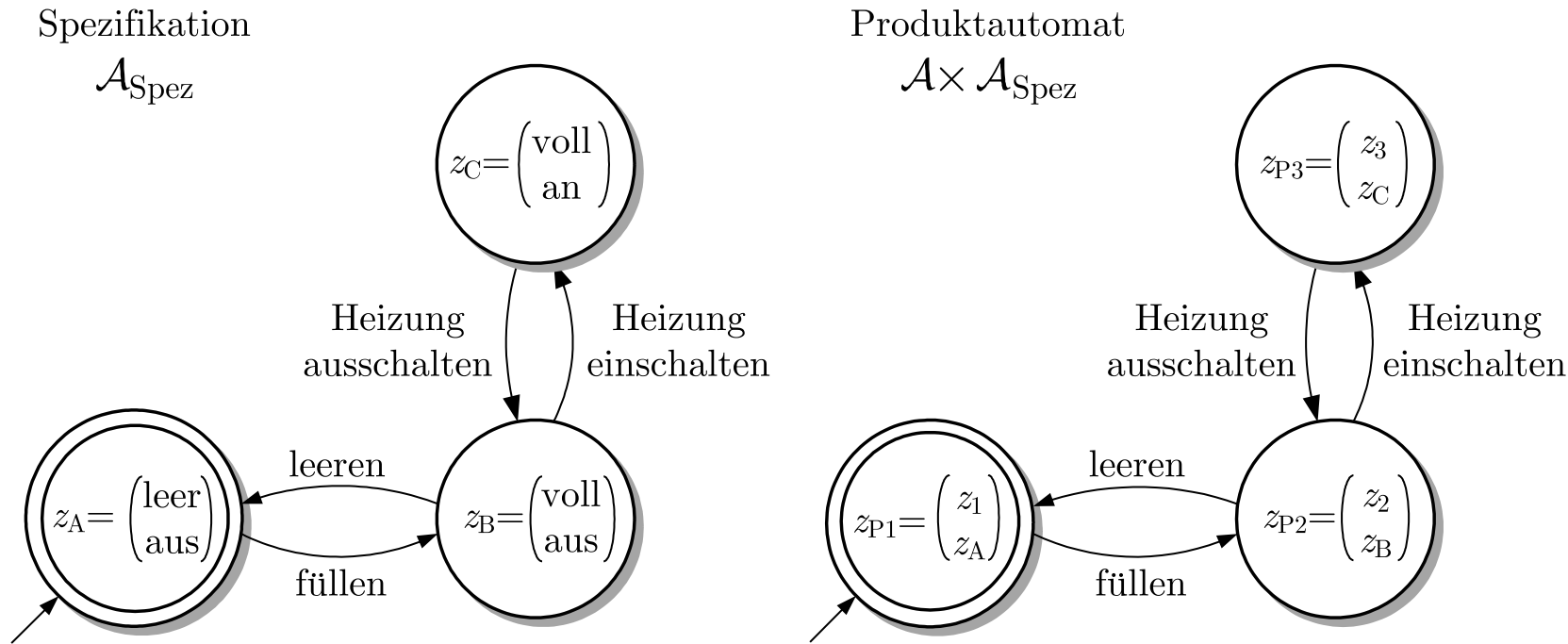


Abb. 5.7. Spezifikationsautomat (links) und Produktautomat (rechts) für die Sicherheitsüberwachung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

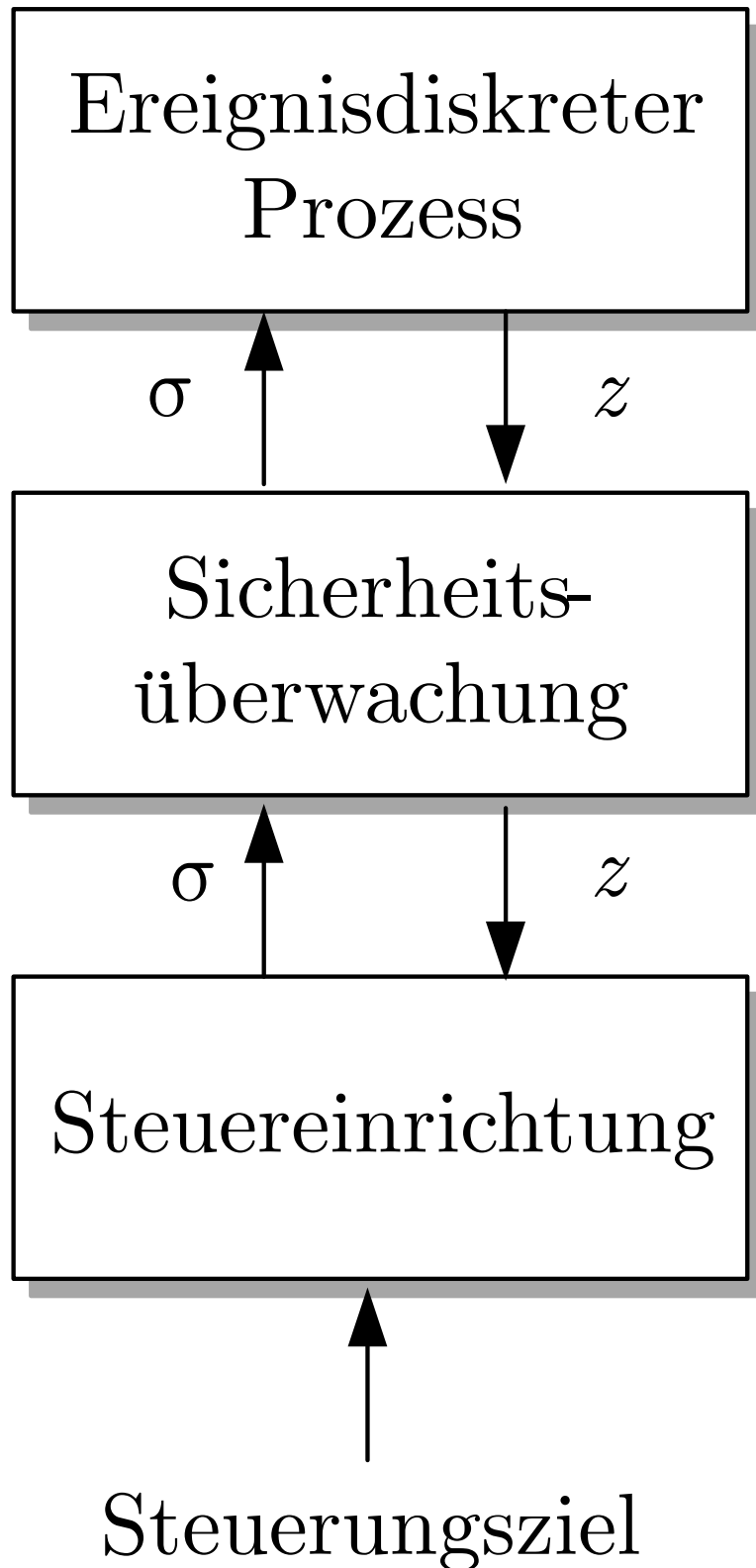


Abb. 5.8. Batchprozess mit Sicherheitsüberwachung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

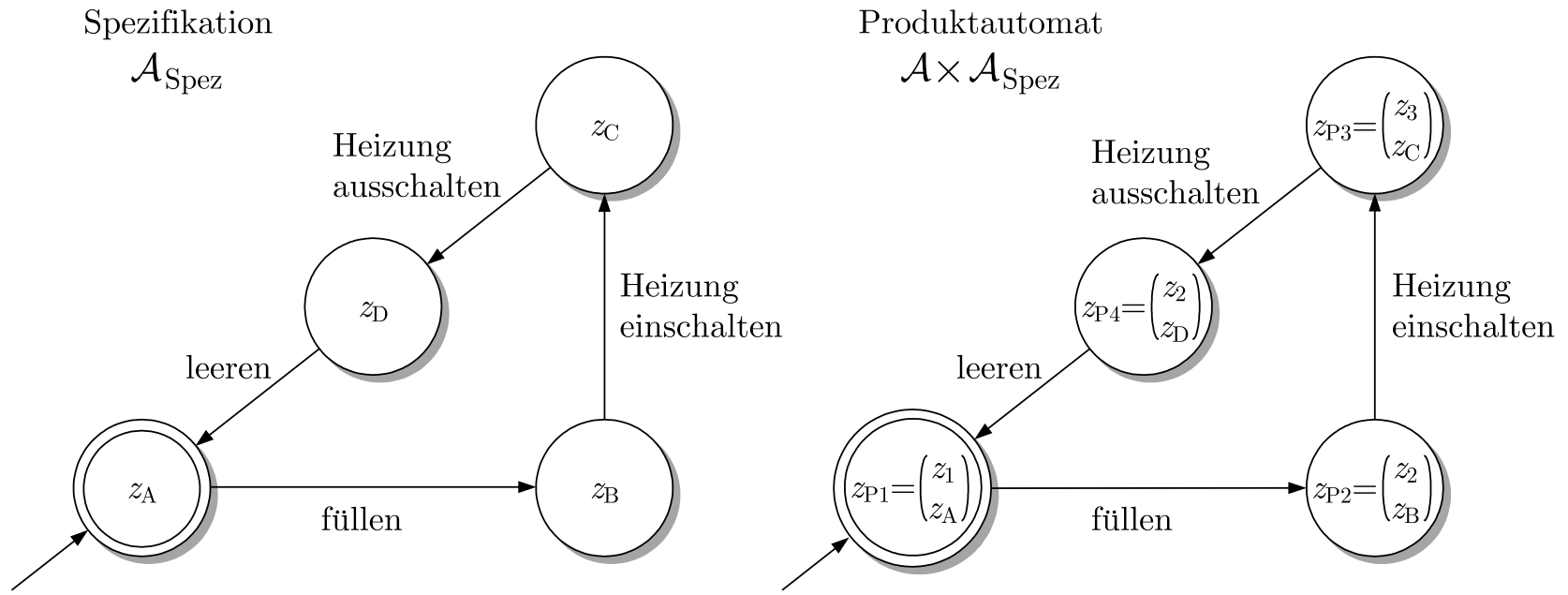


Abb. 5.9. Spezifikationsautomat (links) und Produktautomat (rechts) für die Steuerung des Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

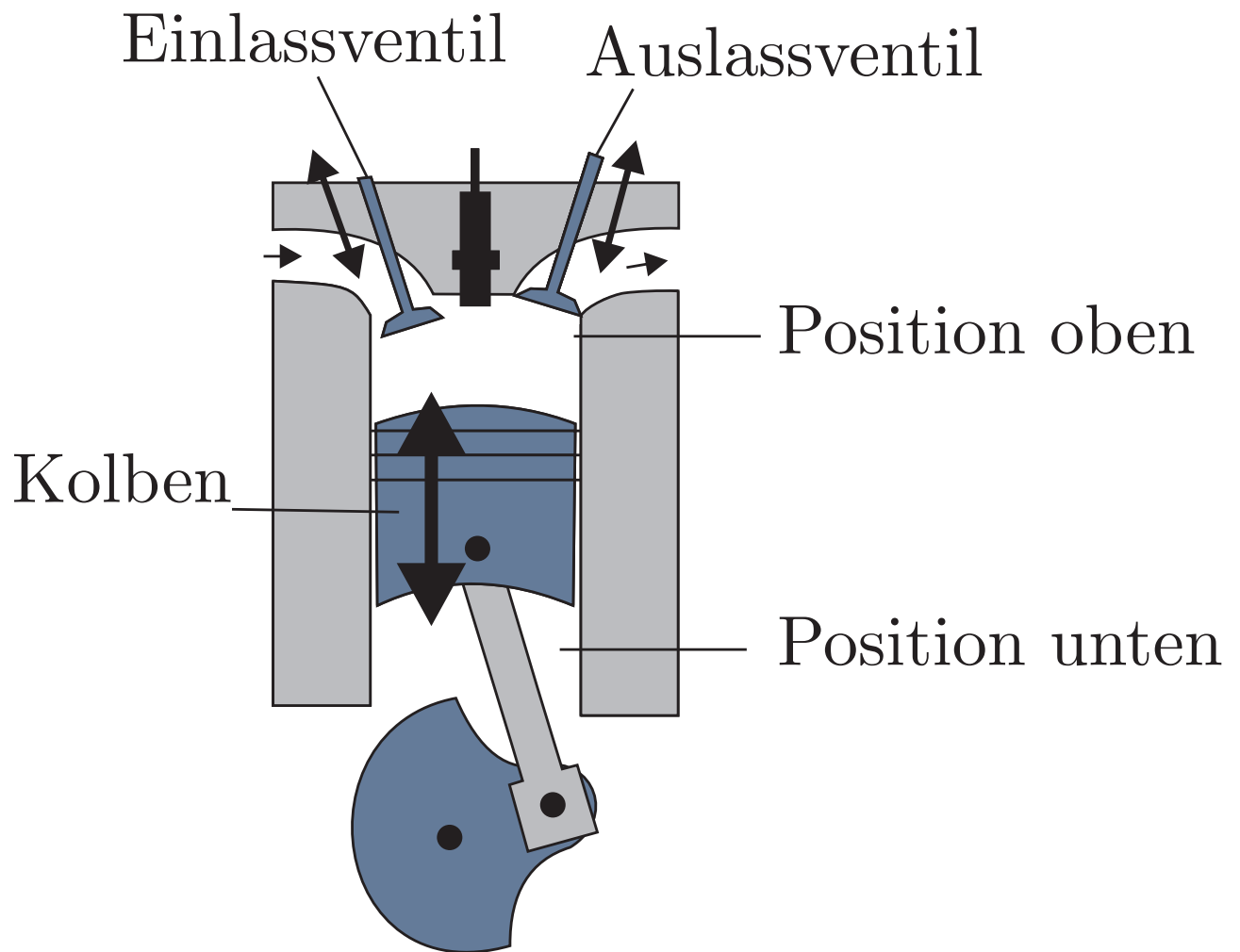


Abb. 5.10: Querschnitt durch einen Viertakt-Motor

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

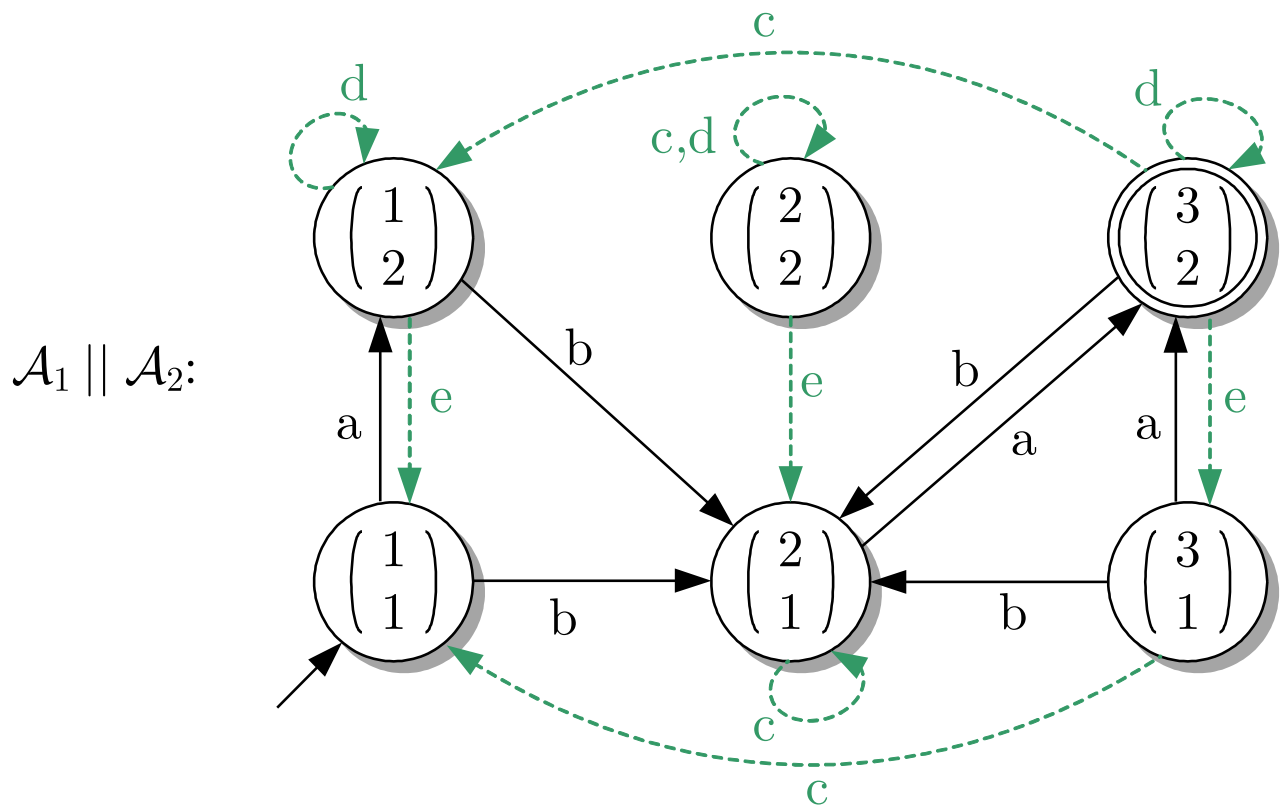


Abb. 5.11: Parallele Komposition der Σ -Automaten aus Abb. 5.2

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

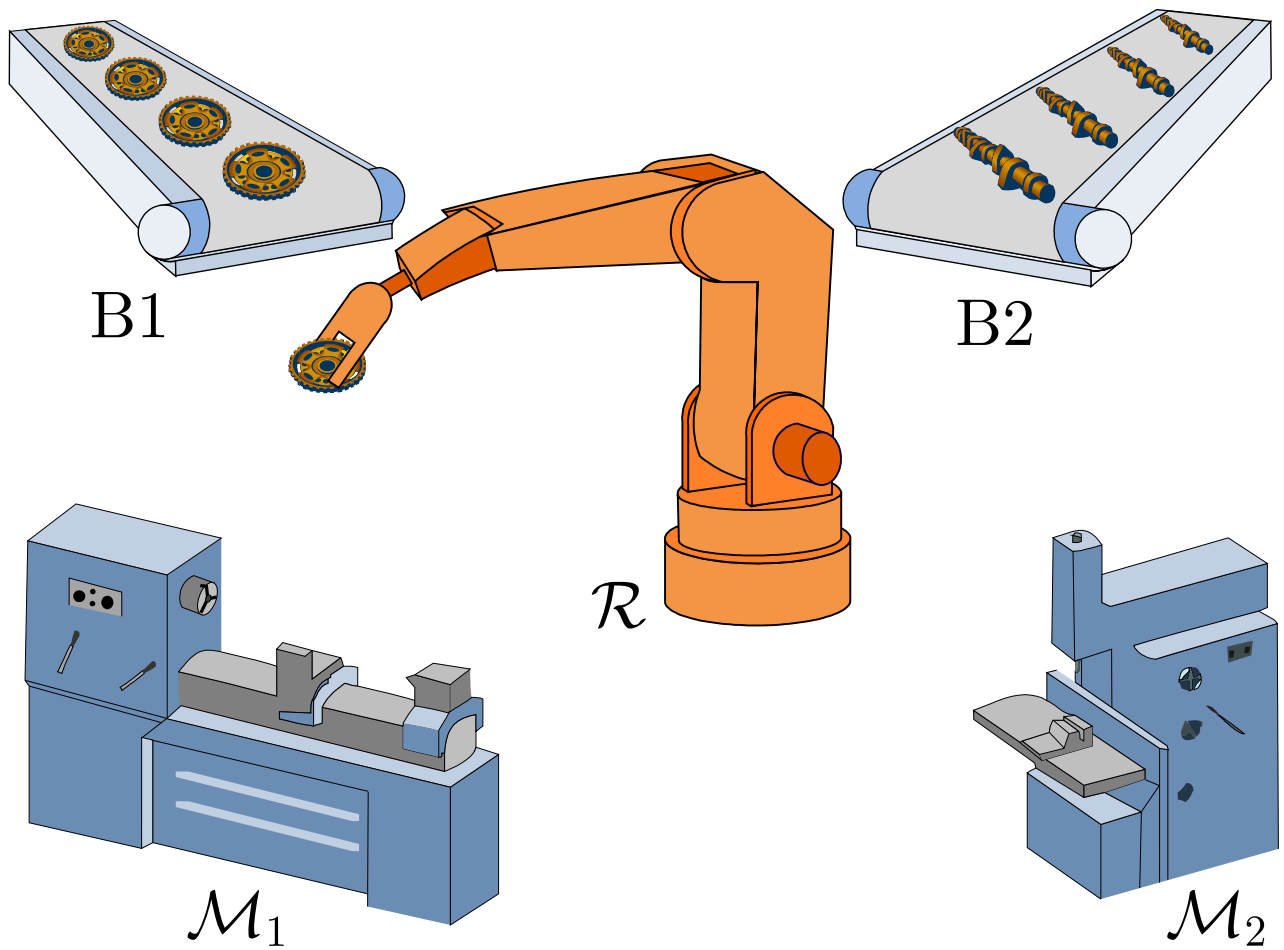


Abb. 5.12: Fertigungszelle mit zwei Bändern, zwei Maschinen und einem Roboter

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

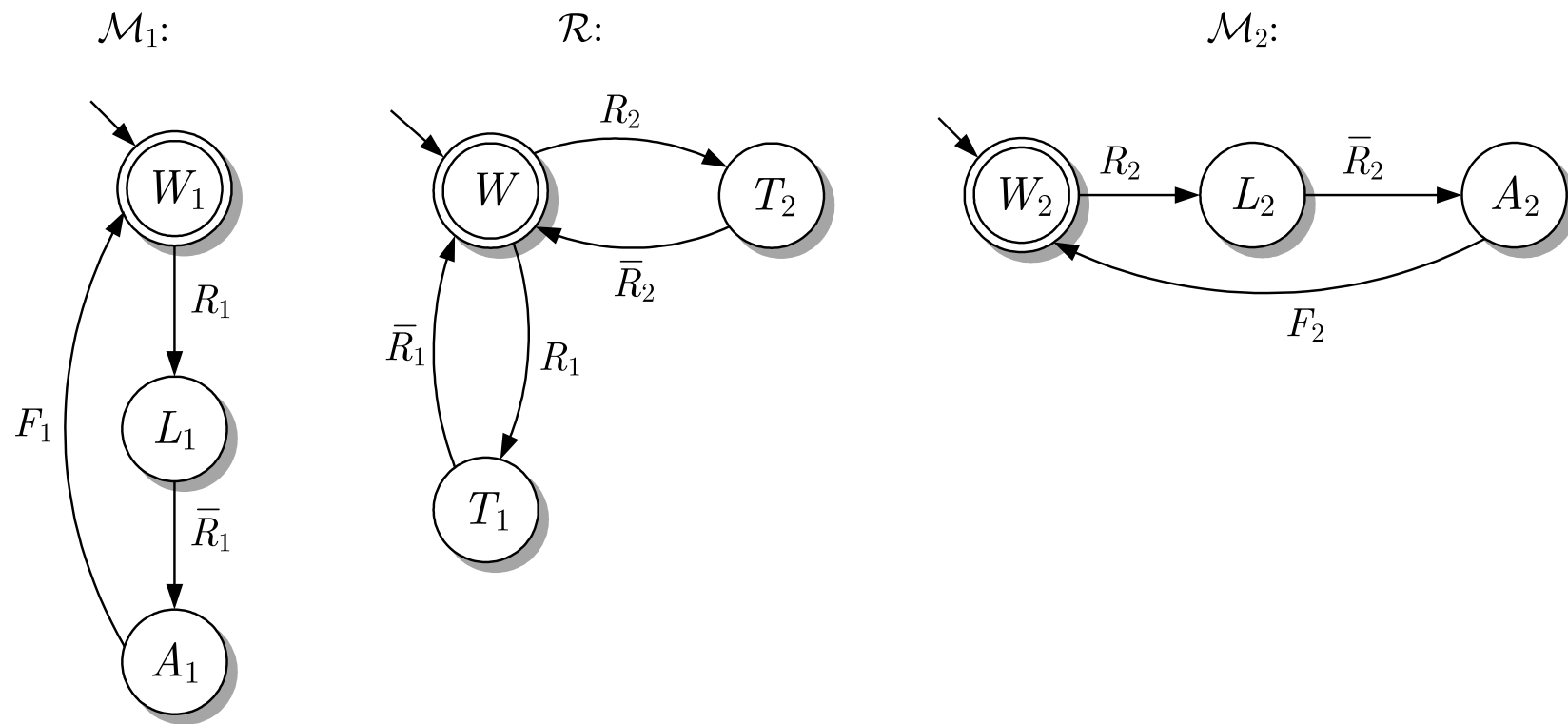


Abb. 5.13. Beschreibung der Maschinen und des Roboters durch deterministische Σ -Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

$\mathcal{M}_1 || \mathcal{R}$:

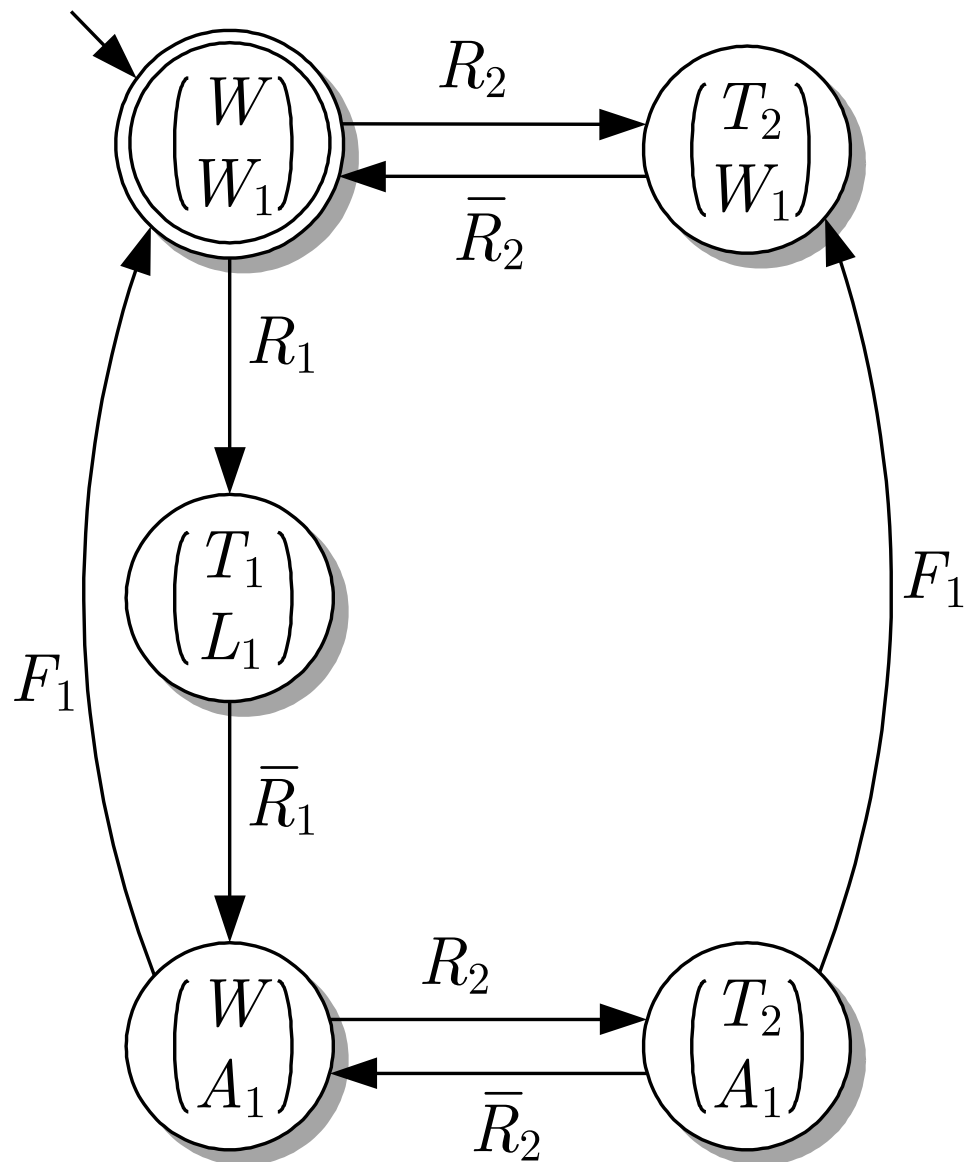


Abb. 5.14: Parallele Komposition der Automaten \mathcal{M}_1 und \mathcal{R}

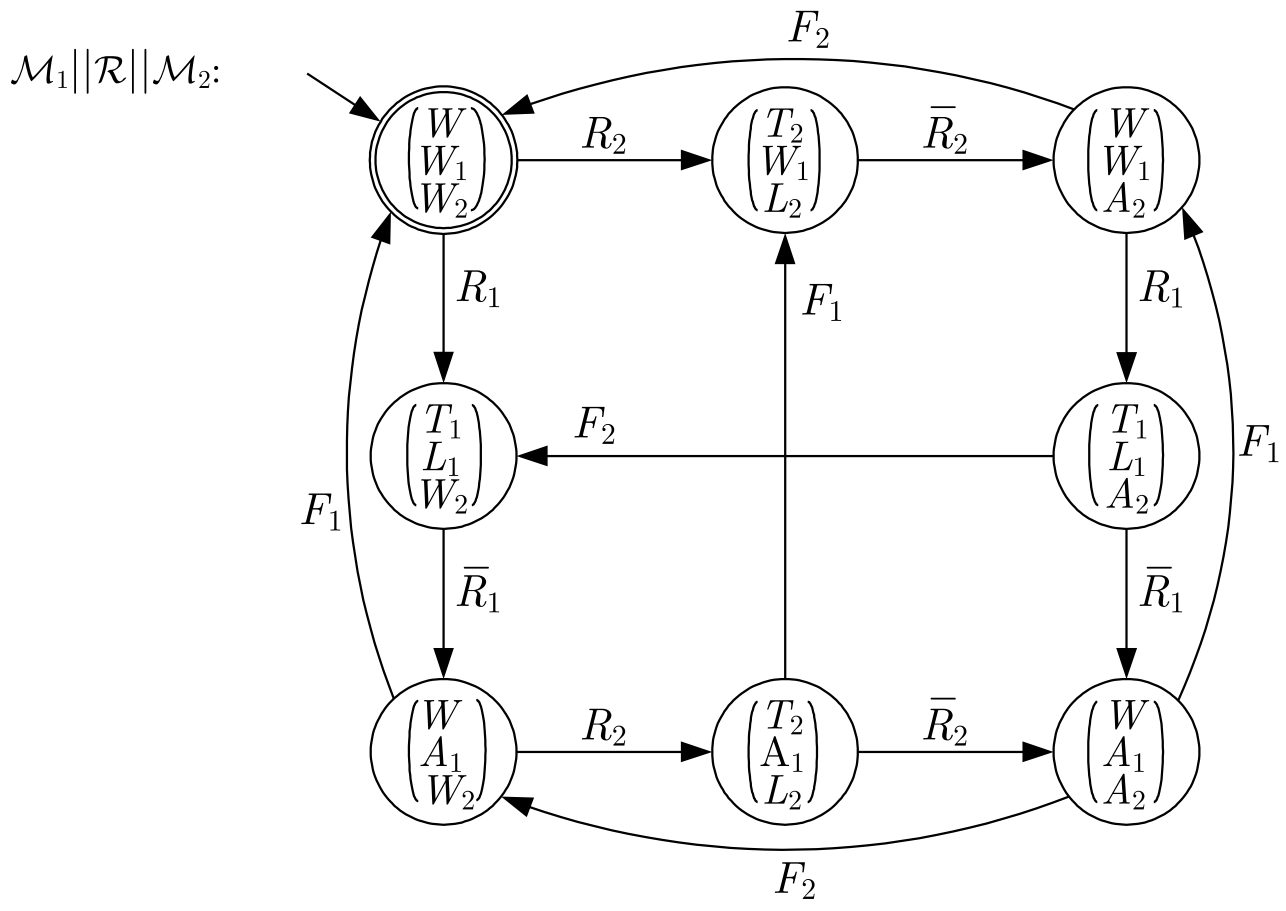


Abb. 5.15: Parallele Komposition der Automaten, die beide Maschinen und den Roboter beschreiben

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

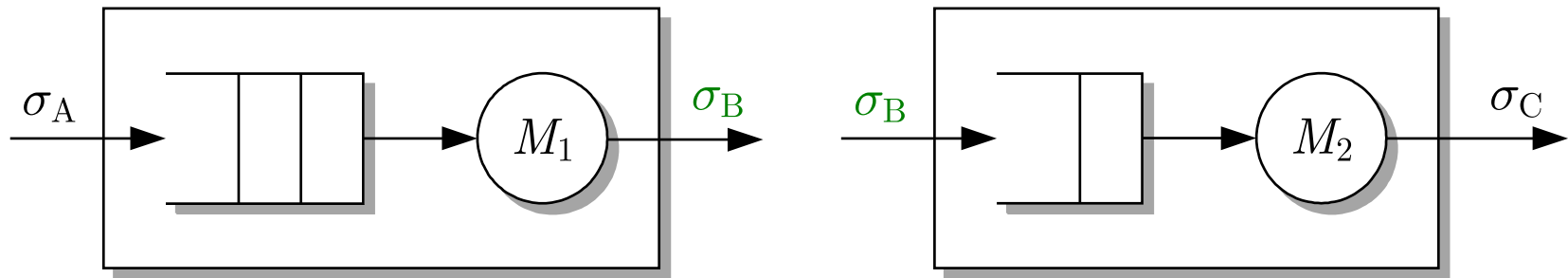


Abb. 5.16. Zwei Werkzeugmaschinen mit Warteschlangen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

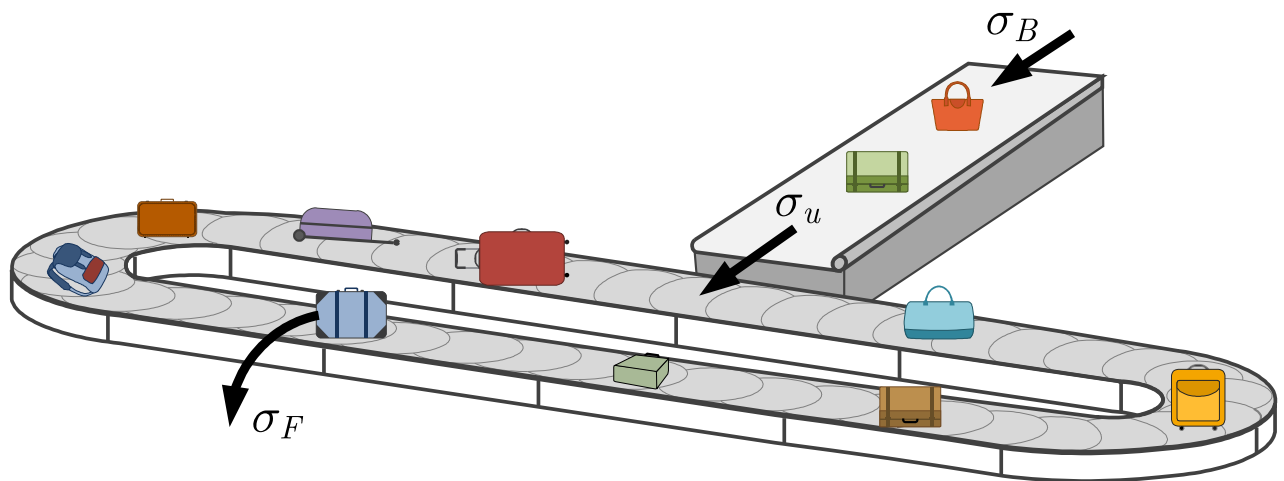


Abb. 5.17: Kofferrückgabebänder

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

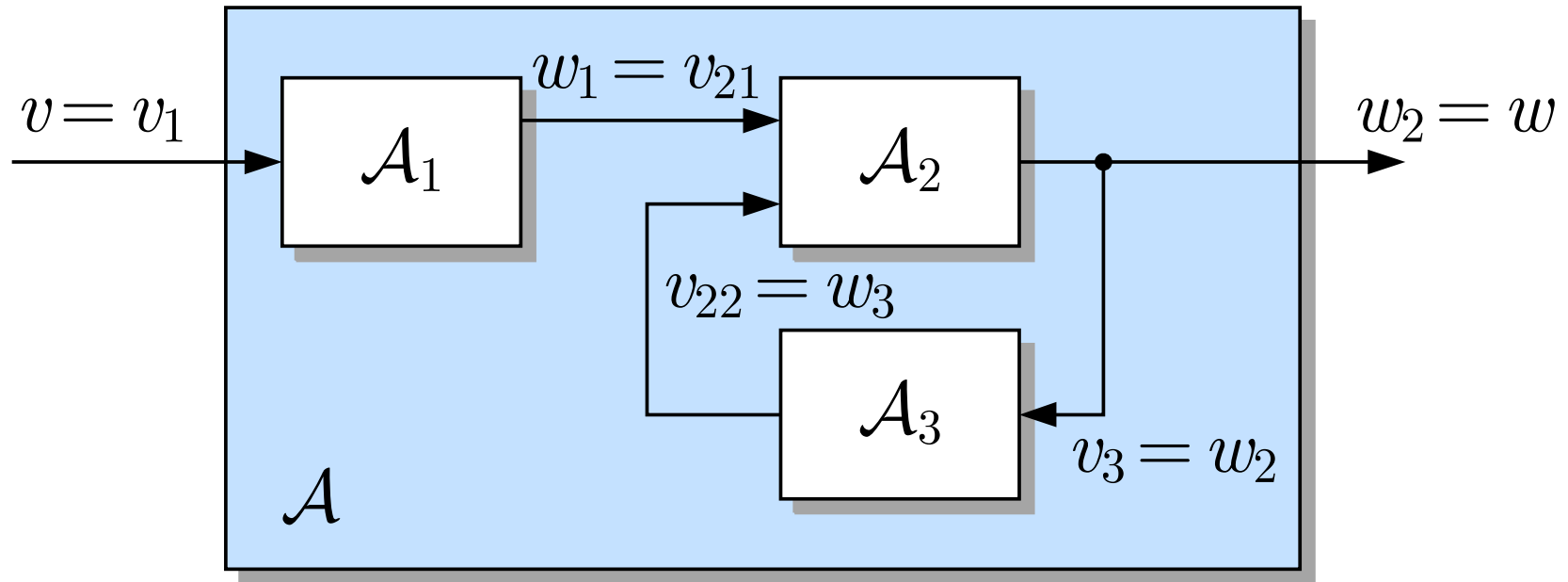


Abb. 5.18. Zusammenschaltung von E/A-Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

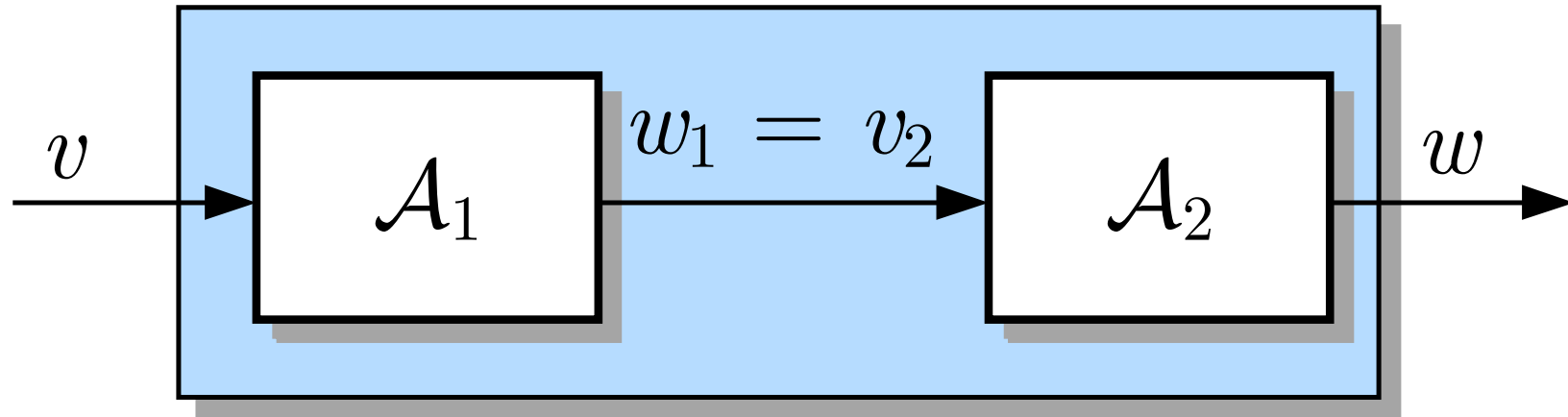


Abb. 5.19. Reihenschaltung zweier Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

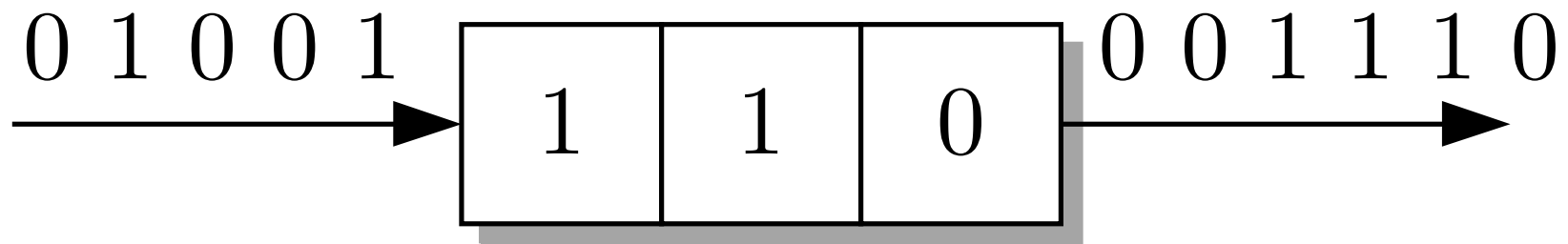


Abb. 5.20. Schieberegister mit drei Speichern

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

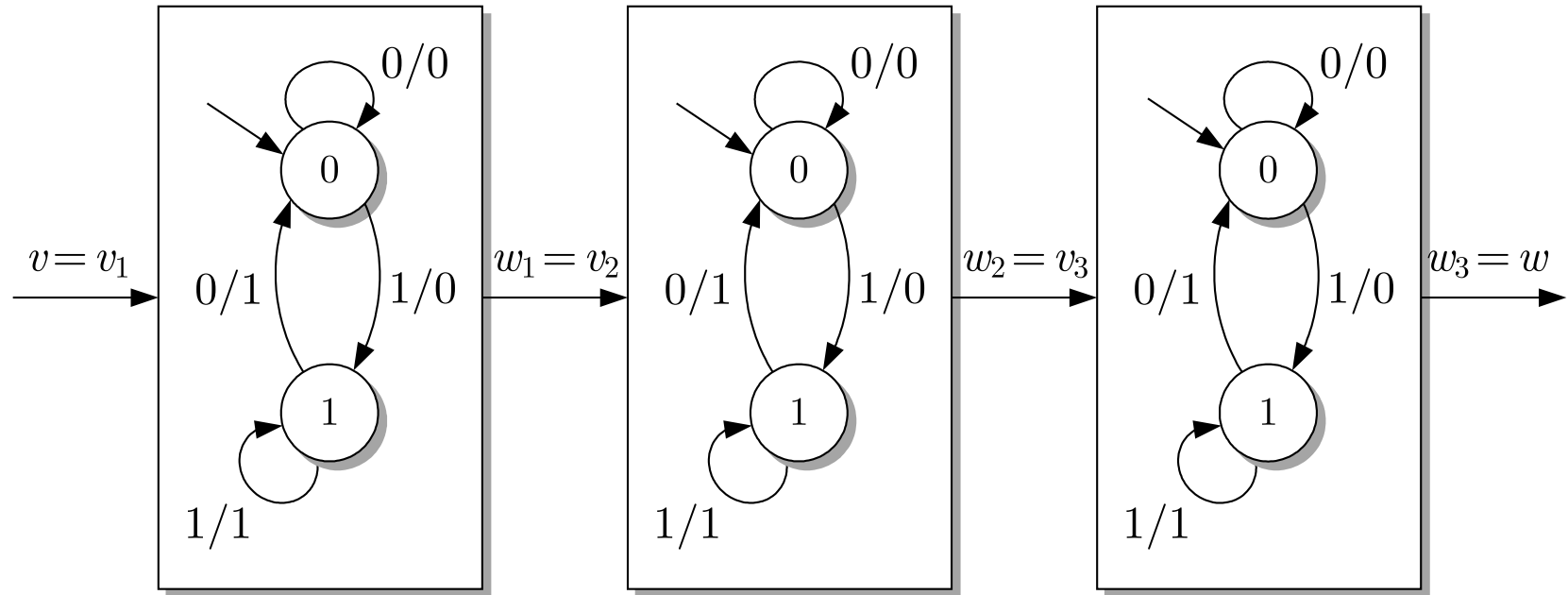


Abb. 5.21. Darstellung des Schieberegisters als Reihenschaltung dreier E/A-Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

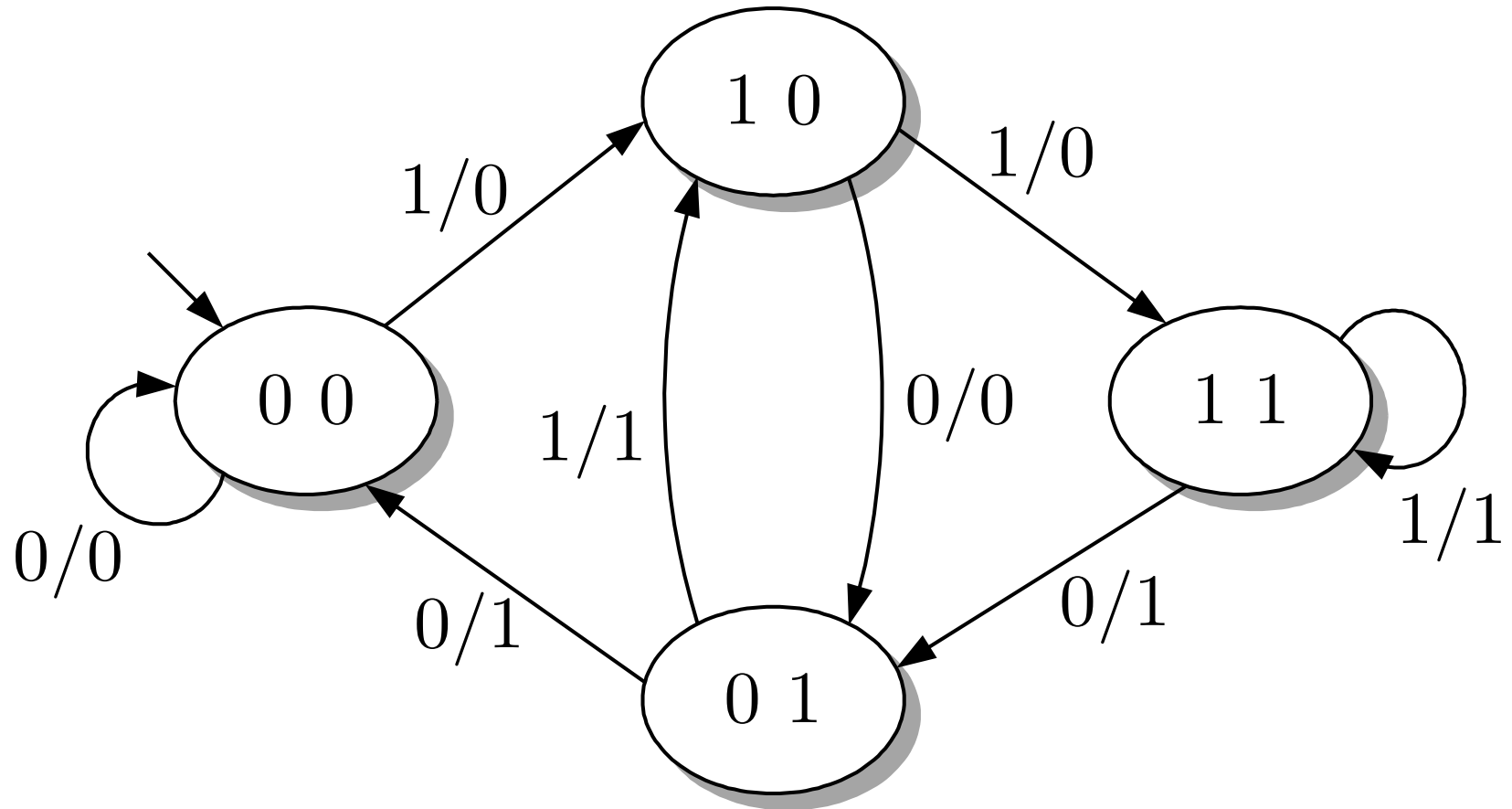


Abb. 5.22. Zusammenfassung der beiden linken E/A-Automaten des Schieberegisters zum Automaten \mathcal{A}_{12}

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

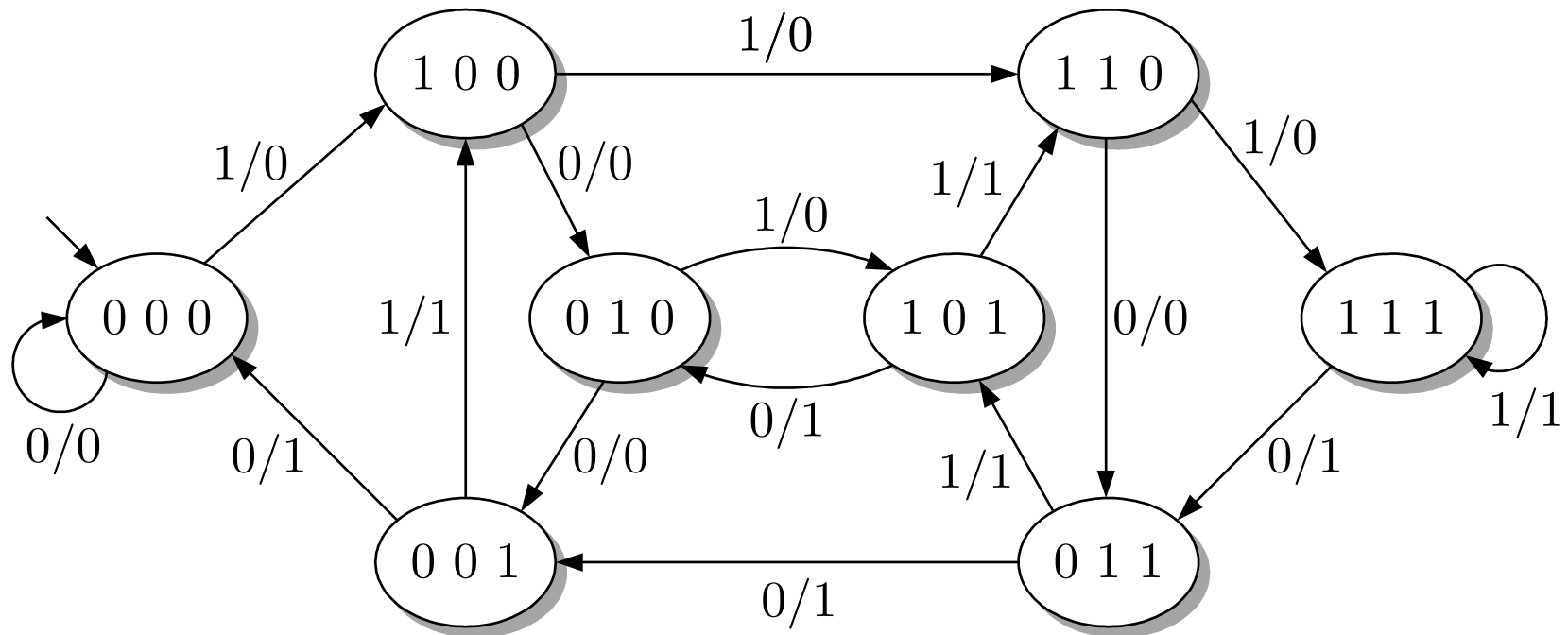


Abb. 5.23. Darstellung des gesamten Schieberegisters als deterministischer E/A-Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

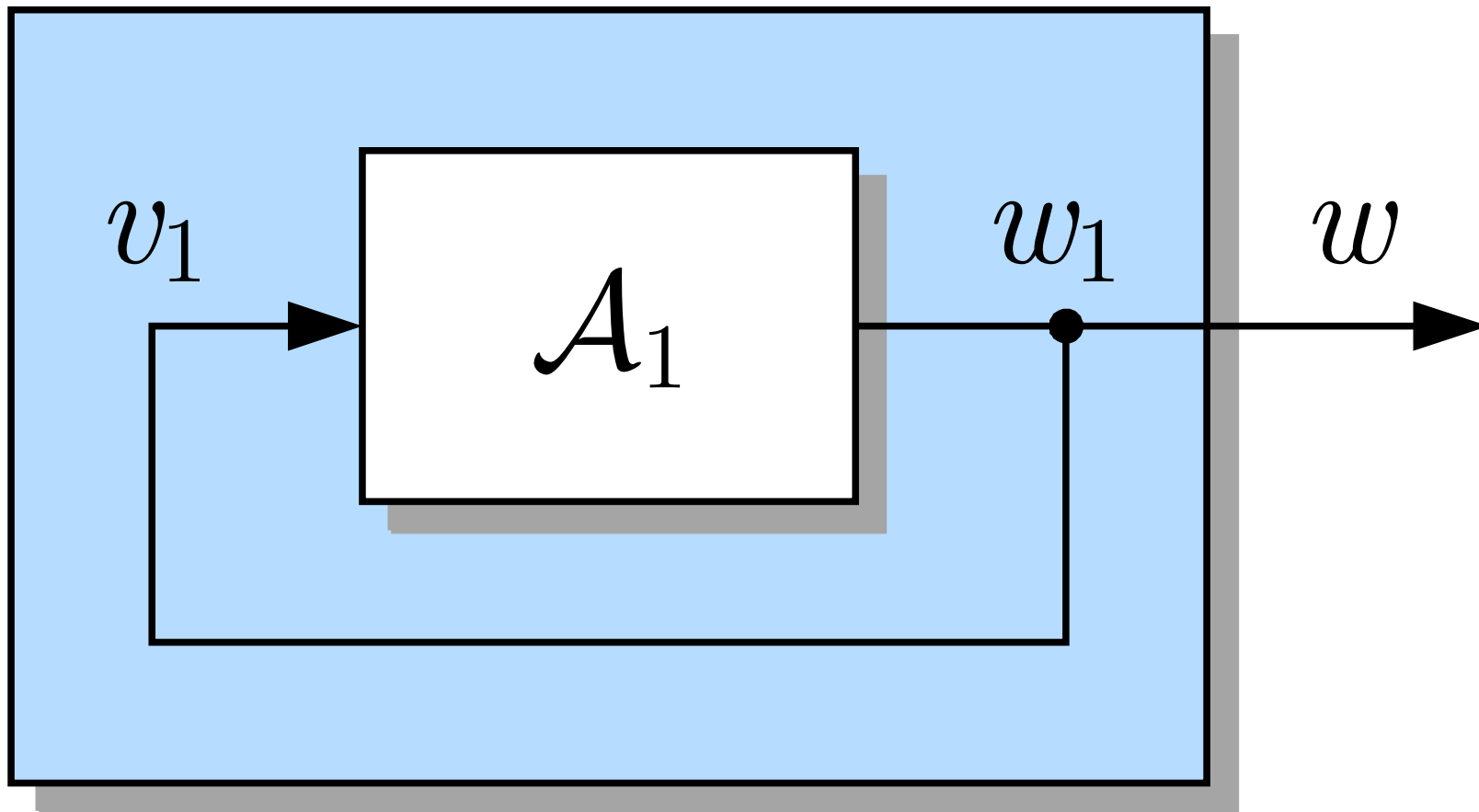


Abb. 5.24. Rückführautomat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

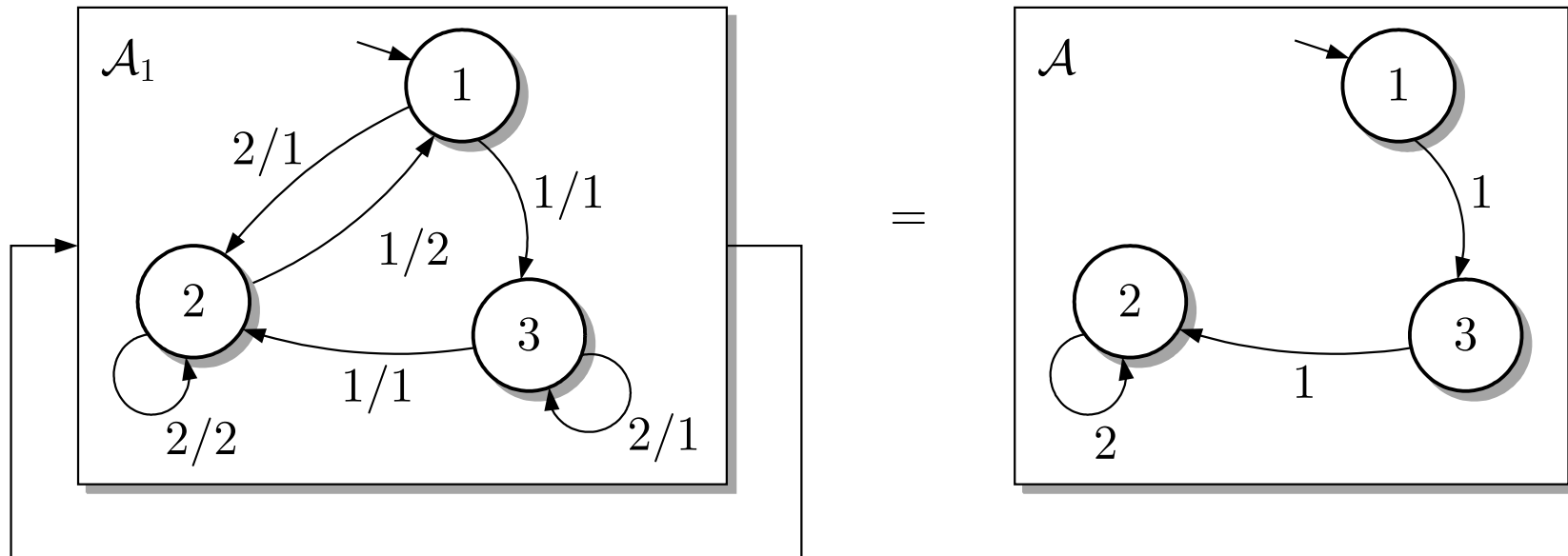


Abb. 5.25. Moore-Automat mit Rückkopplung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

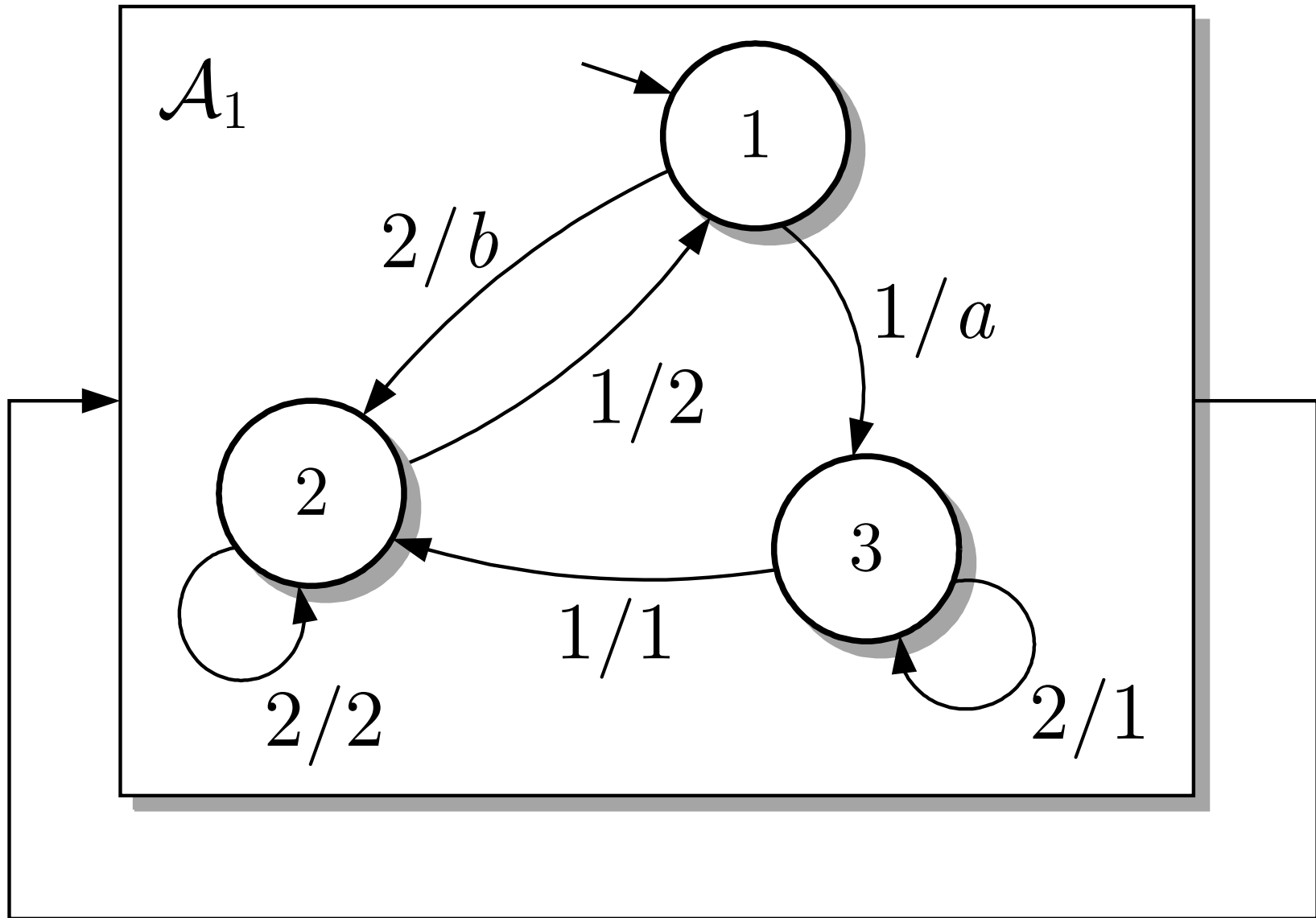


Abb. 5.26. Mealy-Automat mit Rückkopplung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

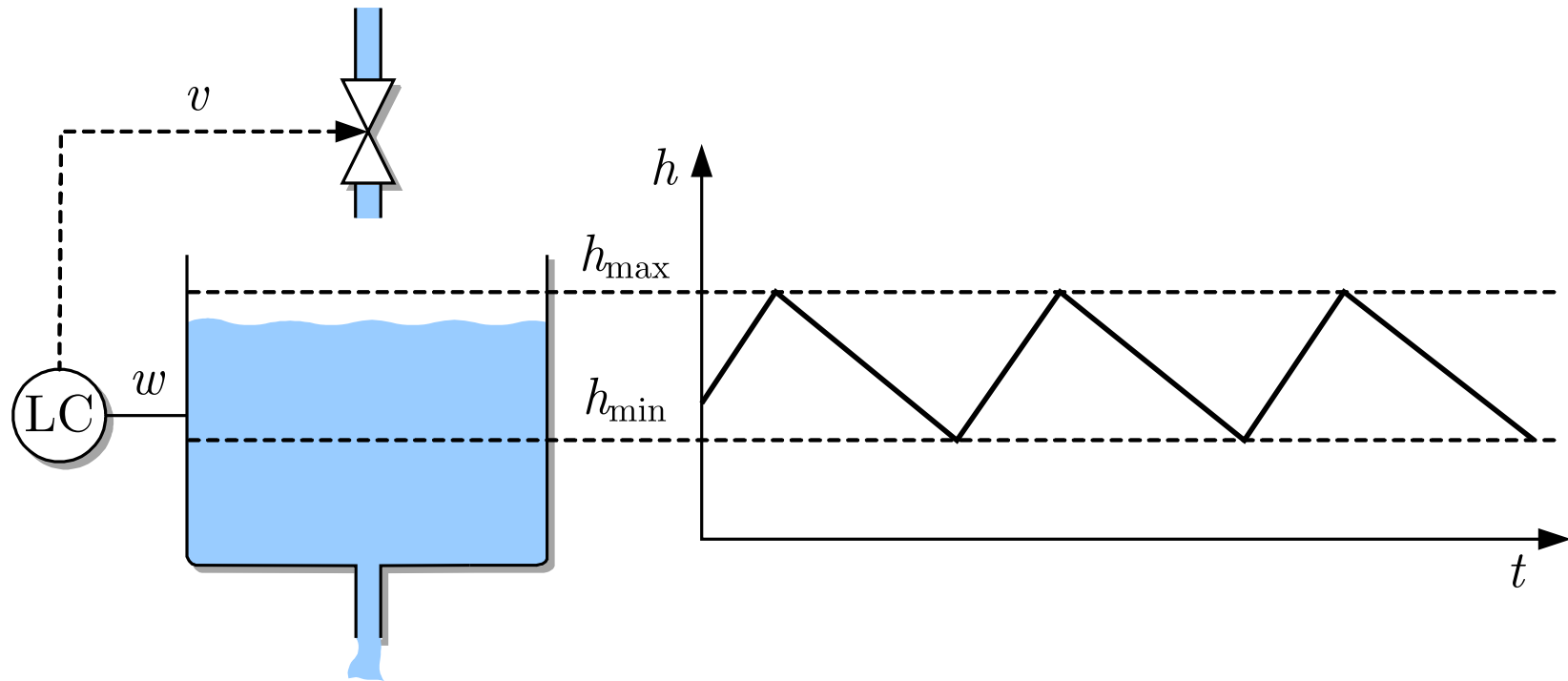


Abb. 5.27. Füllstandsregelung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

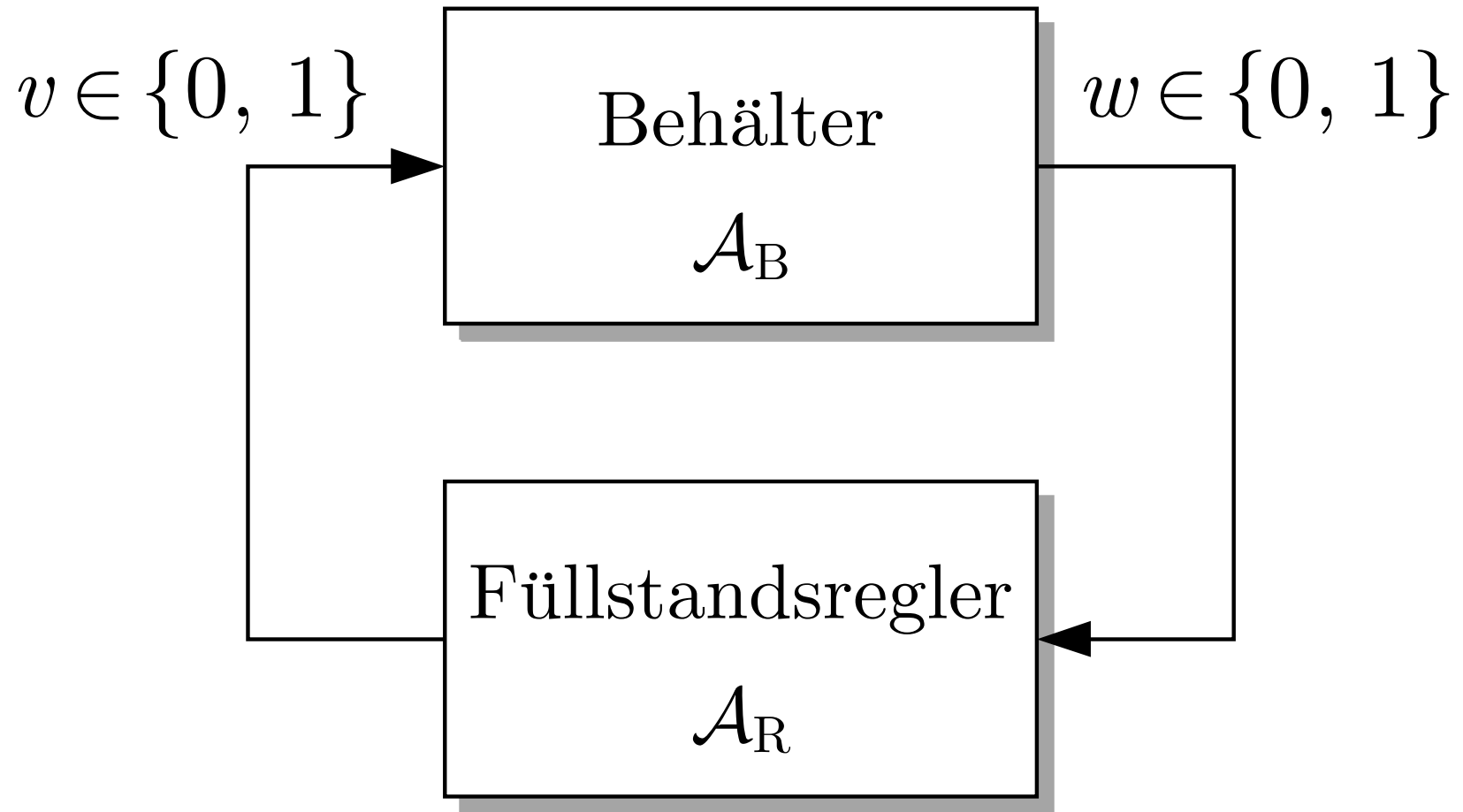


Abb. 5.28. Blockschaltbild der Füllstandsregelung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

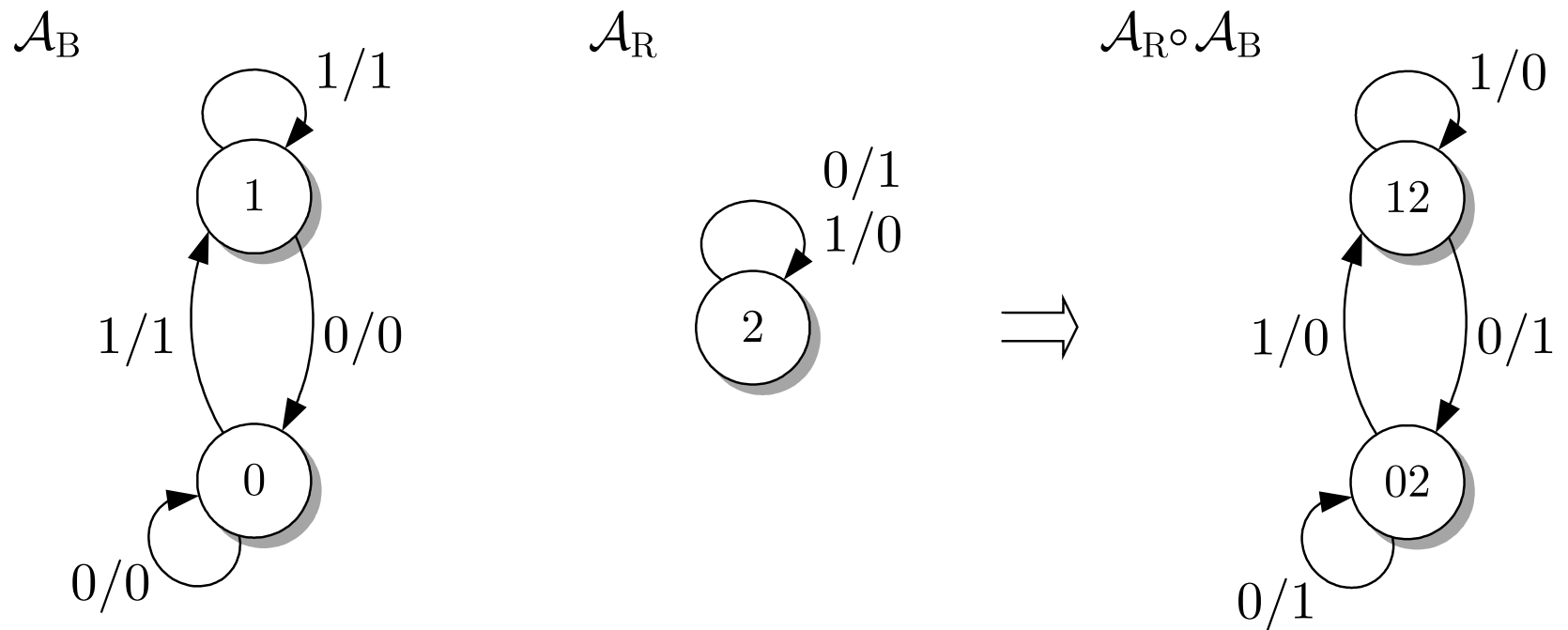


Abb. 5.29. Erstes Modell der Füllstandsregelung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

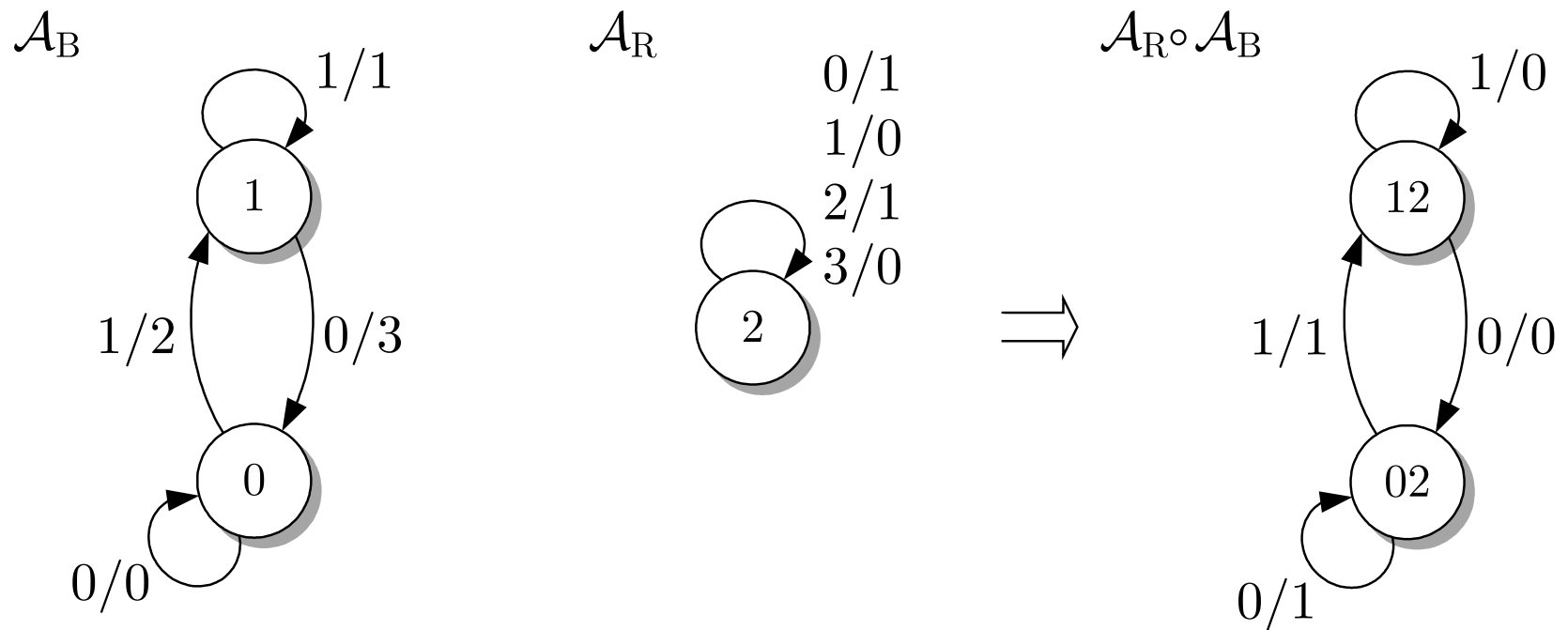


Abb. 5.30. Zweites Modell der Füllstandsregelung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

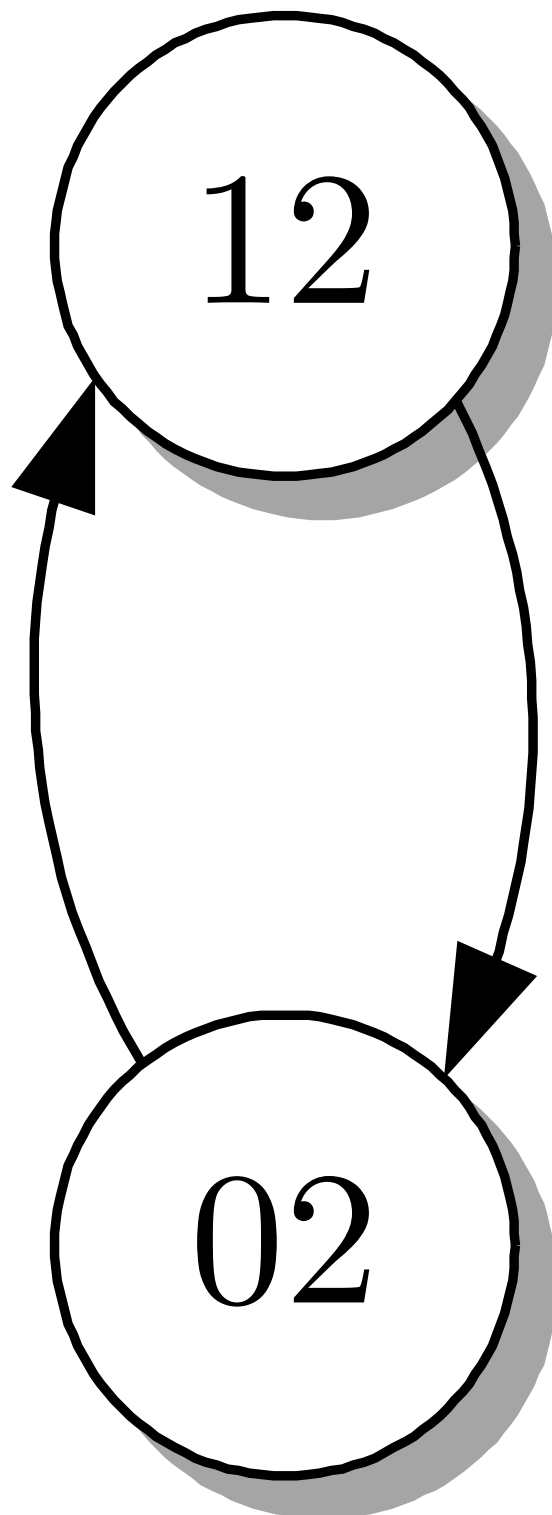


Abb. 5.31. Rückkopplungsautomat zur Beschreibung der Füllstandsregelung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

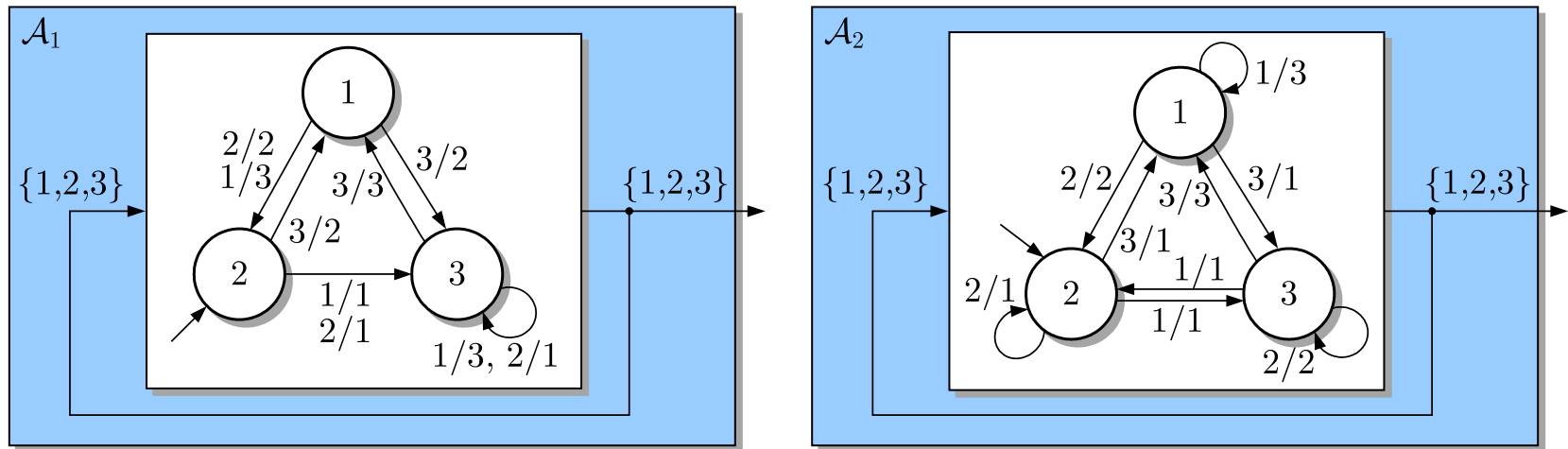


Abb. 5.32. Zwei rückgekoppelte Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Abb. 5.33. Rolltreppensteuerung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

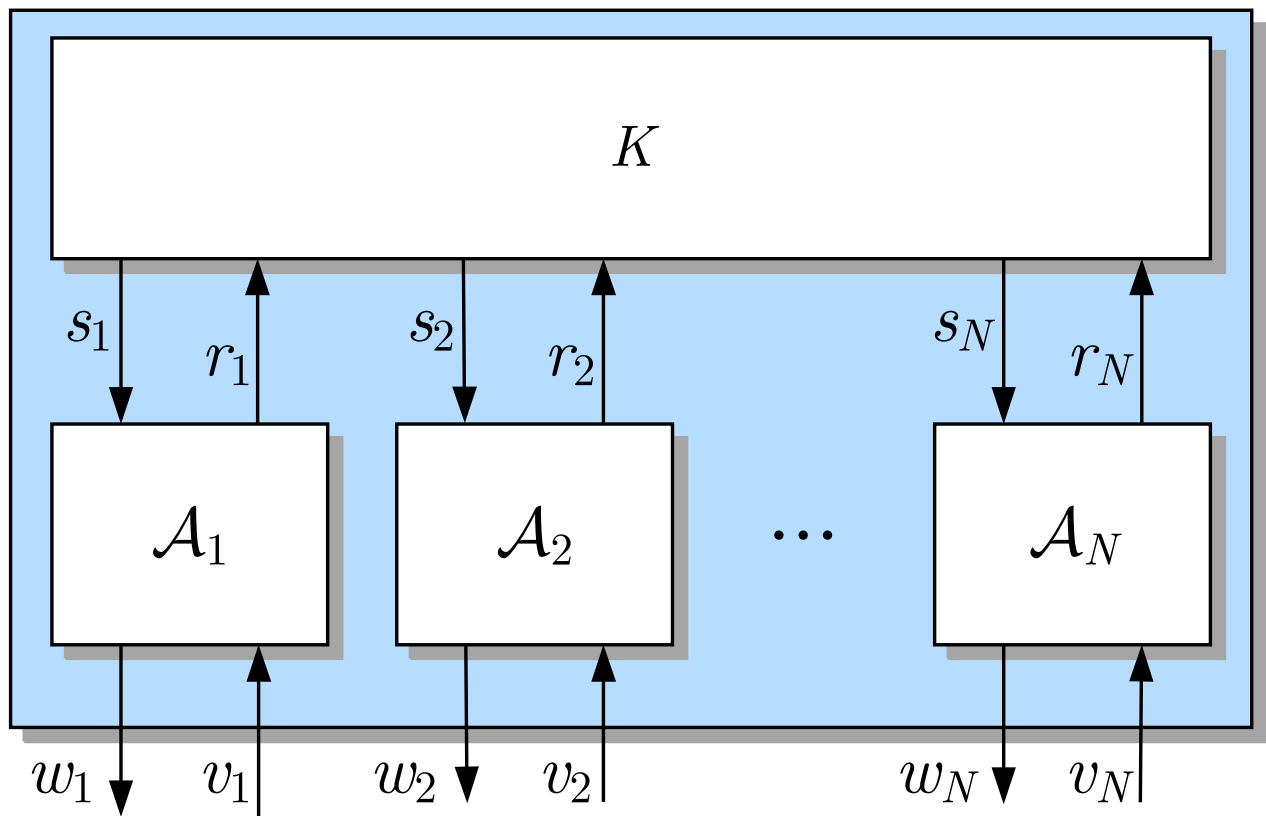


Abb. 5.34: Automatenetz in allgemeiner Darstellung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

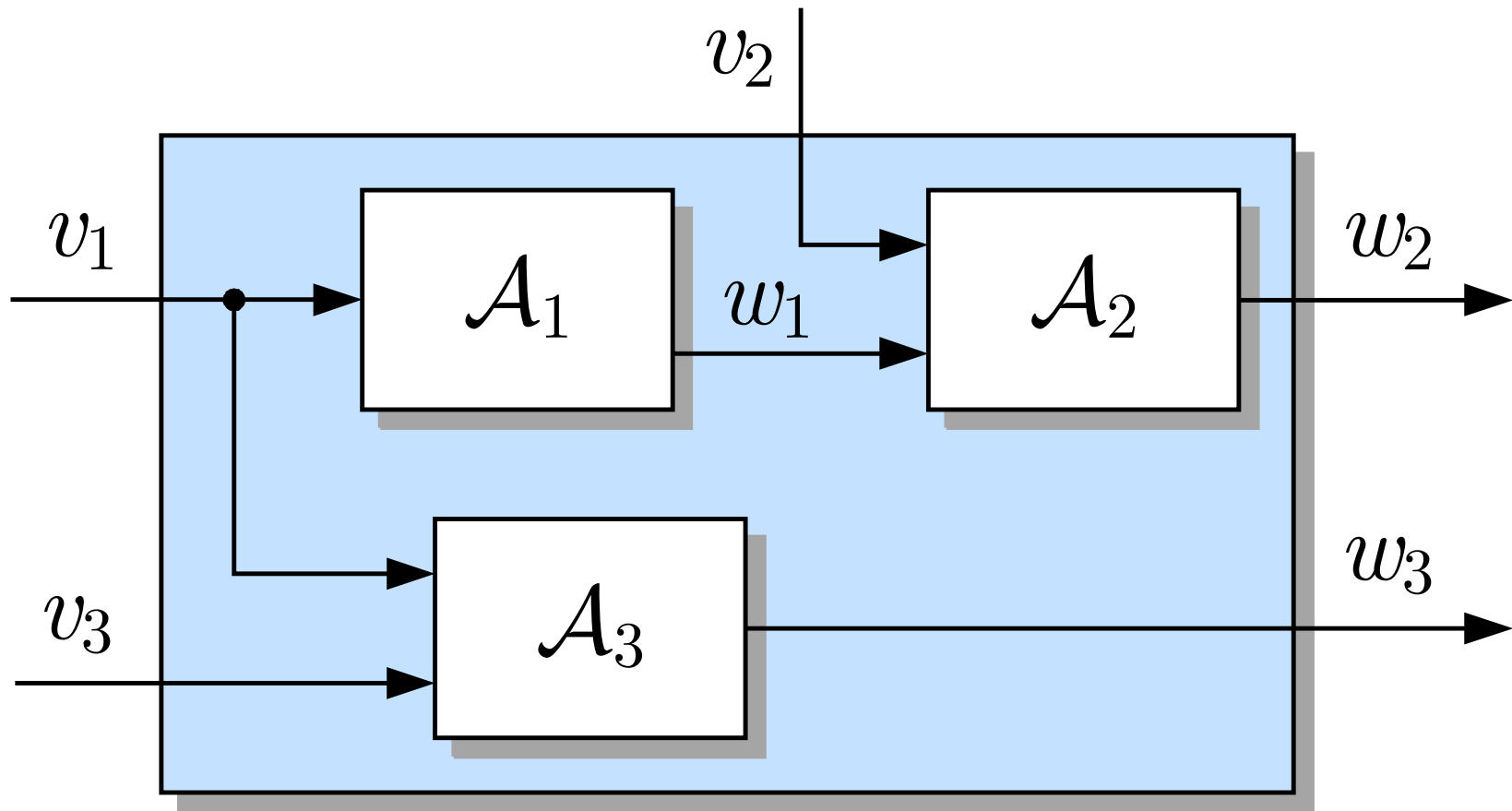


Abb. 5.35. Automatenetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

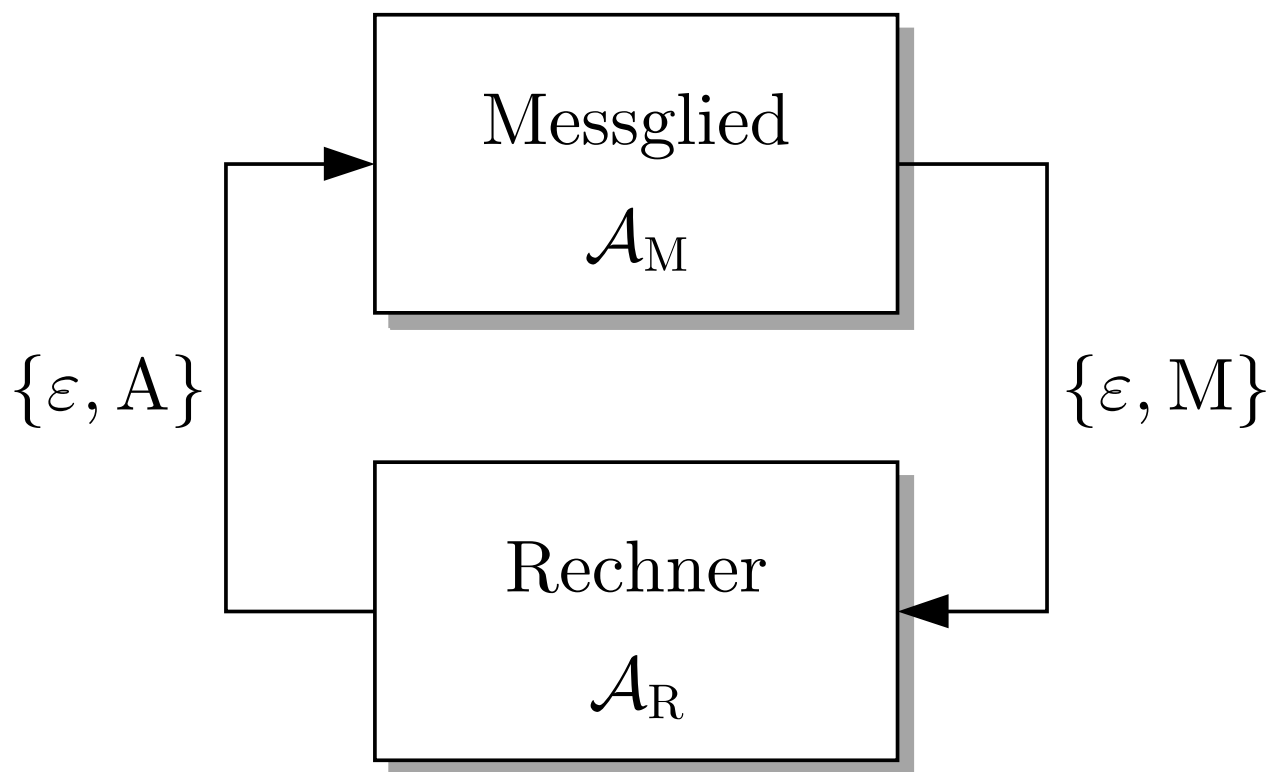
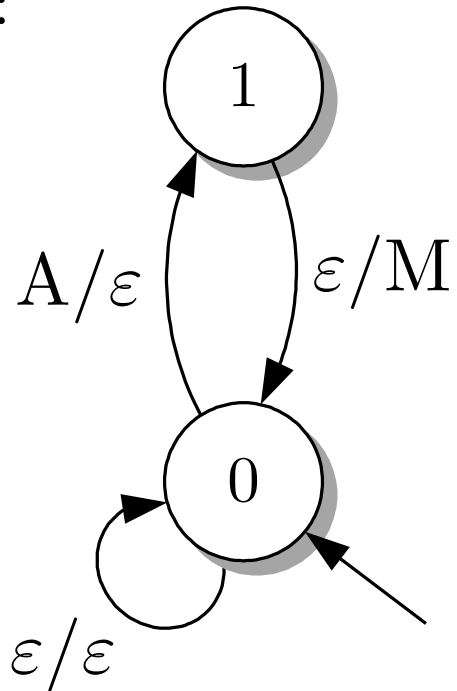


Abb. 5.36: Kopplung von Messglied und Rechner

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

\mathcal{A}_M :



\mathcal{A}_R :

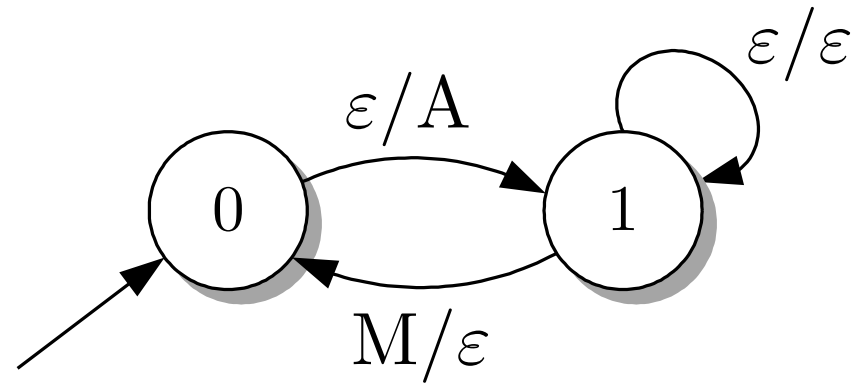


Abb. 5.37. Automaten, die das Verhalten des Rechners und des Messglieds beschreiben

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

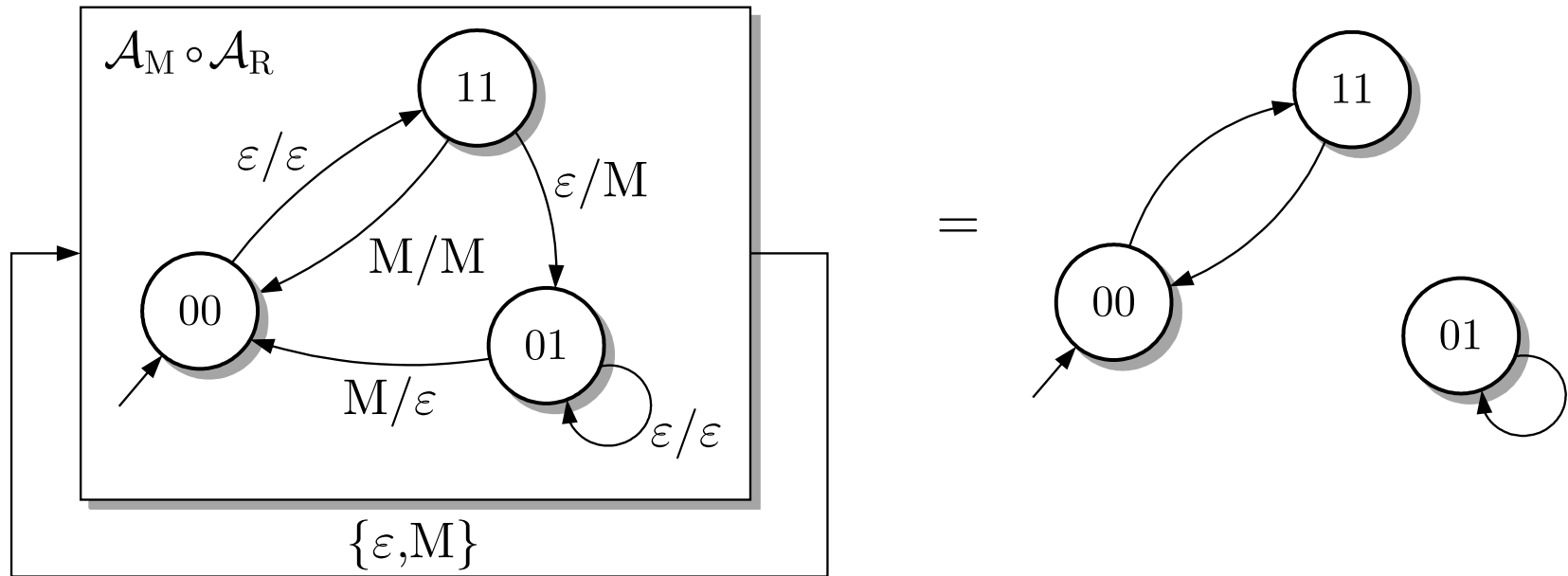


Abb. 5.38. Reihenschaltung $\mathcal{A}_M \circ \mathcal{A}_R$ (links) und Rückführautomat (rechts)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

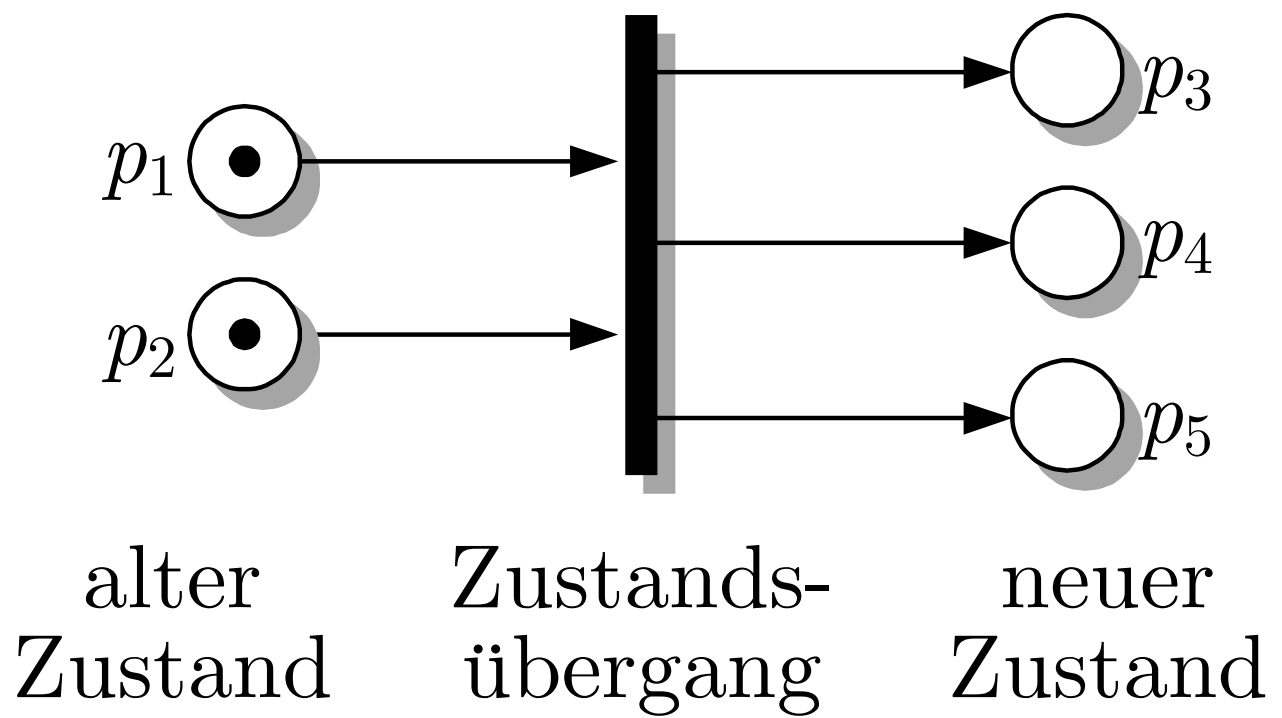


Abb. 6.1: Elemente eines Petrinetzes

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

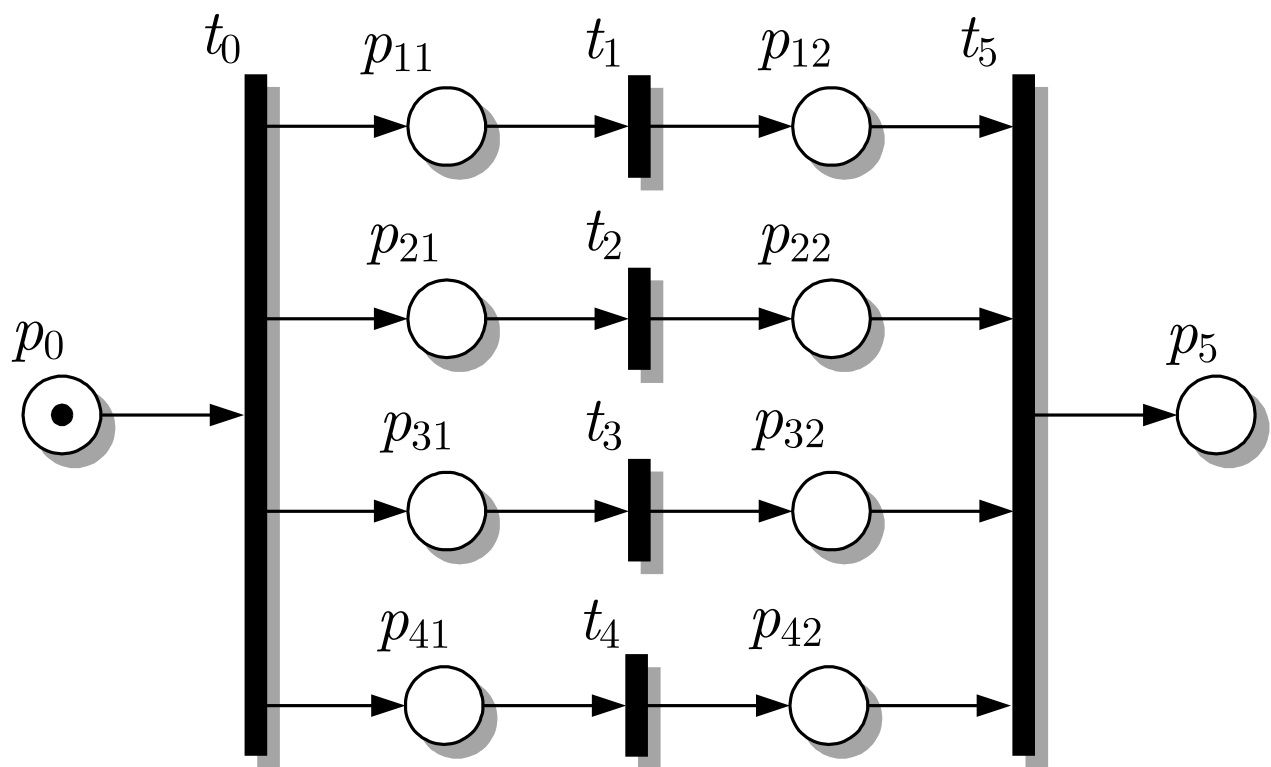


Abb. 6.2: Darstellung der Arbeitsweise eines Parallelrechners mit vier Prozessoren durch ein Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

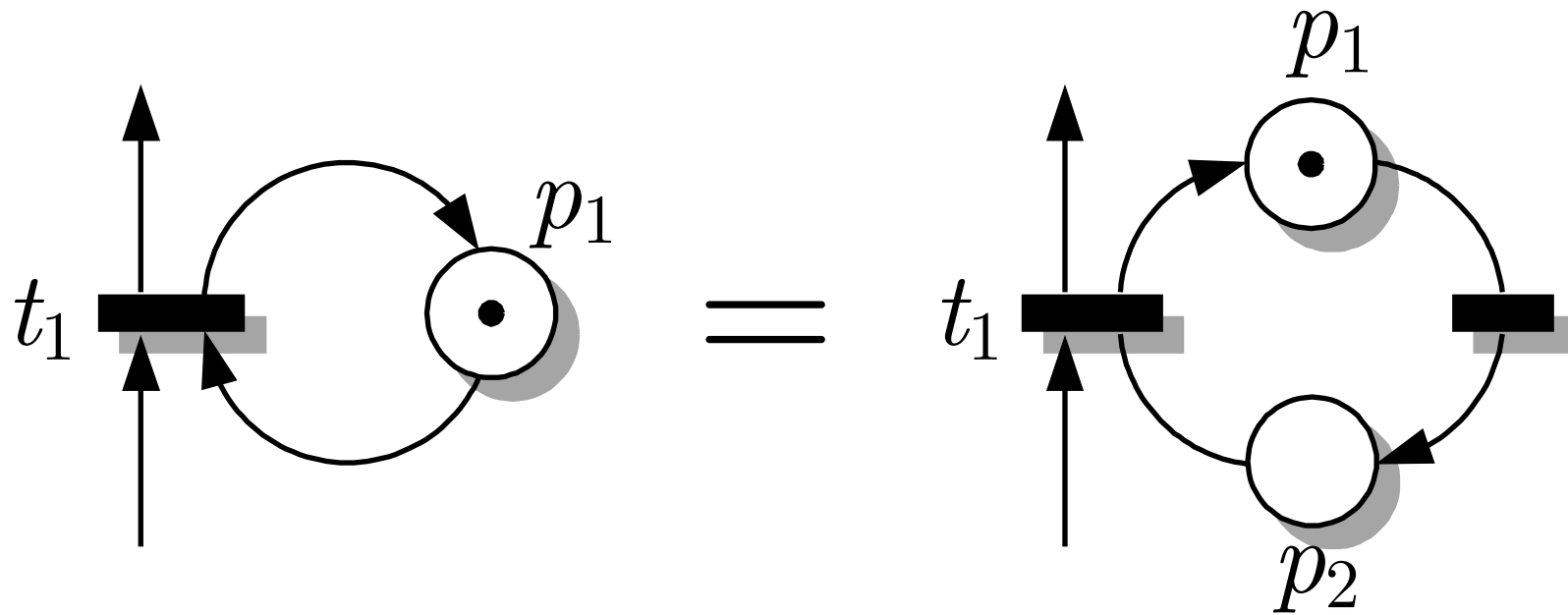


Abb. 6.3. Schlinge (links), die durch Einführung einer zusätzlichen Stelle und einer Transition eliminiert wird (rechts)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

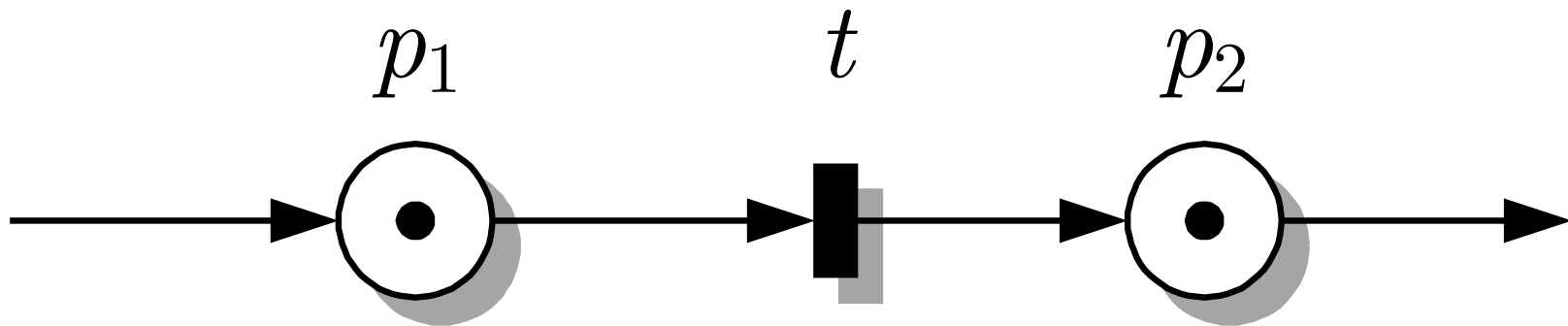


Abb. 6.4. Kontakt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

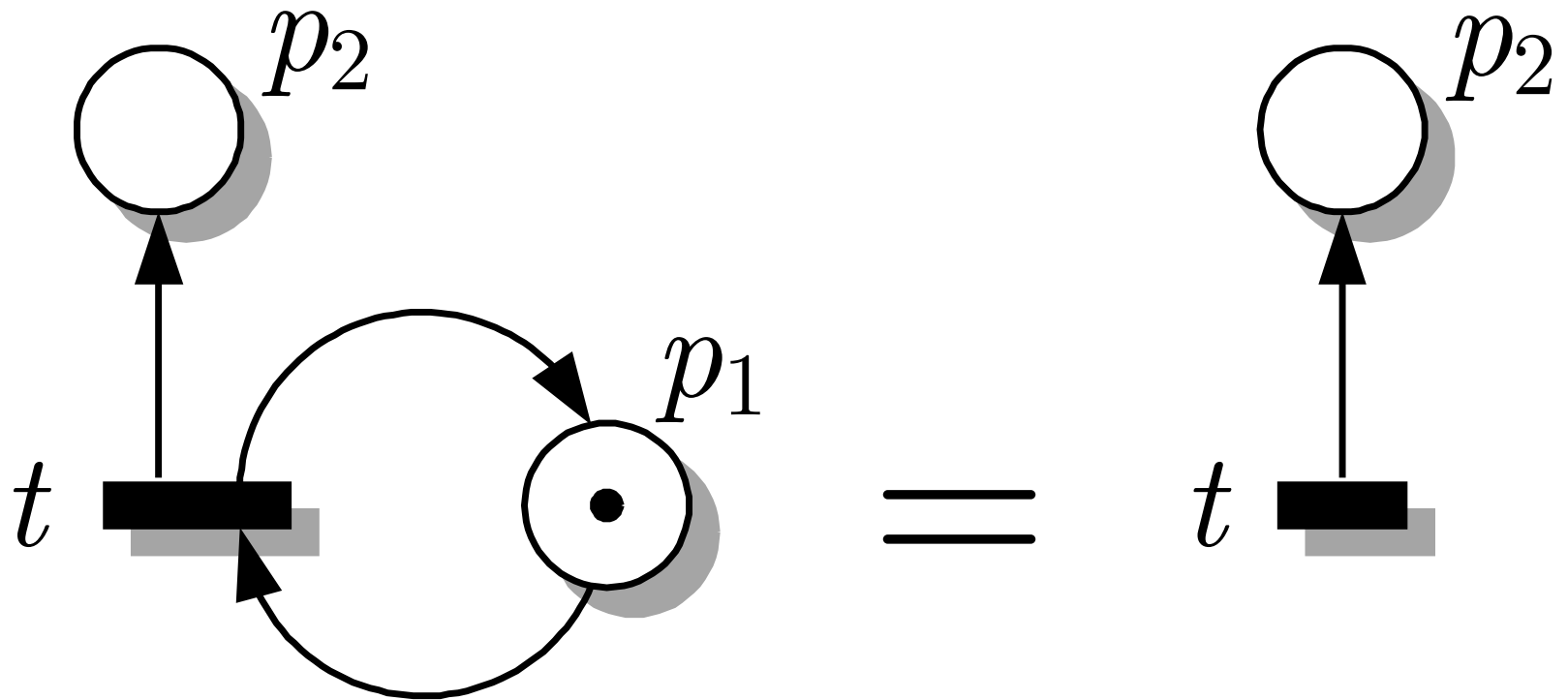


Abb. 6.5. Ständig aktivierte Transition

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

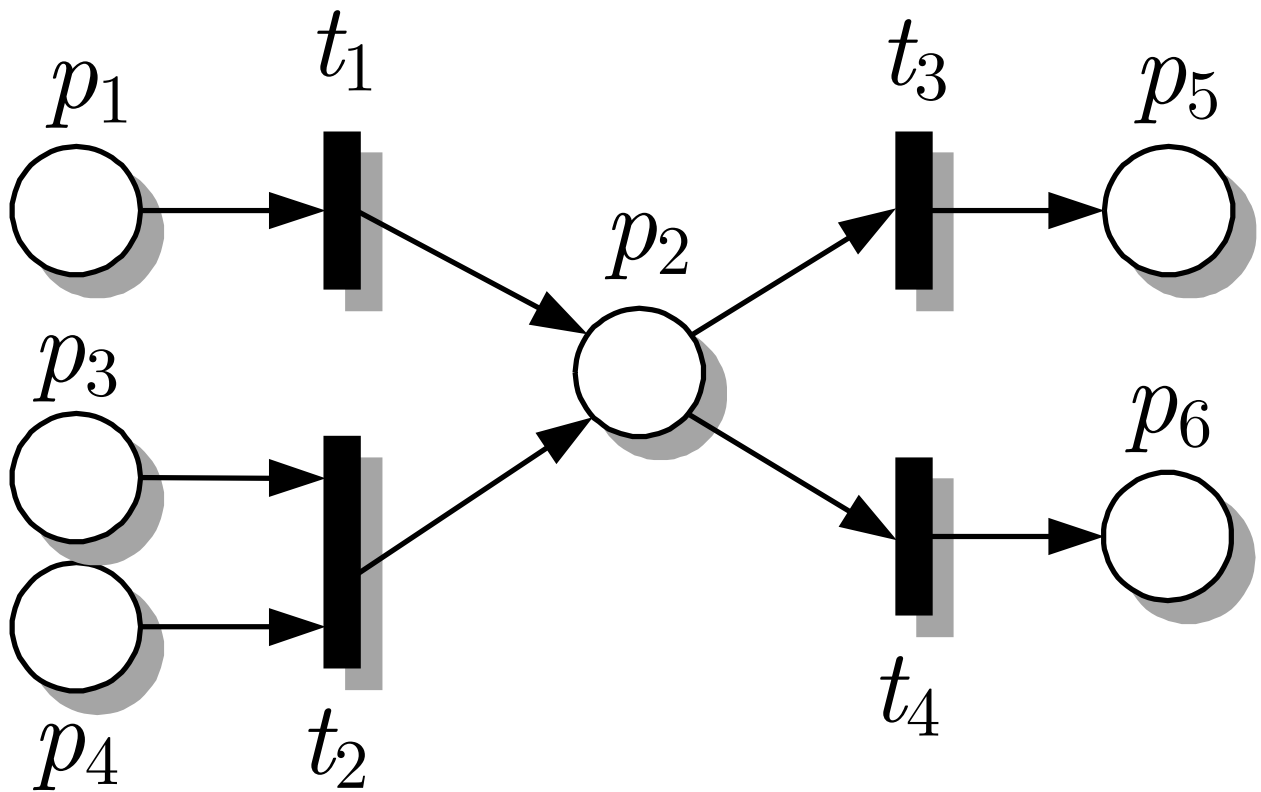


Abb. 6.6: Erläuterung des Begriffes B/E-Netz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

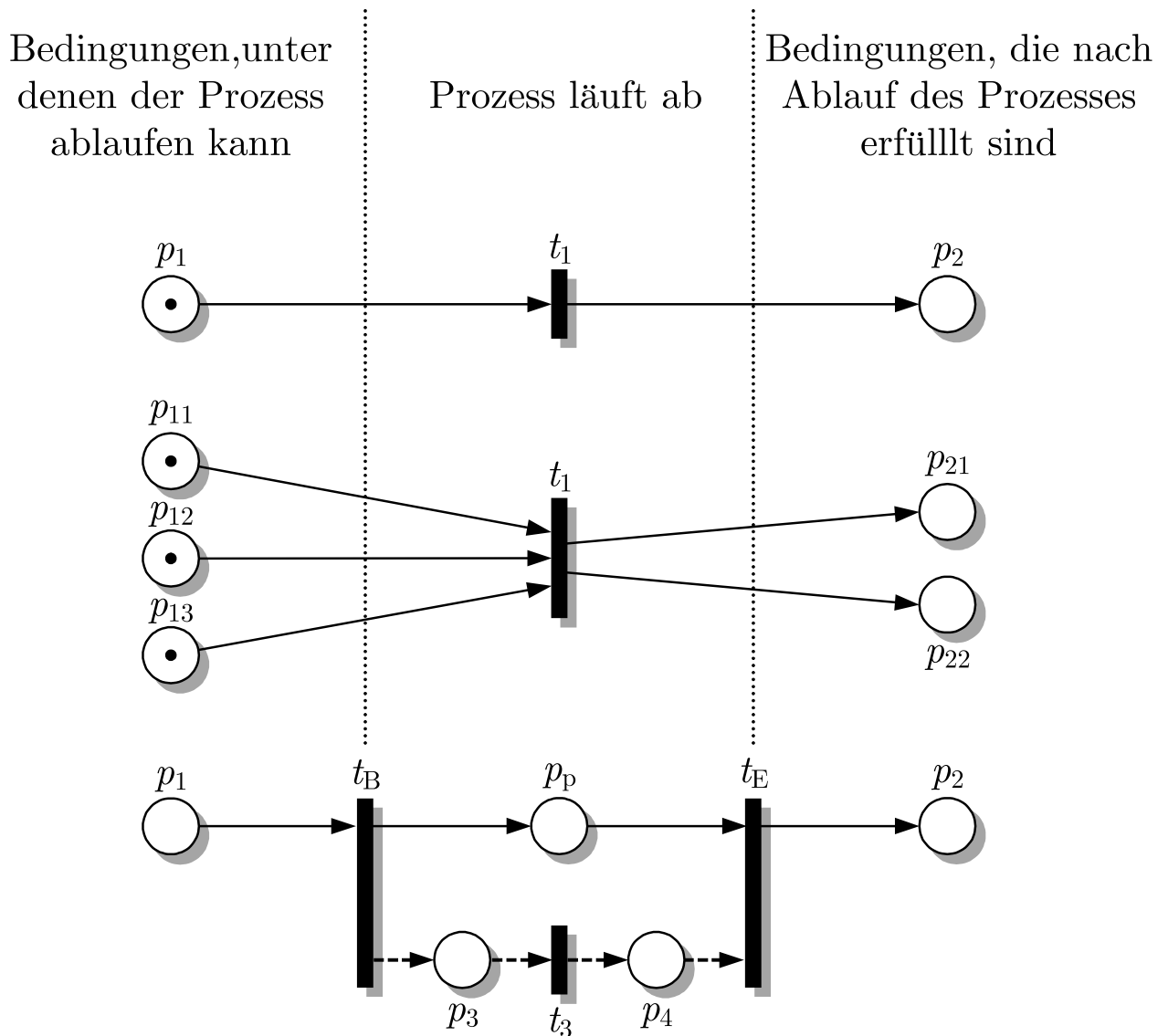


Abb. 6.7: Prozessorientierte Modellierung mit Petrinetzen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

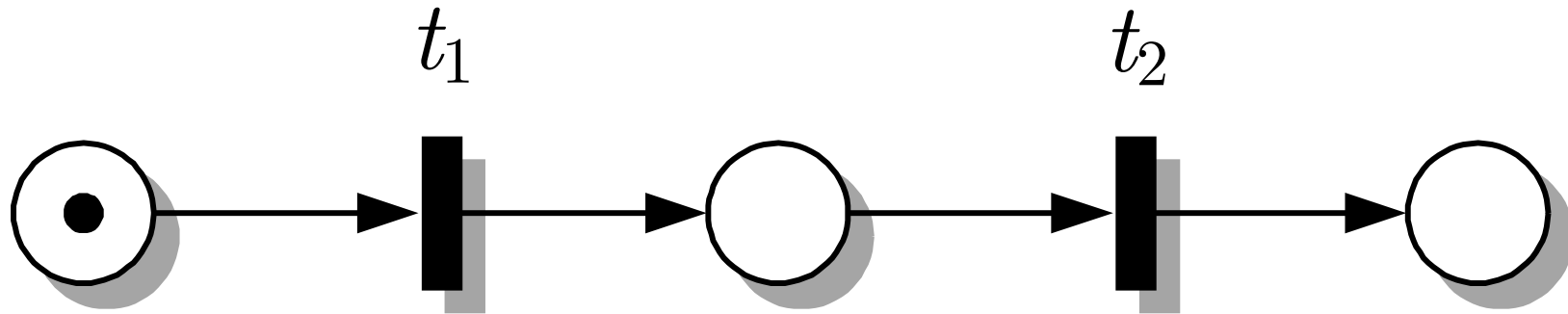
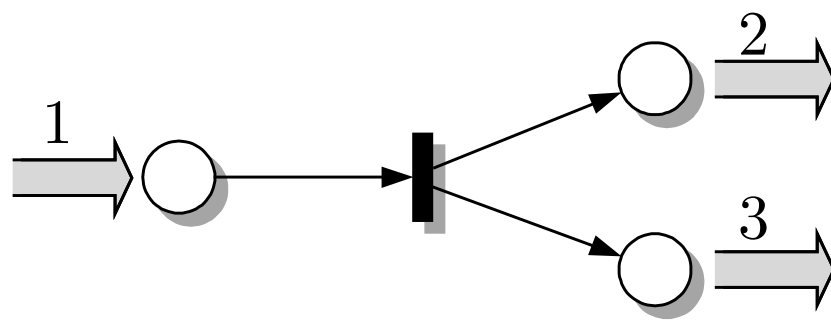
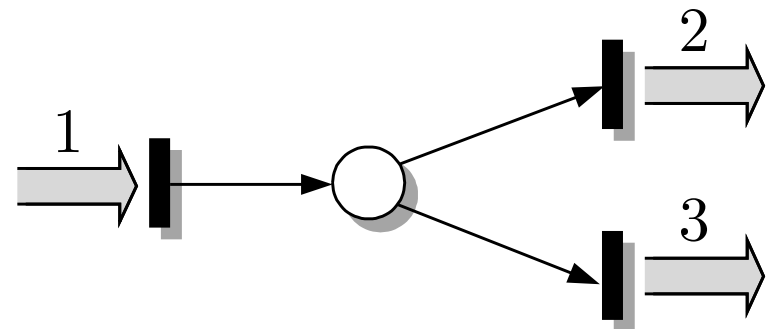


Abb. 6.8. Kausalität in Petrinetzen

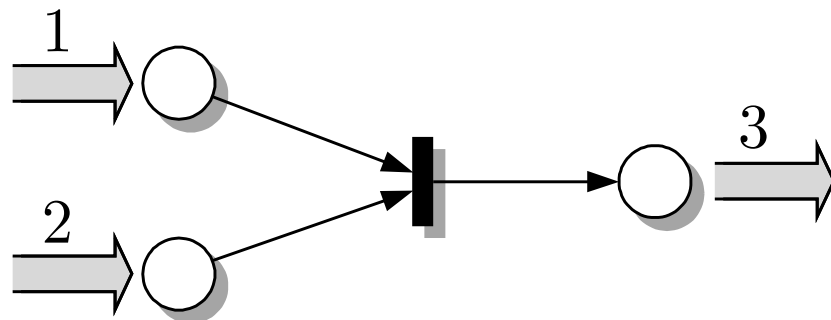
J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



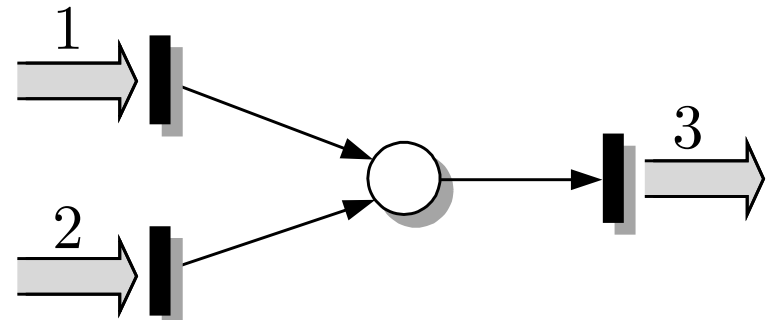
Aufspaltung



Auswahl



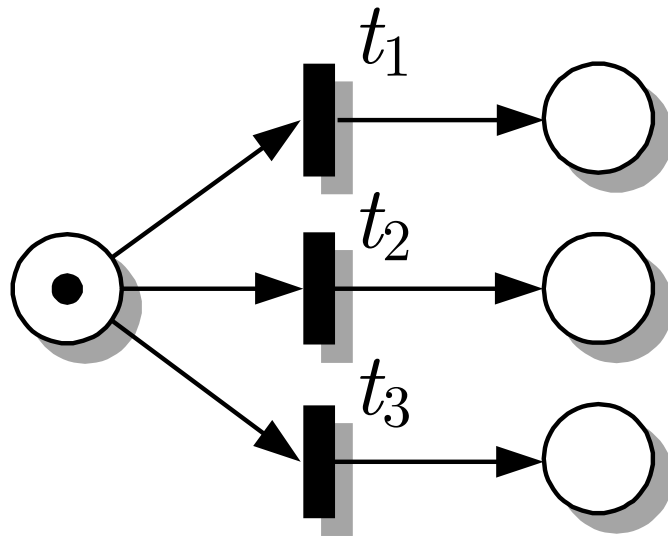
Synchronisation



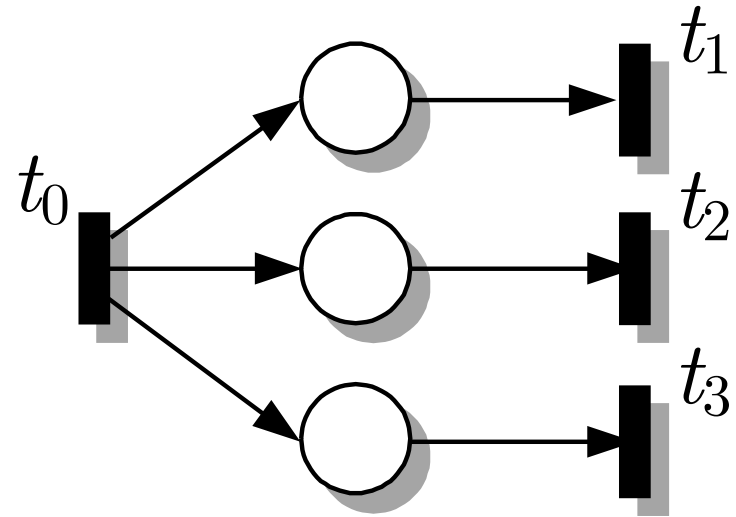
Begegnung

Abb. 6.9. Vier Standardsituationen in Petrinetzen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Auswahl



Nebenläufigkeit

Abb. 6.10. Nichtdeterministische Elemente in einem Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

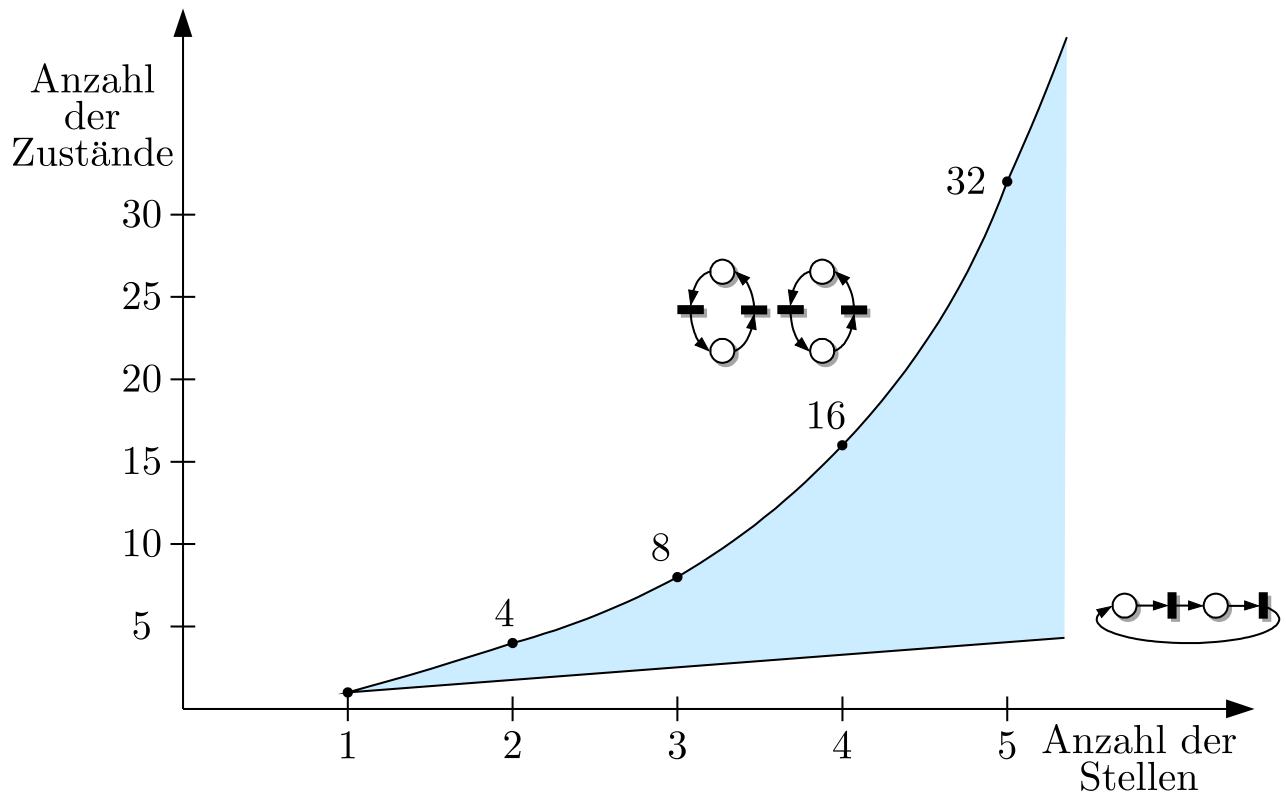


Abb. 6.11: Anzahl der mit einem Petrinetz darstellbaren Systemzustände

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

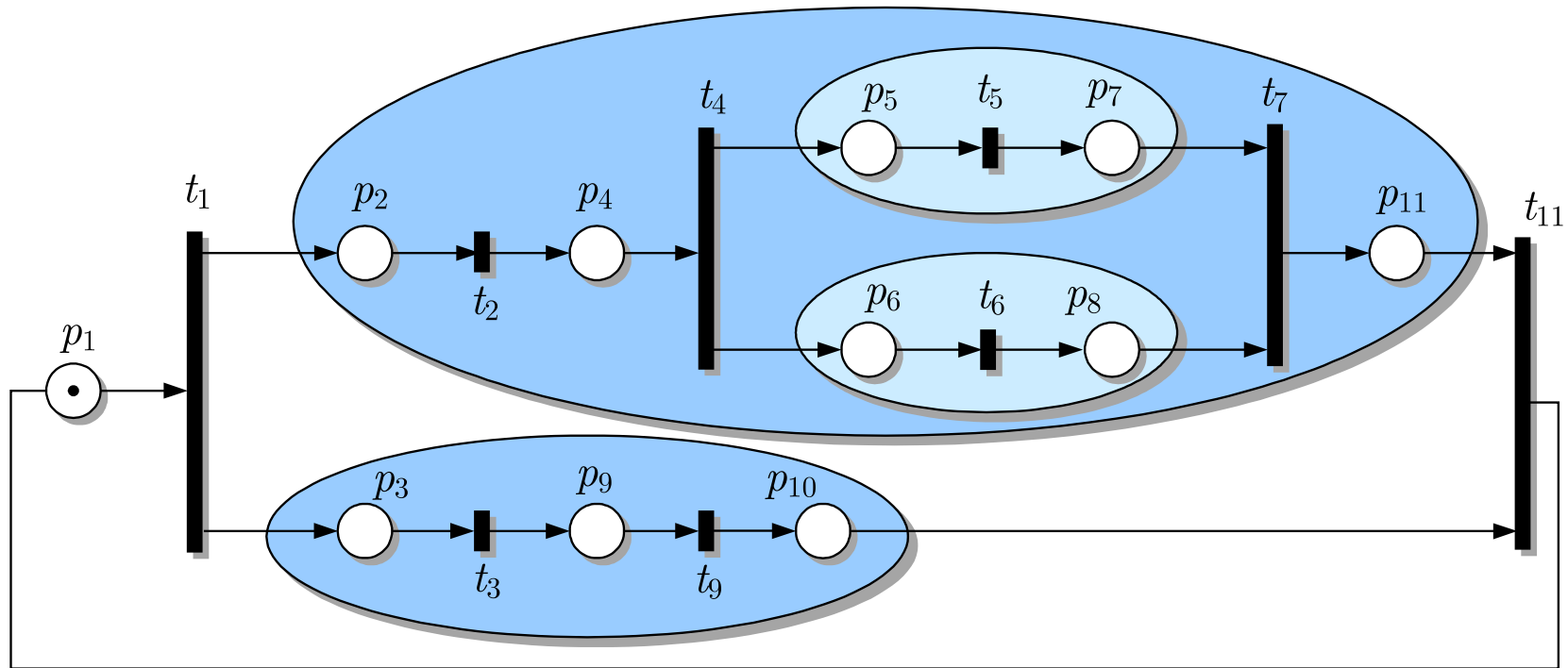


Abb. 6.12. Synchronisationsgraph

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

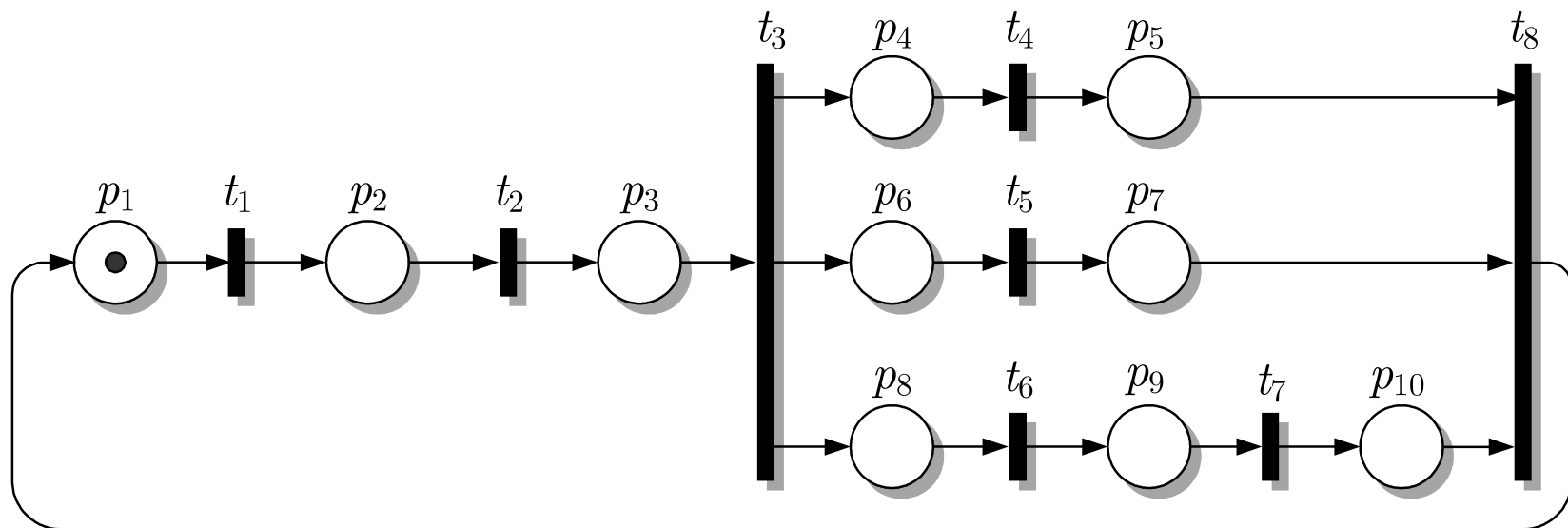


Abb. 6.13. Beschreibung des Batchprozesses durch ein Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

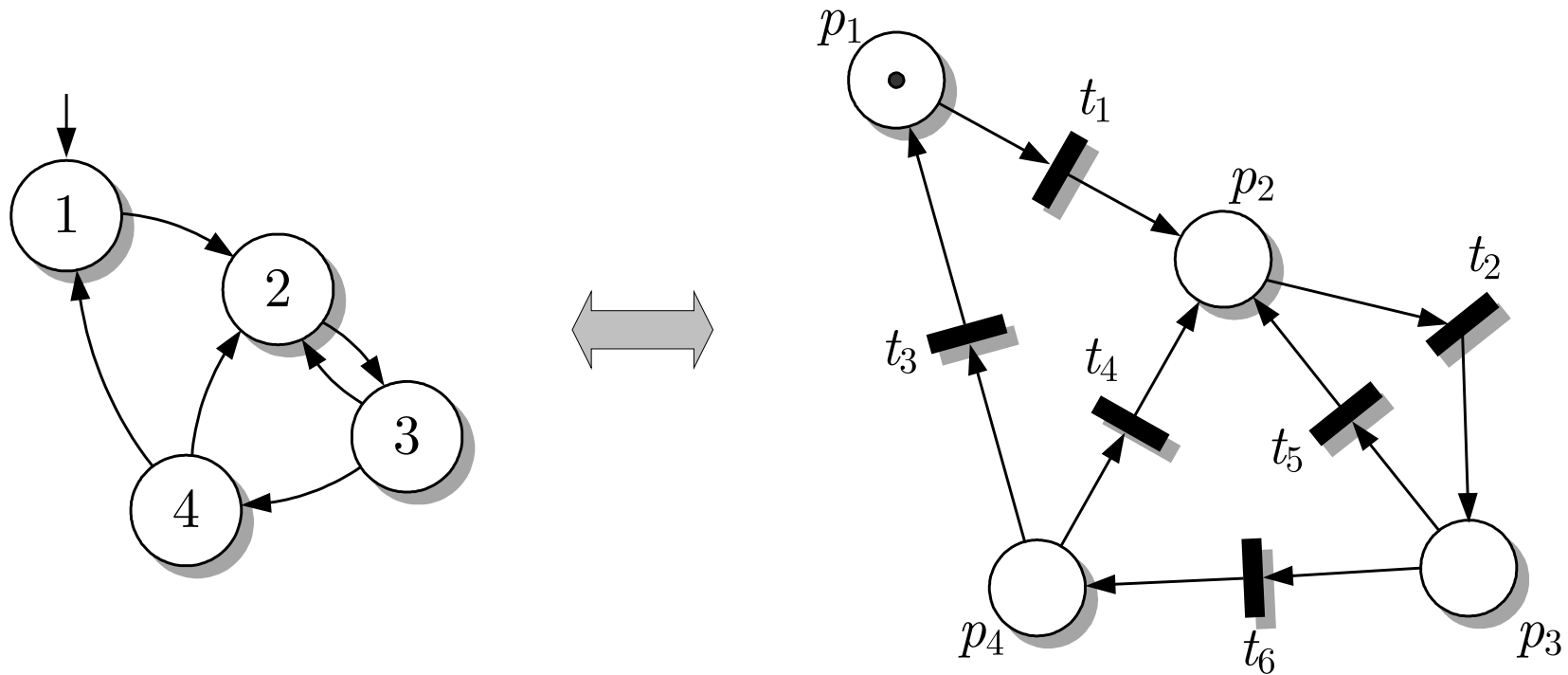


Abb. 6.14. Nichtdeterministischer Automat aus Abb. 4.1 und äquivalentes Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

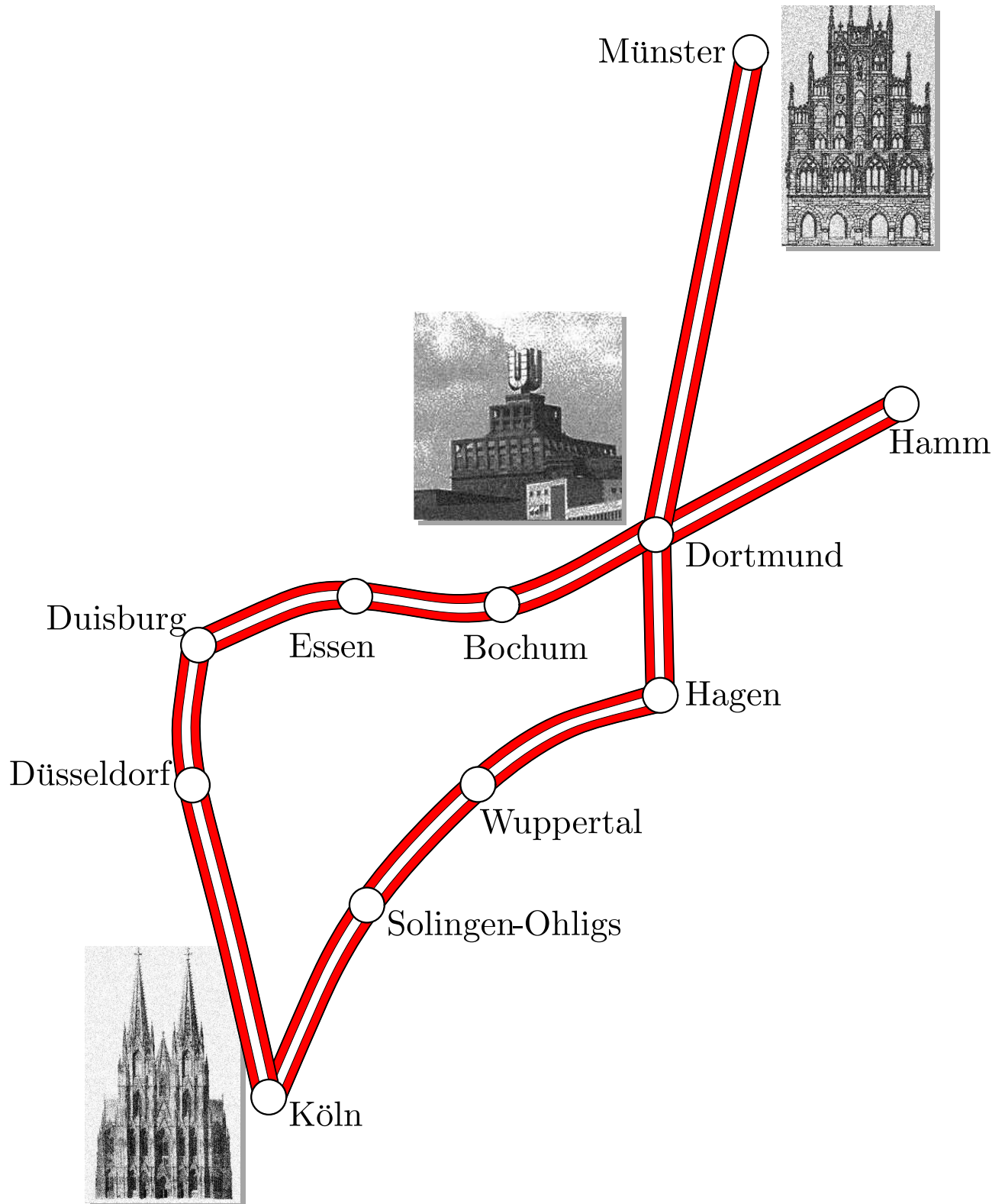


Abb. 6.15: Ausschnitt aus dem IC-Netz der Deutschen Bahn

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

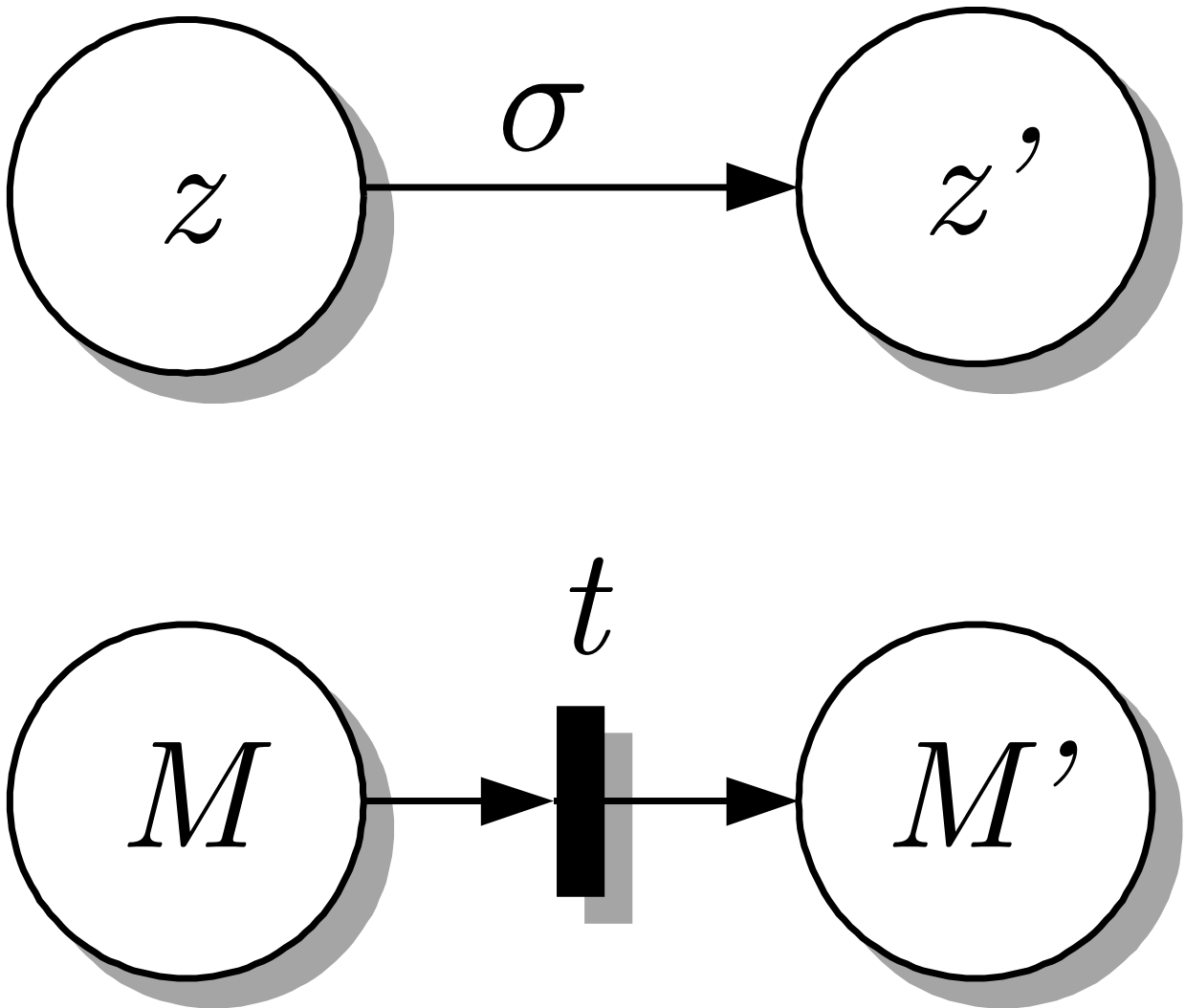


Abb. 6.16: Darstellung von Ereignissen in Σ -Automaten und Zustandsmaschinen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

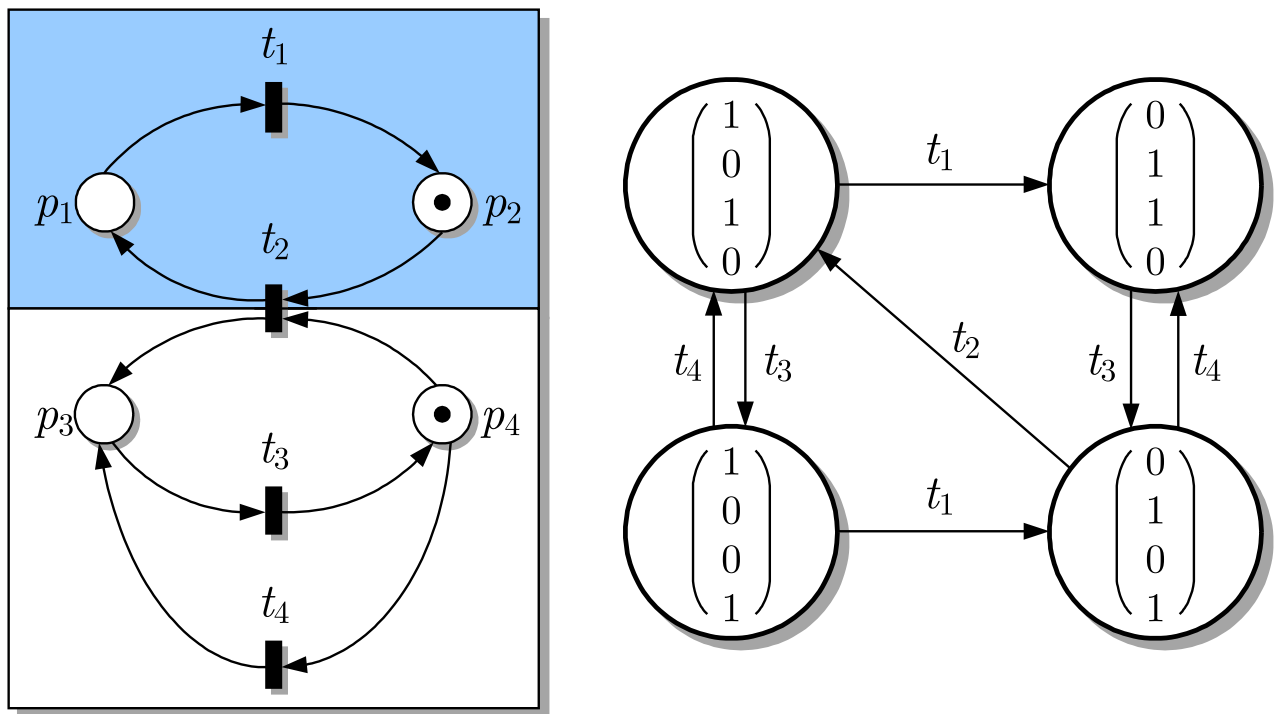


Abb. 6.17: Petrinetz und äquivalenter Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

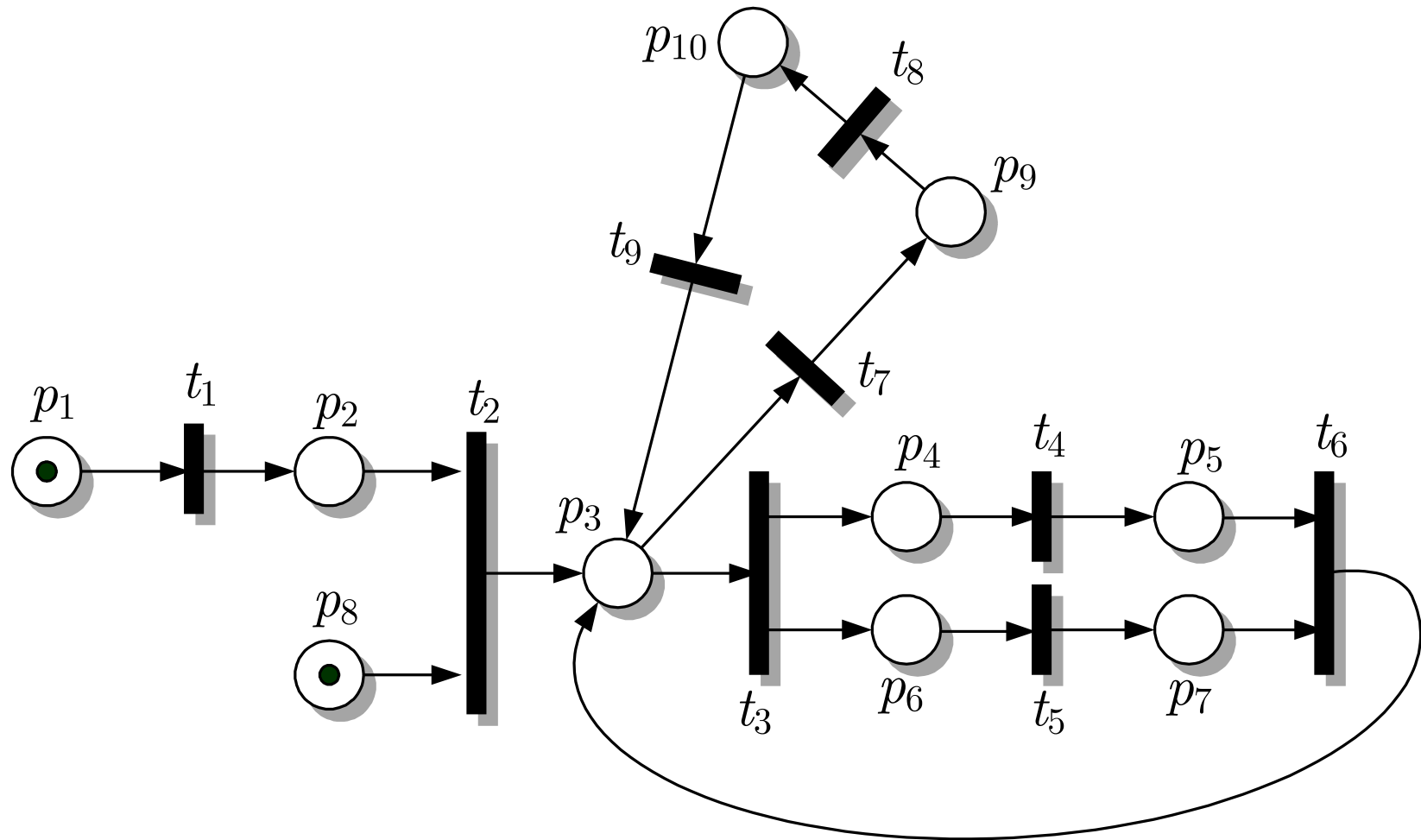


Abb. 6.18. Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

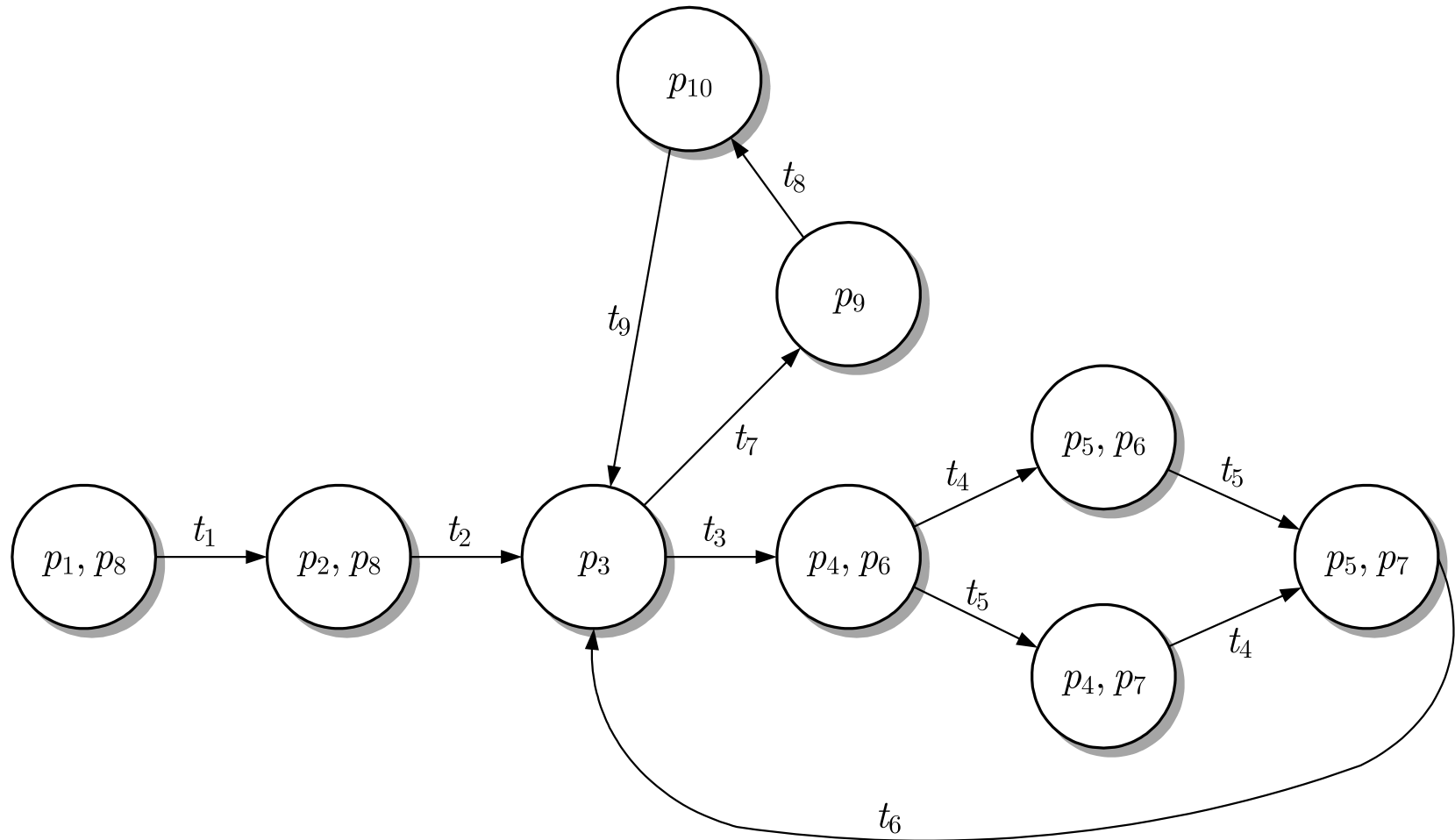


Abb. 6.19. Erreichbarkeitsgraph des Petrinetzes aus Abb. 6.18

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

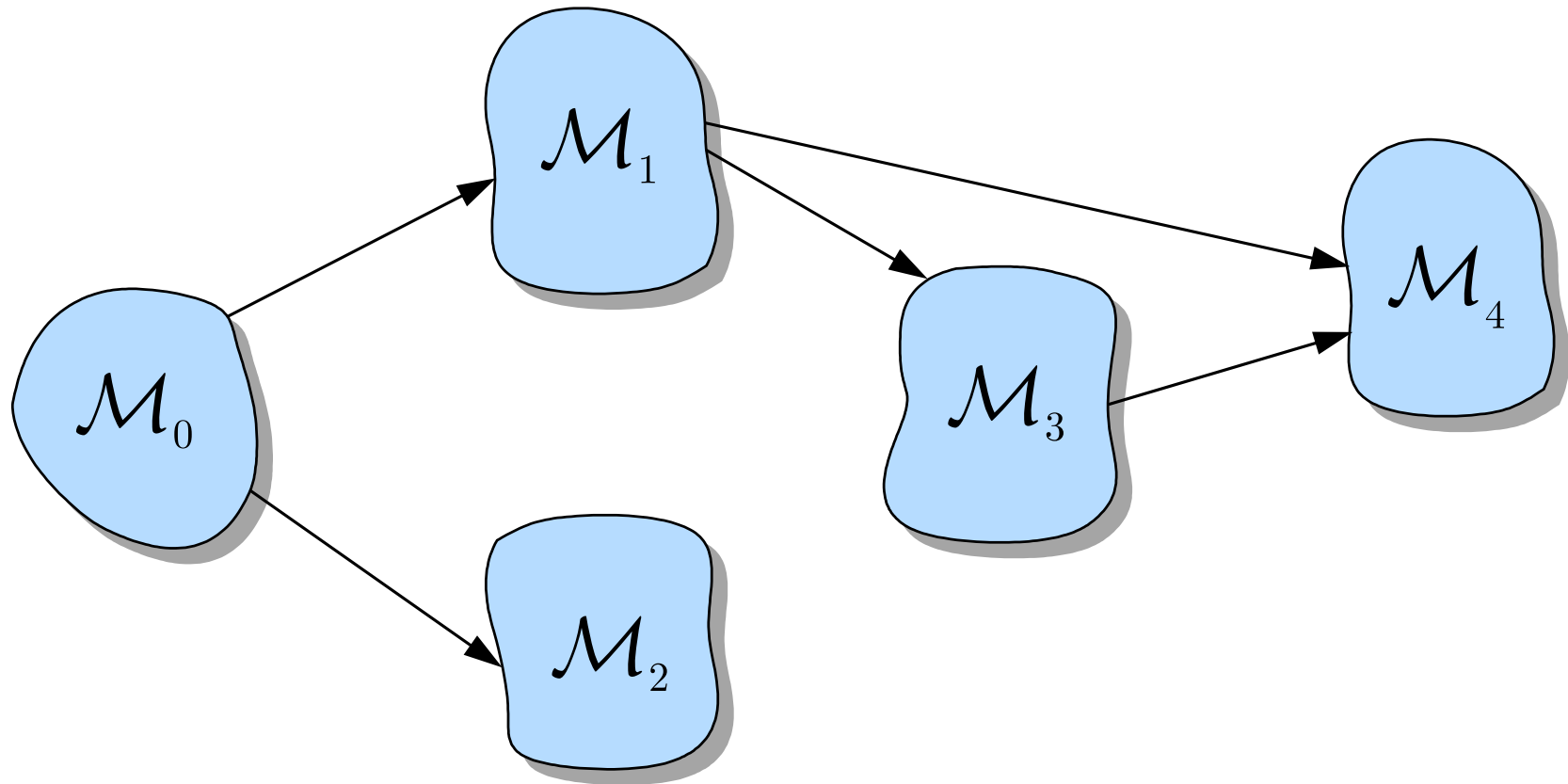


Abb. 6.20. Partitionierung des Erreichbarkeitsgraphen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

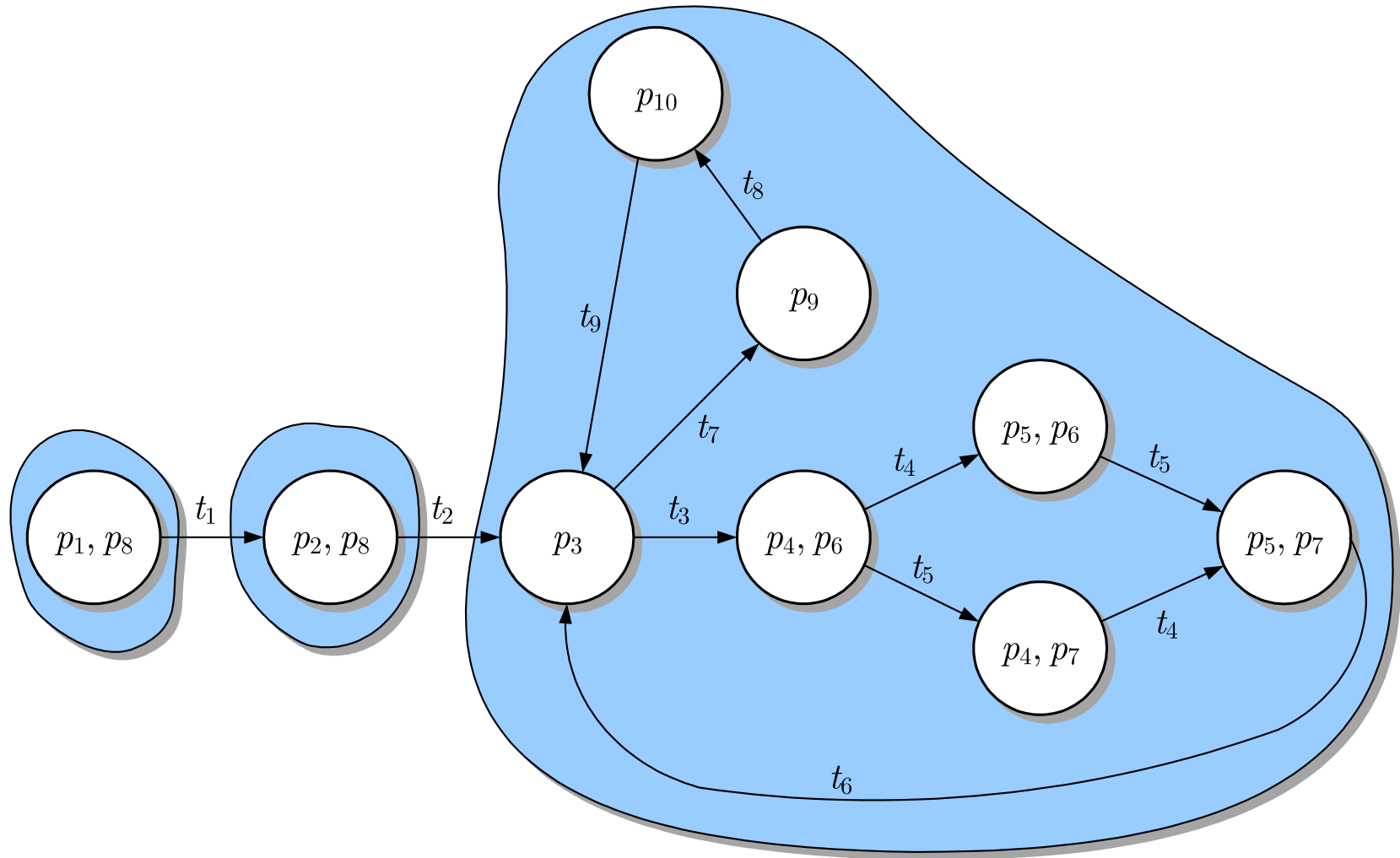


Abb. 6.21. Zerlegung des Erreichbarkeitsgraphen aus Abb. 6.19 in stark zusammenhängende Komponenten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

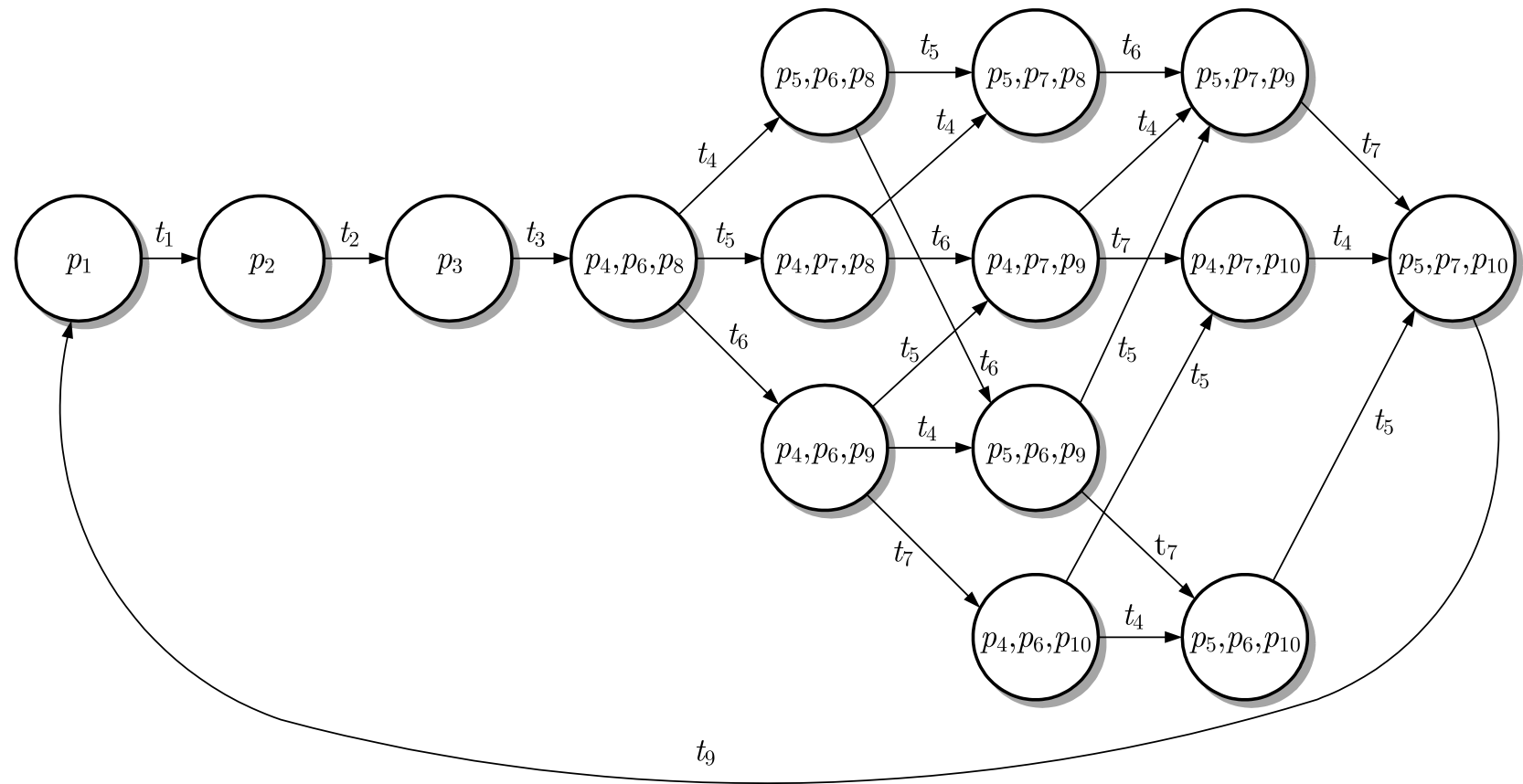


Abb. 6.22. Erreichbarkeitsgraph des Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

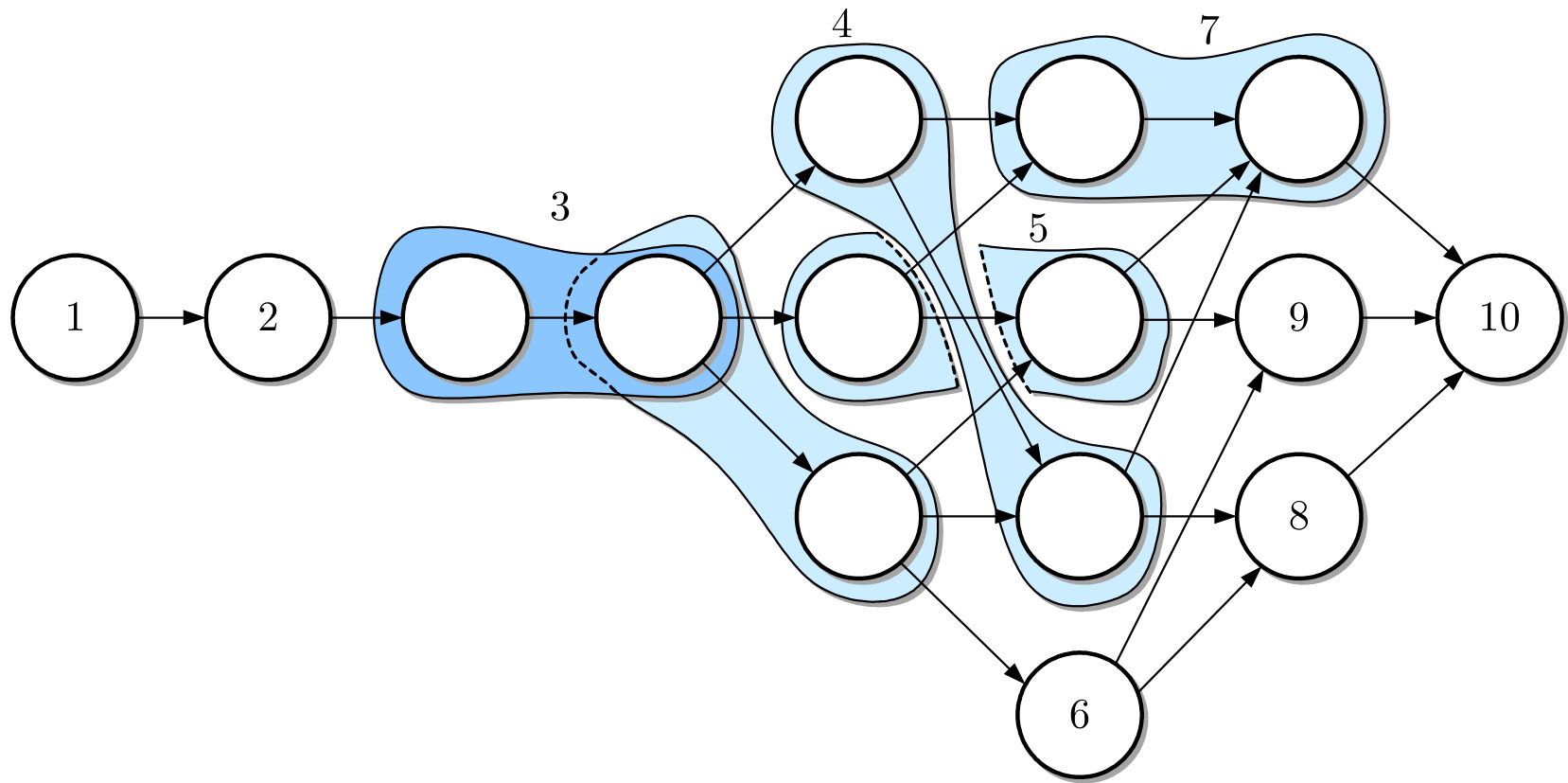


Abb. 6.23. Zusammenfassung von Knoten im Erreichbarkeitsgraphen des Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

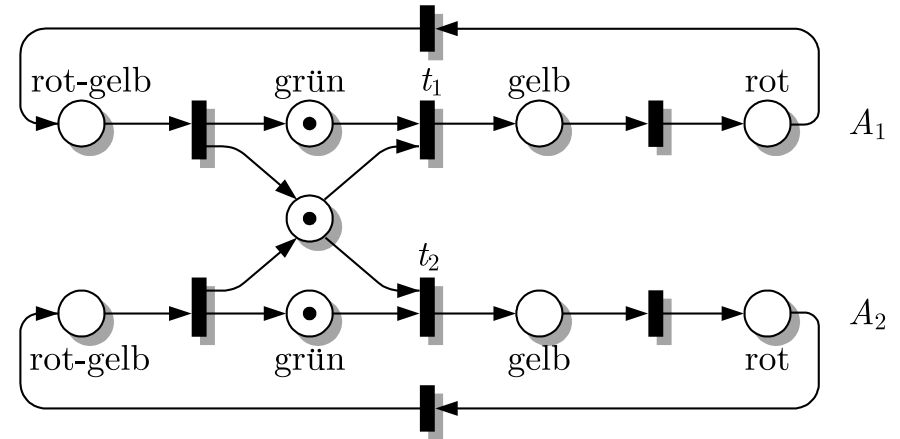
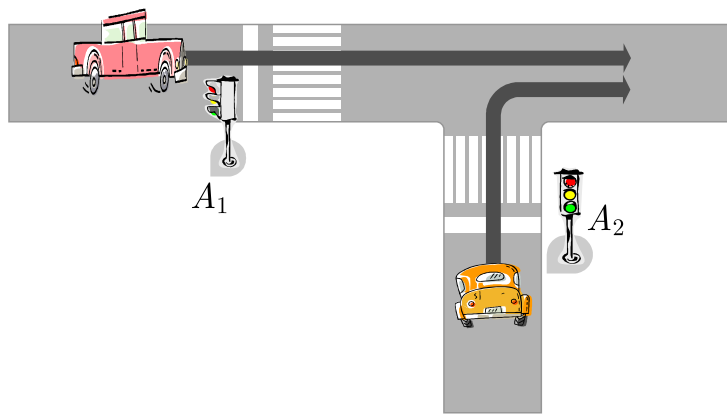


Abb. 6.24. Steuerung einer Verkehrsampel

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

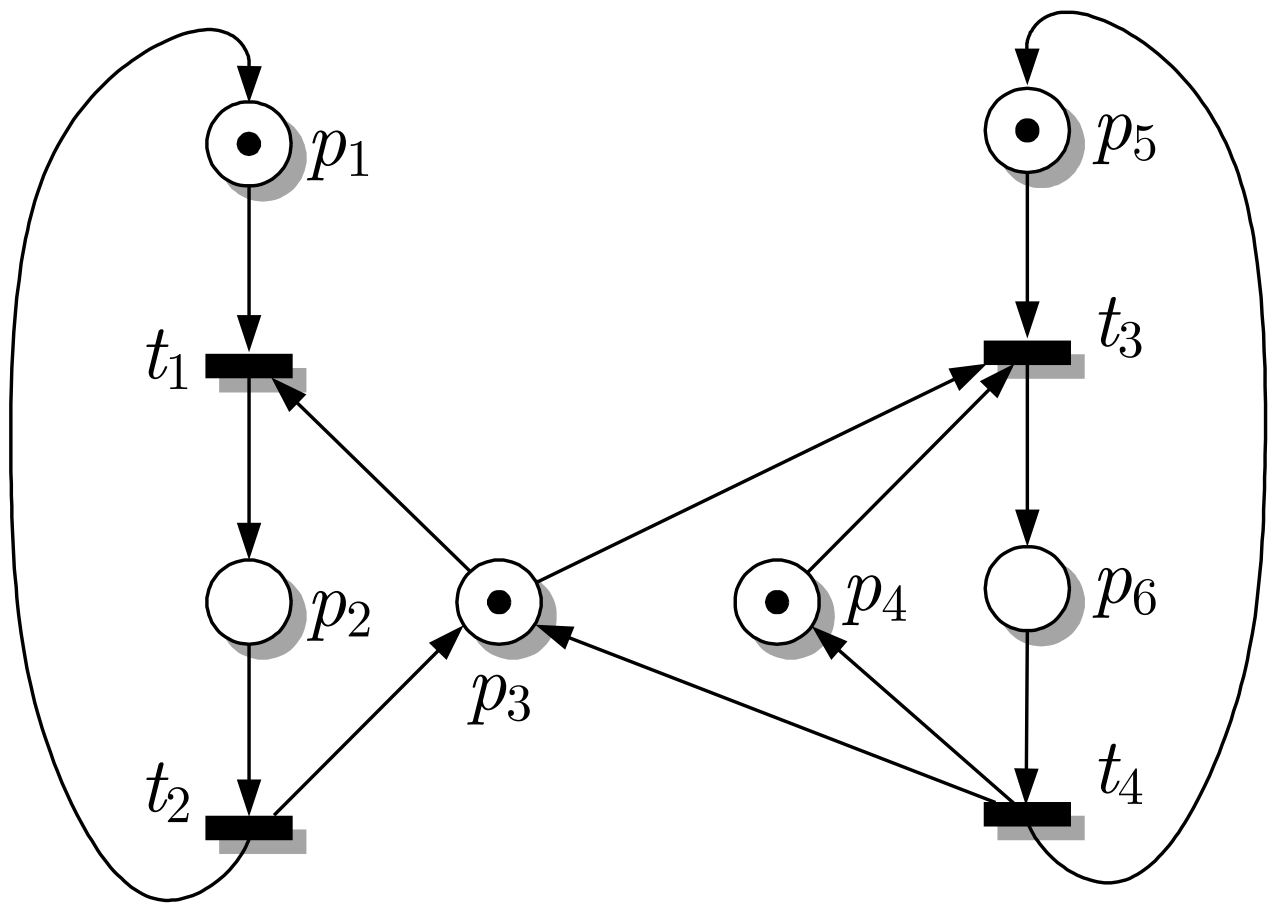
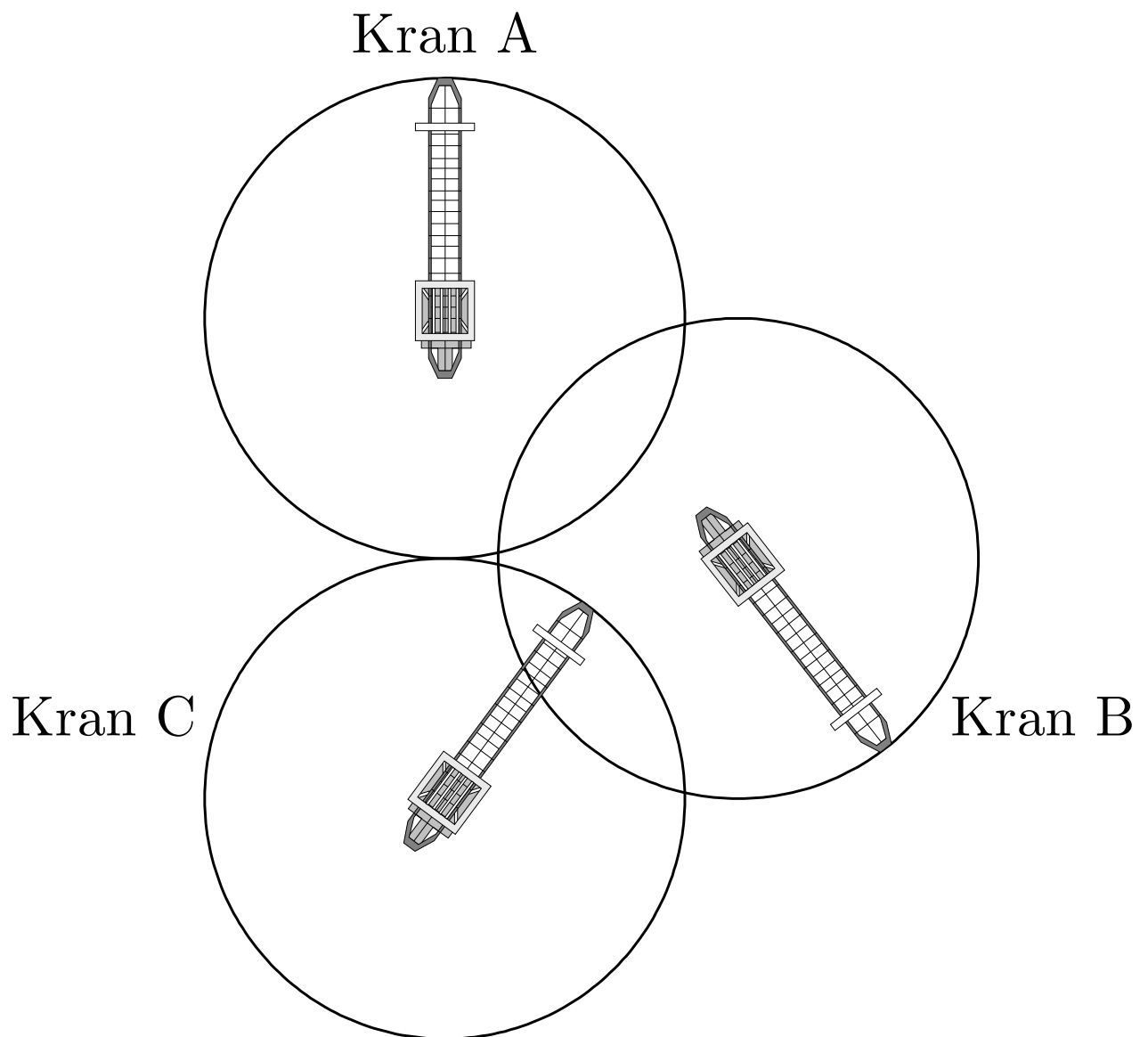


Abb. 6.25: Petrinetz zur Darstellung der Signalübertragung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. 6.26: Anordnung der Kräne auf der Baustelle
(Draufsicht)**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

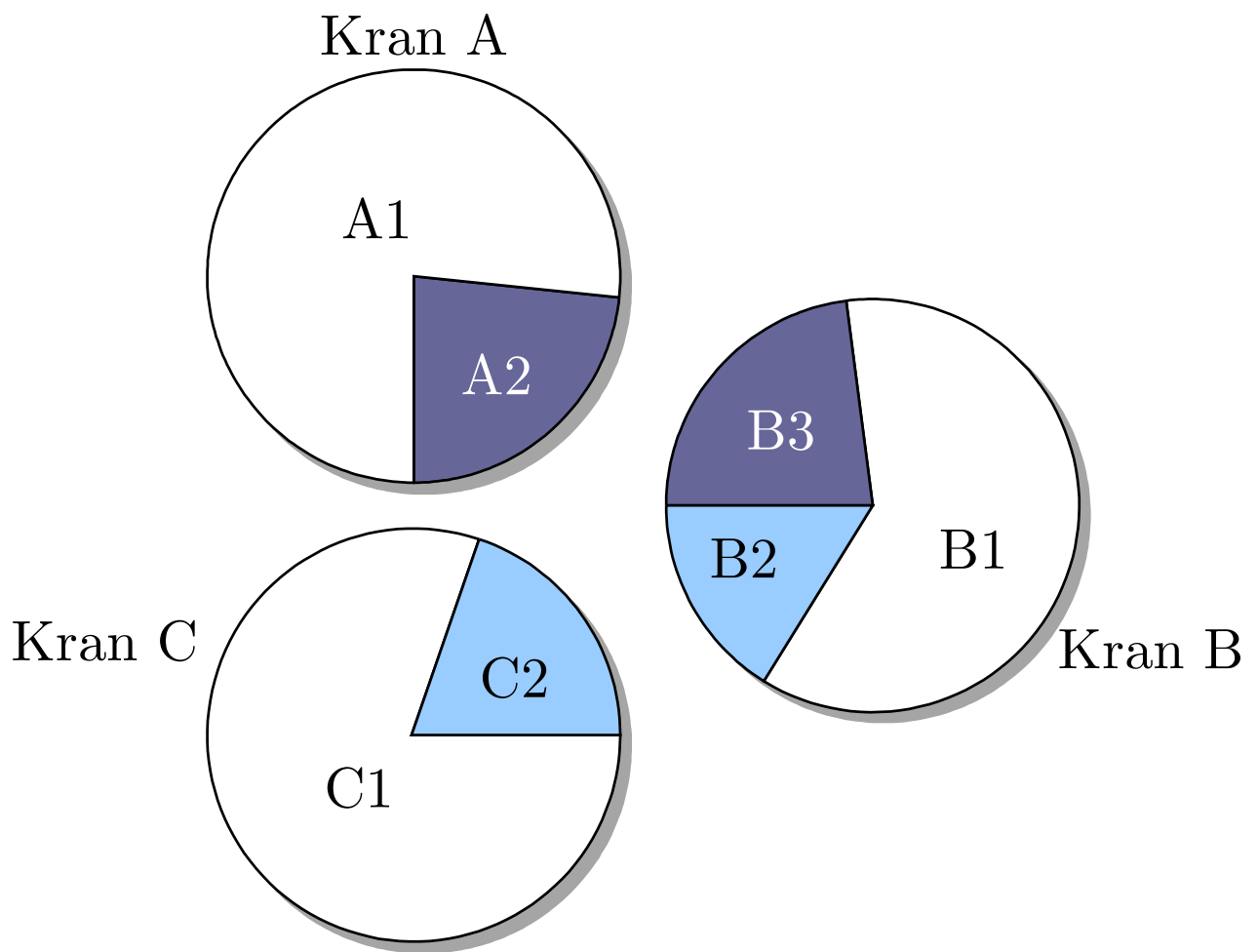


Abb. 6.26: Kollisionsbereiche der Kräne

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

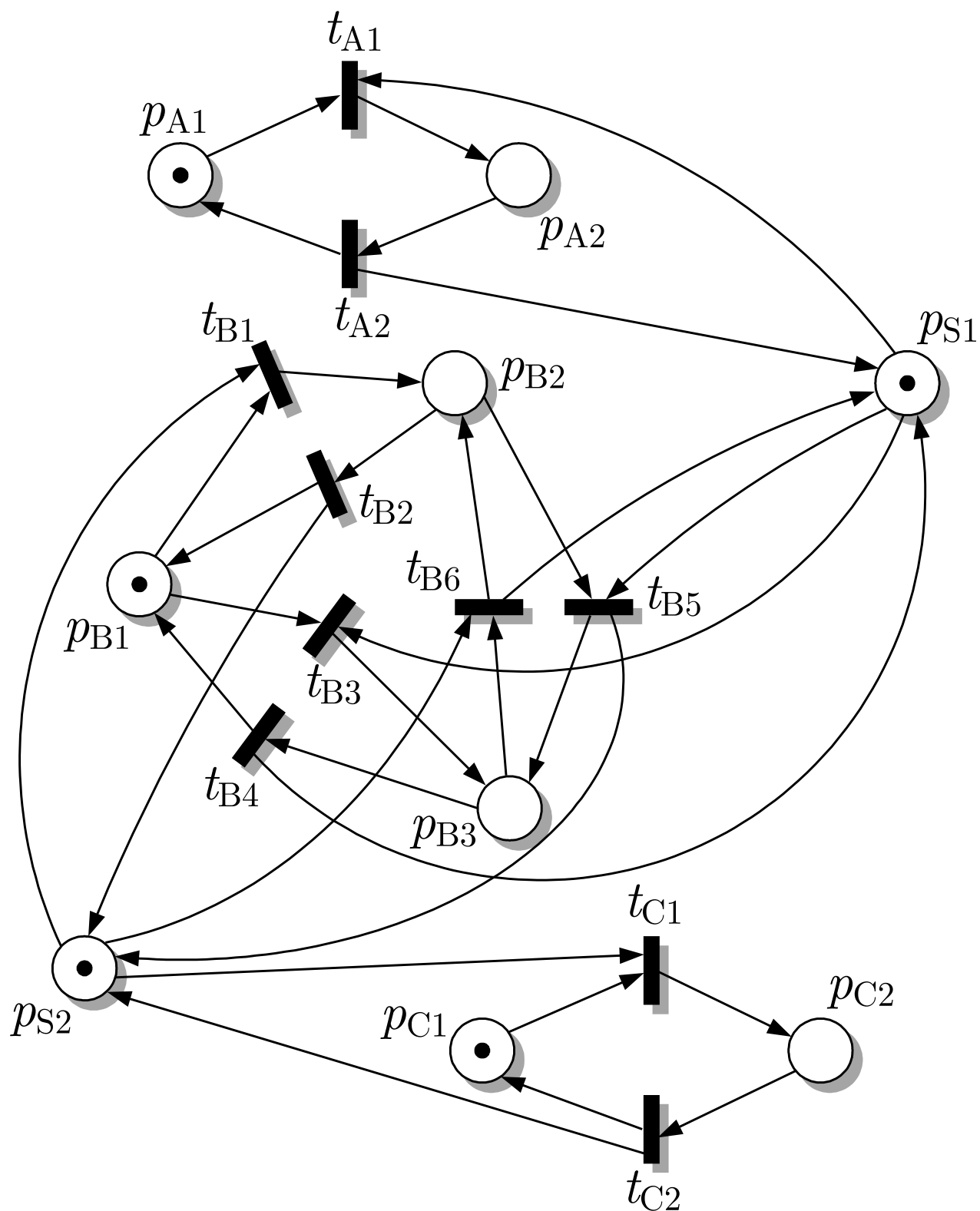


Abb. 6.27: Modell der gesteuerten Kräne

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

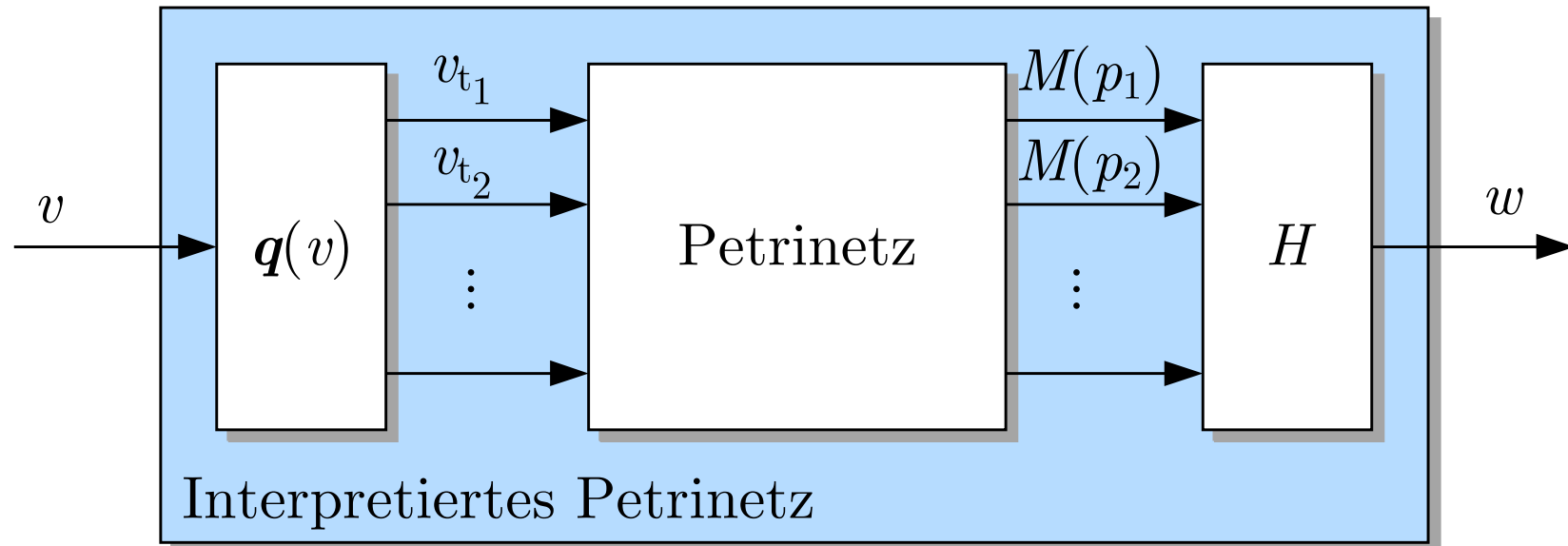


Abb. 6.28. Steuerungstechnisch interpretiertes Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

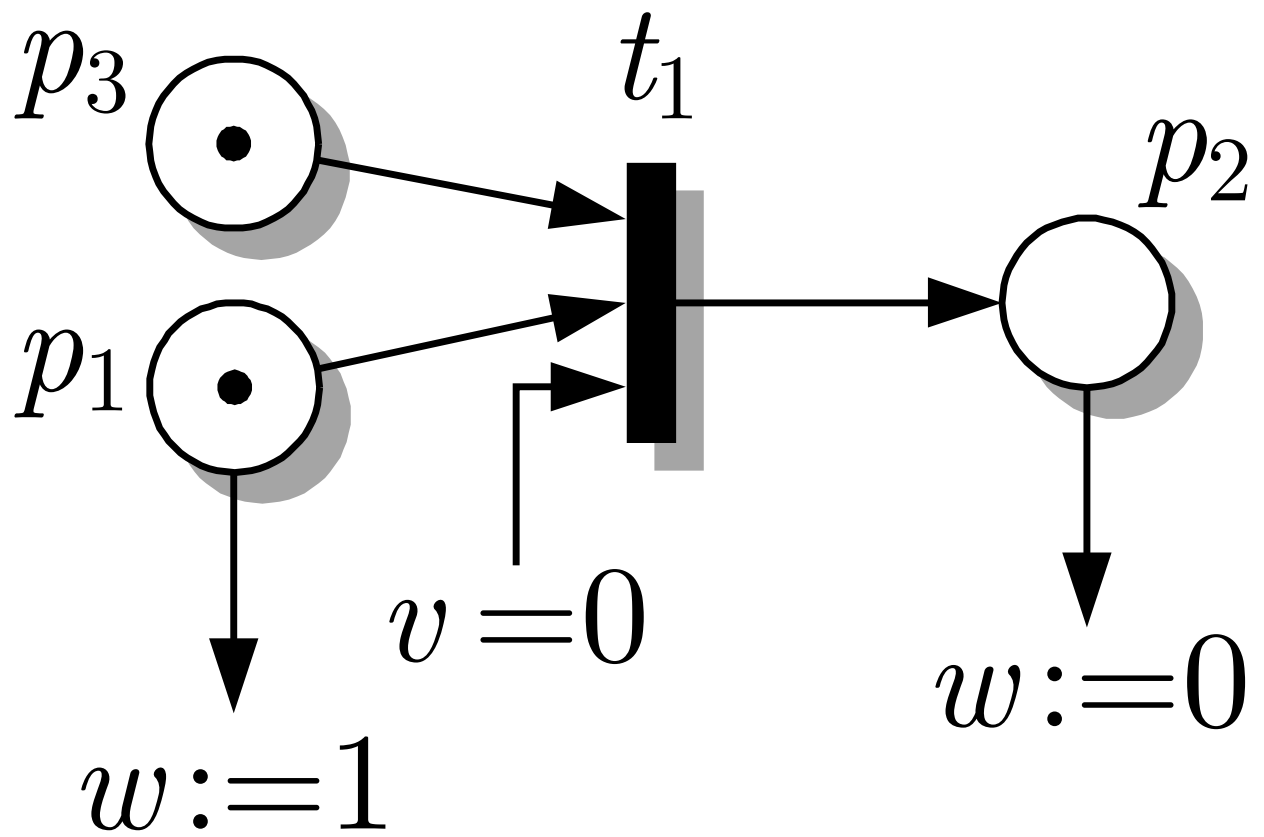


Abb. 6.29: Elemente eines interpretierten Petrinetzes

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

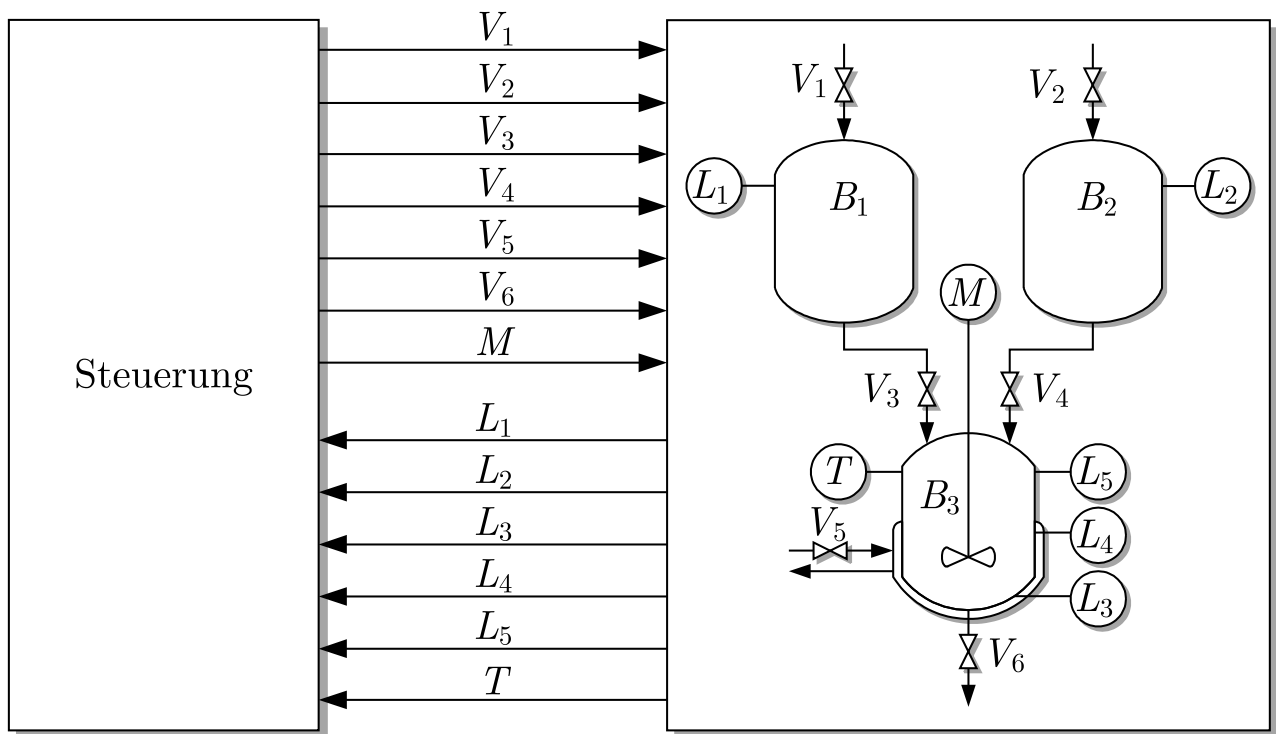


Abb. 6.30: Steuerung des Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

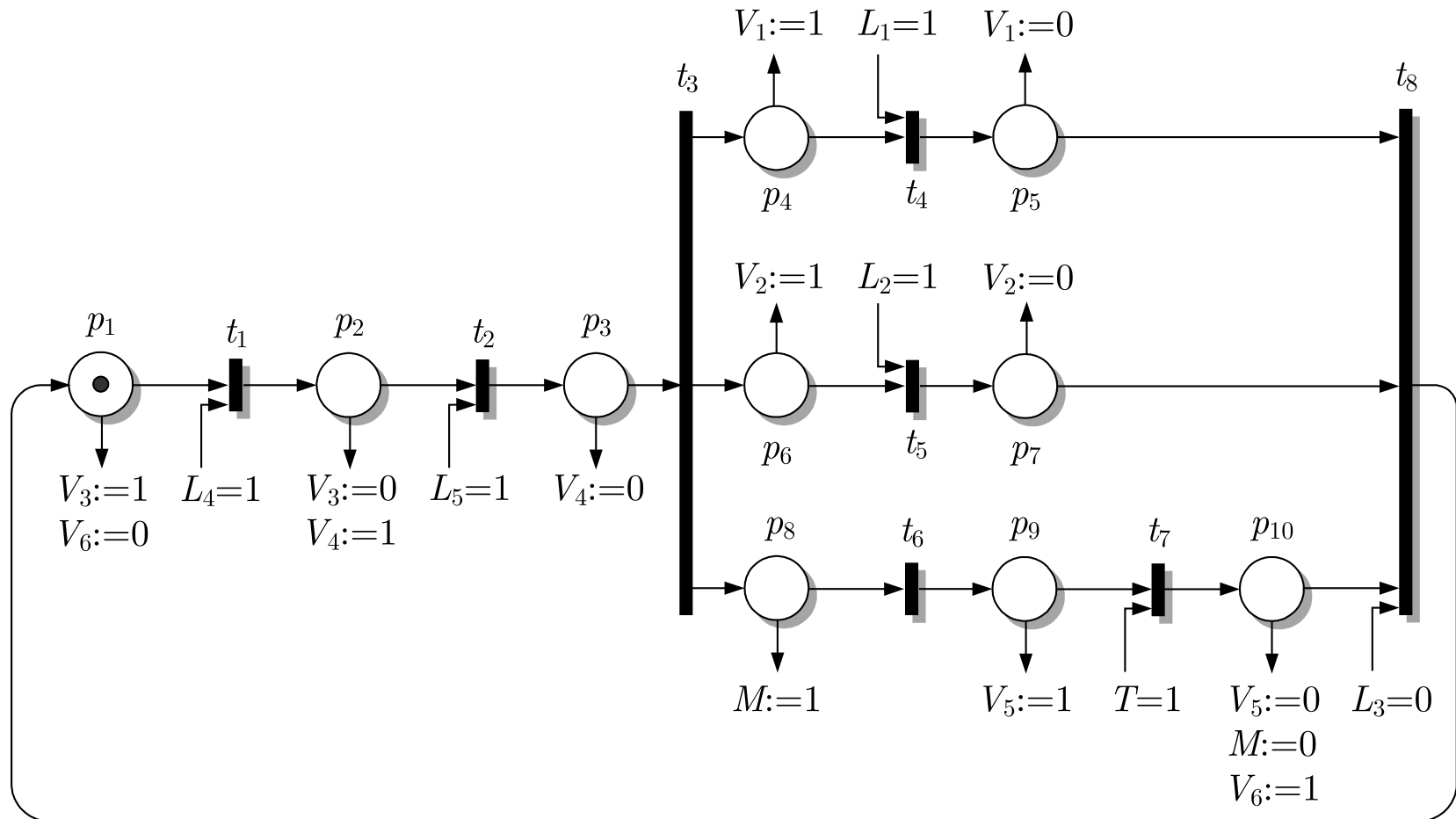


Abb. 6.31. Steuerungsalgorithmus für den Batchprozess

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

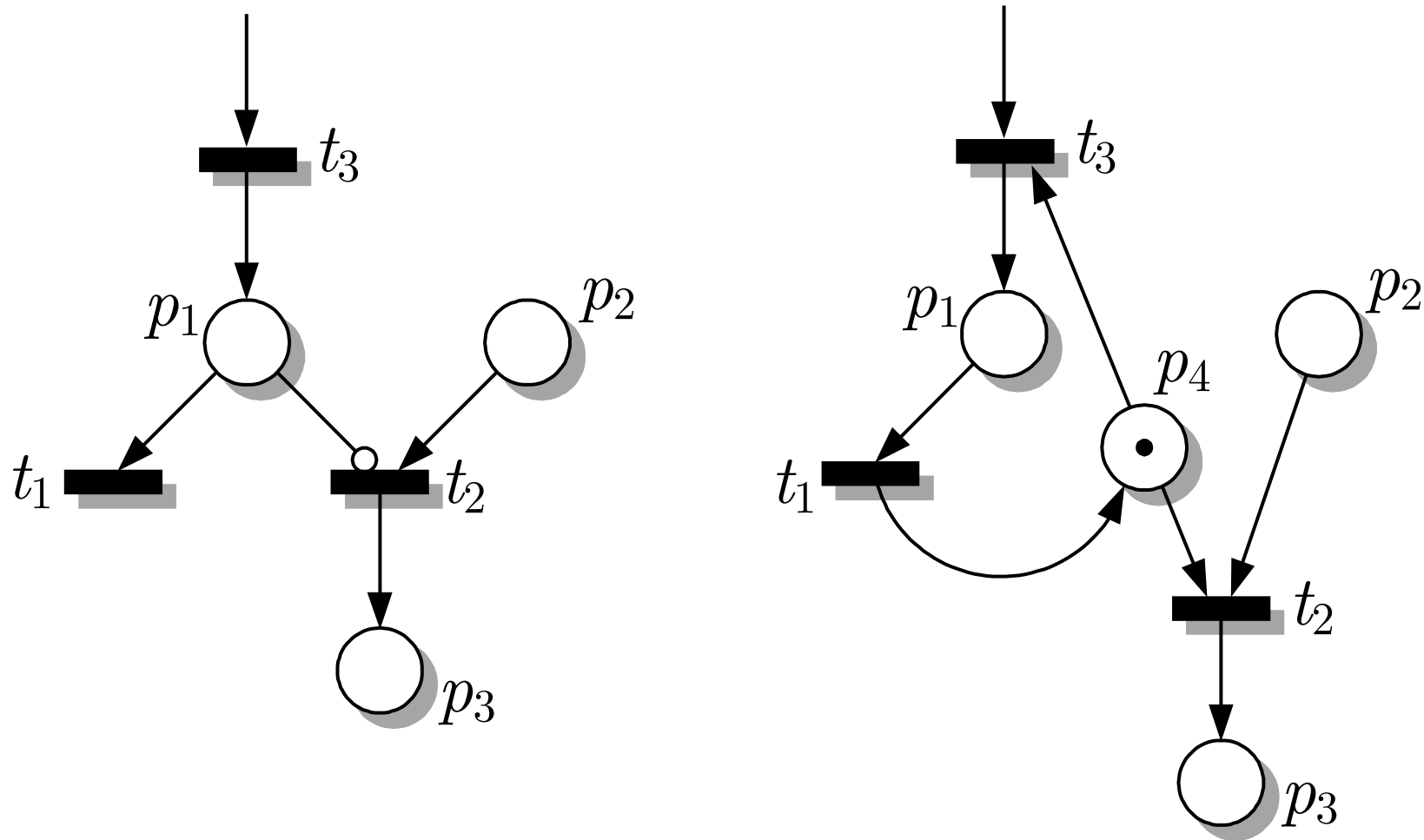


Abb. 6.32. Definition einer InhibitorKante

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

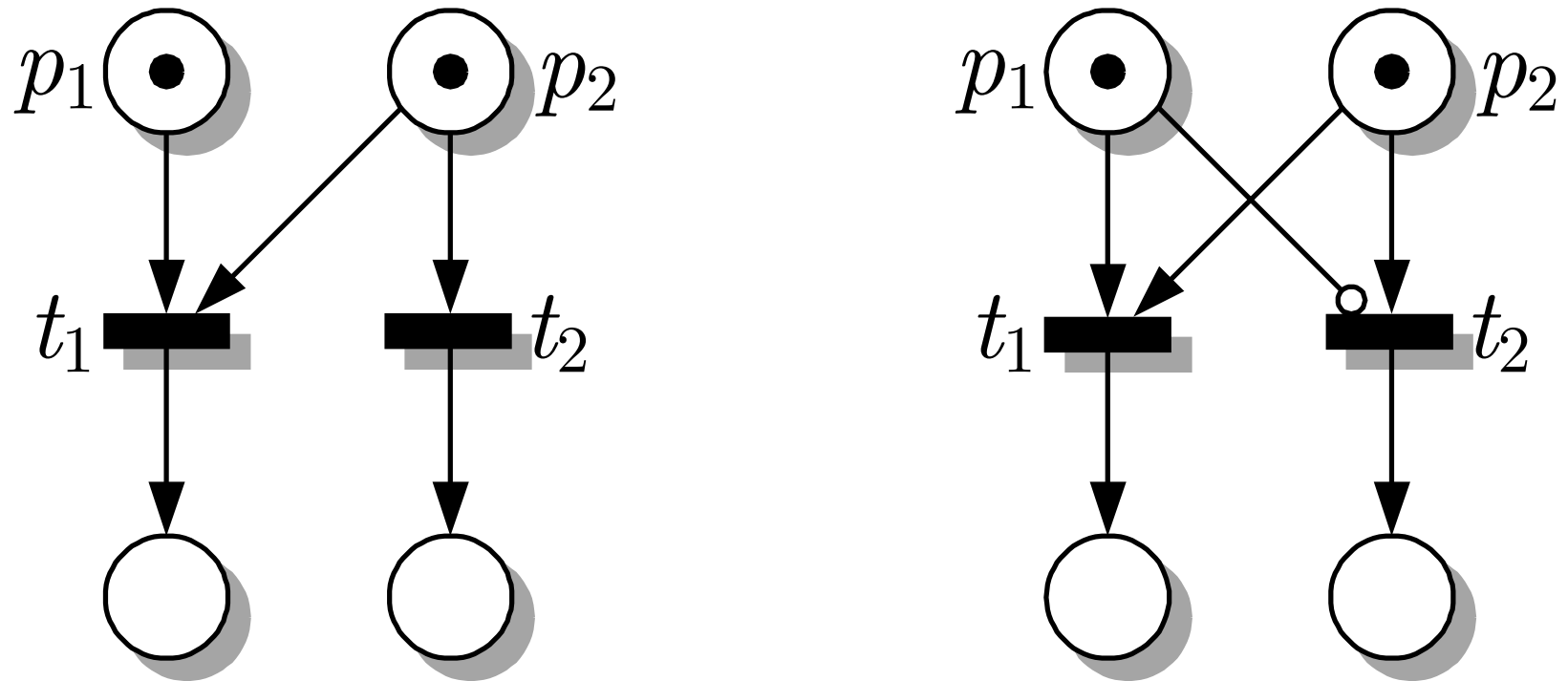


Abb. 6.33. Darstellung einer Priorisierung des Schaltens einer Transition mit Hilfe einer Inhibitor-Kante

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

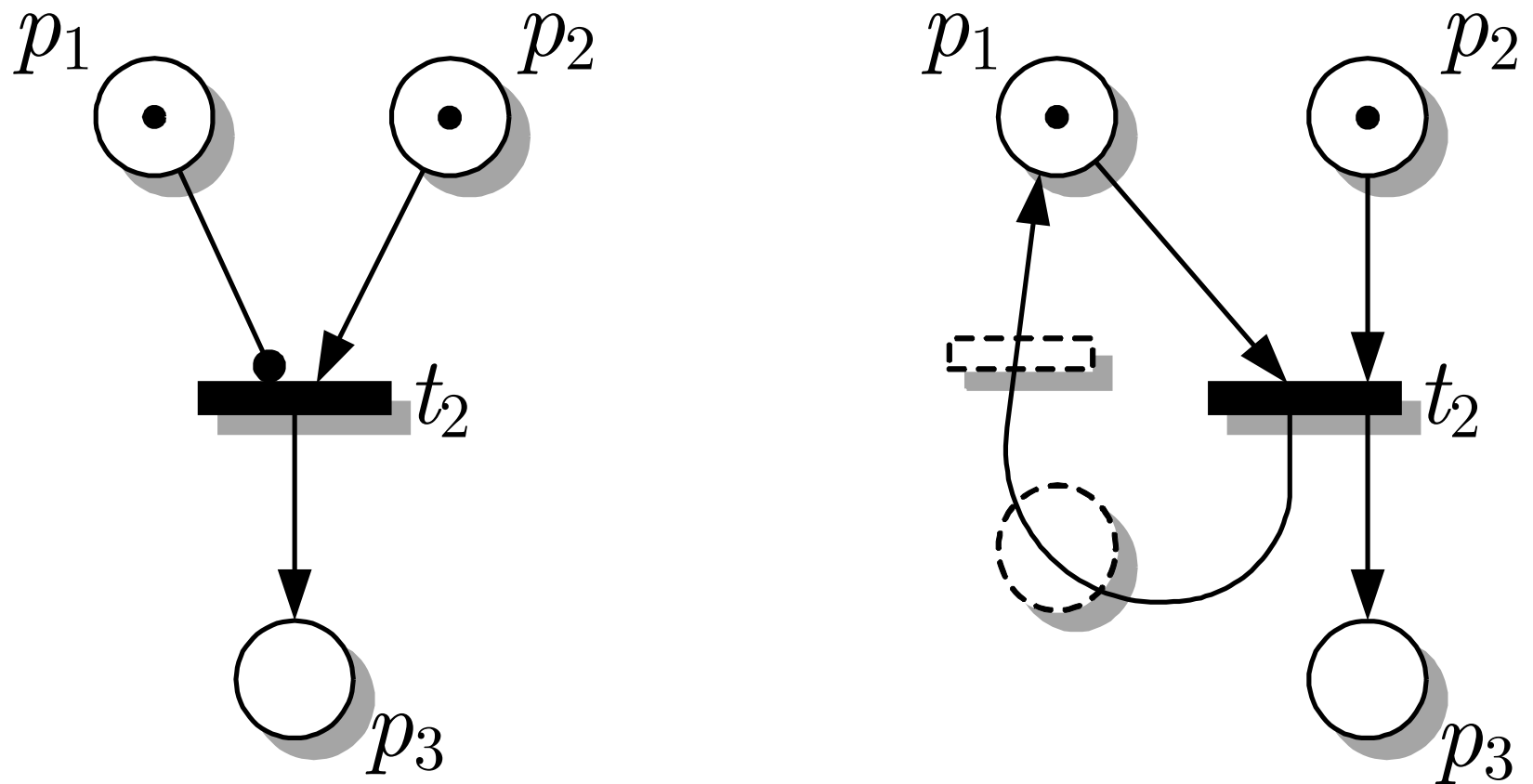


Abb. 6.34. Definition einer Testkante

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

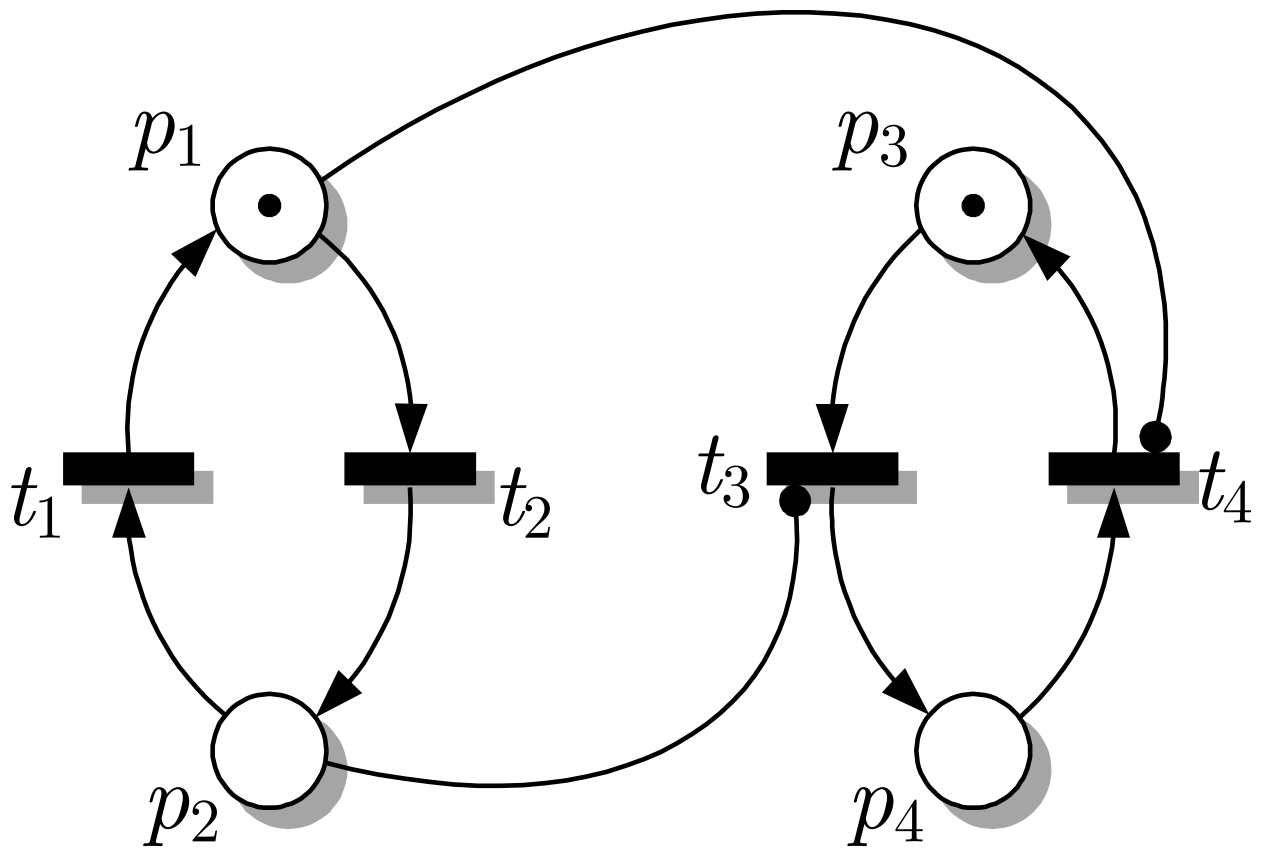


Abb. 6.35: Darstellung eines Verhaltens der Regelstrecke der Füllstandsregelung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

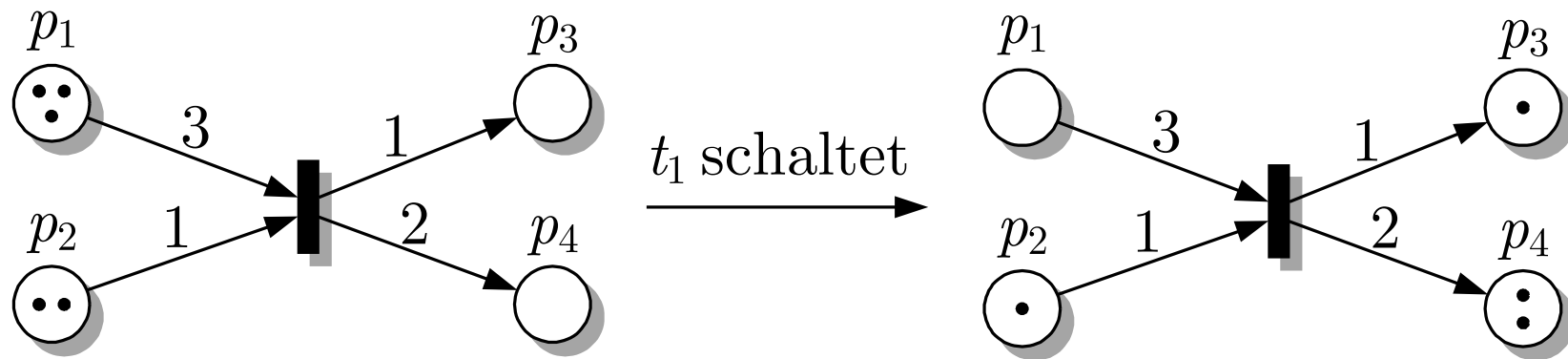


Abb. 6.36. S/T-Netz ohne Kapazitätsbeschränkungen der Stellen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

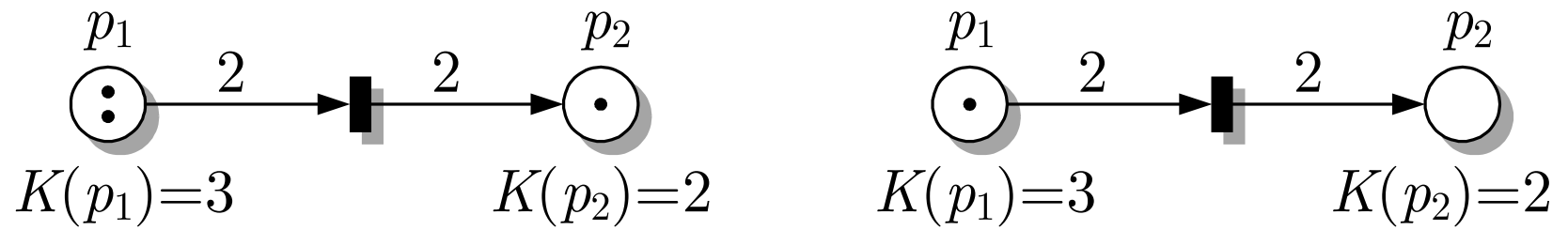


Abb. 6.37. S/T-Netz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

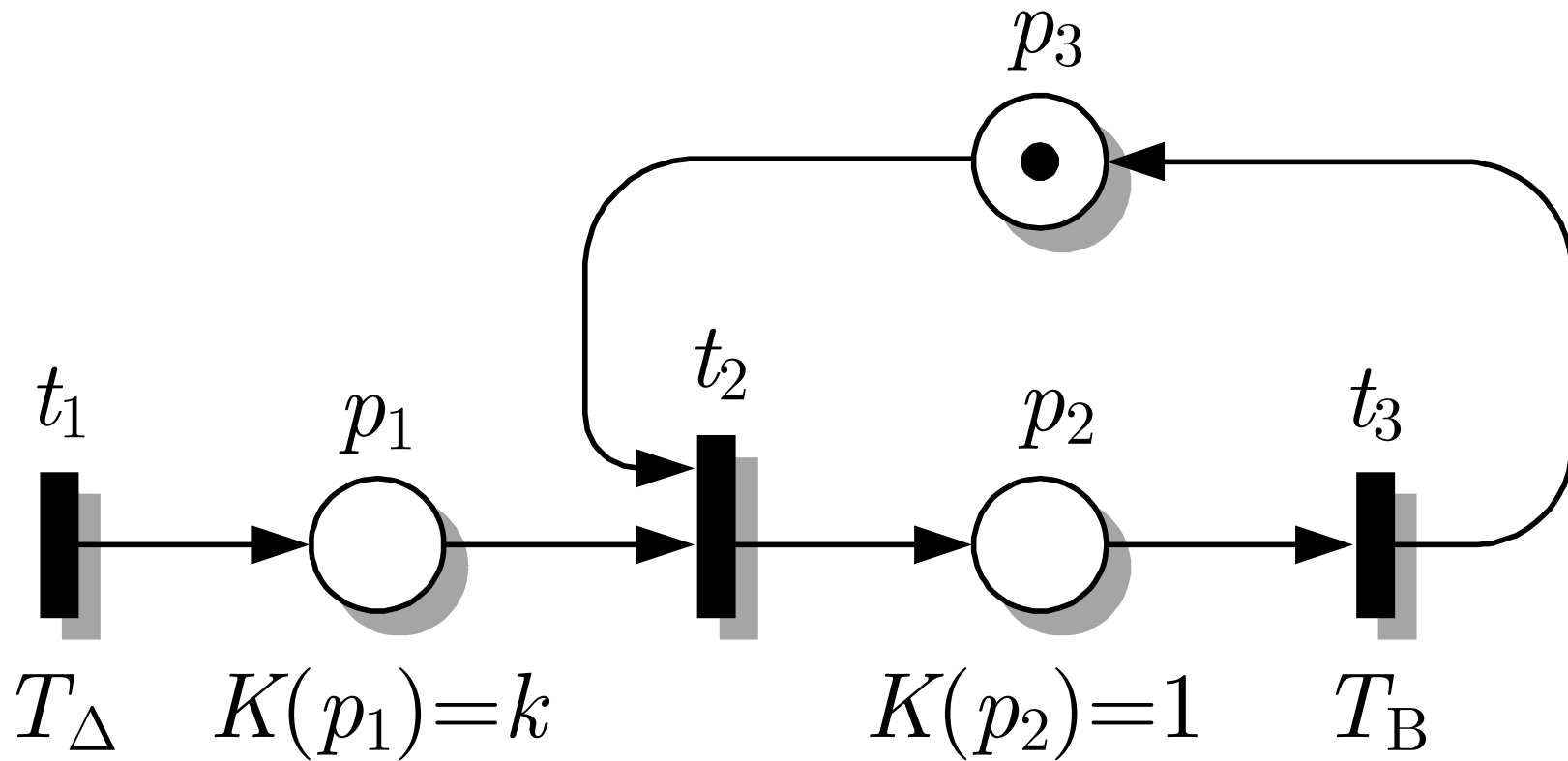


Abb. 6.38. Beschreibung eines Wartesystems durch ein Petrinetz mit Kapazitätsbeschränkung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

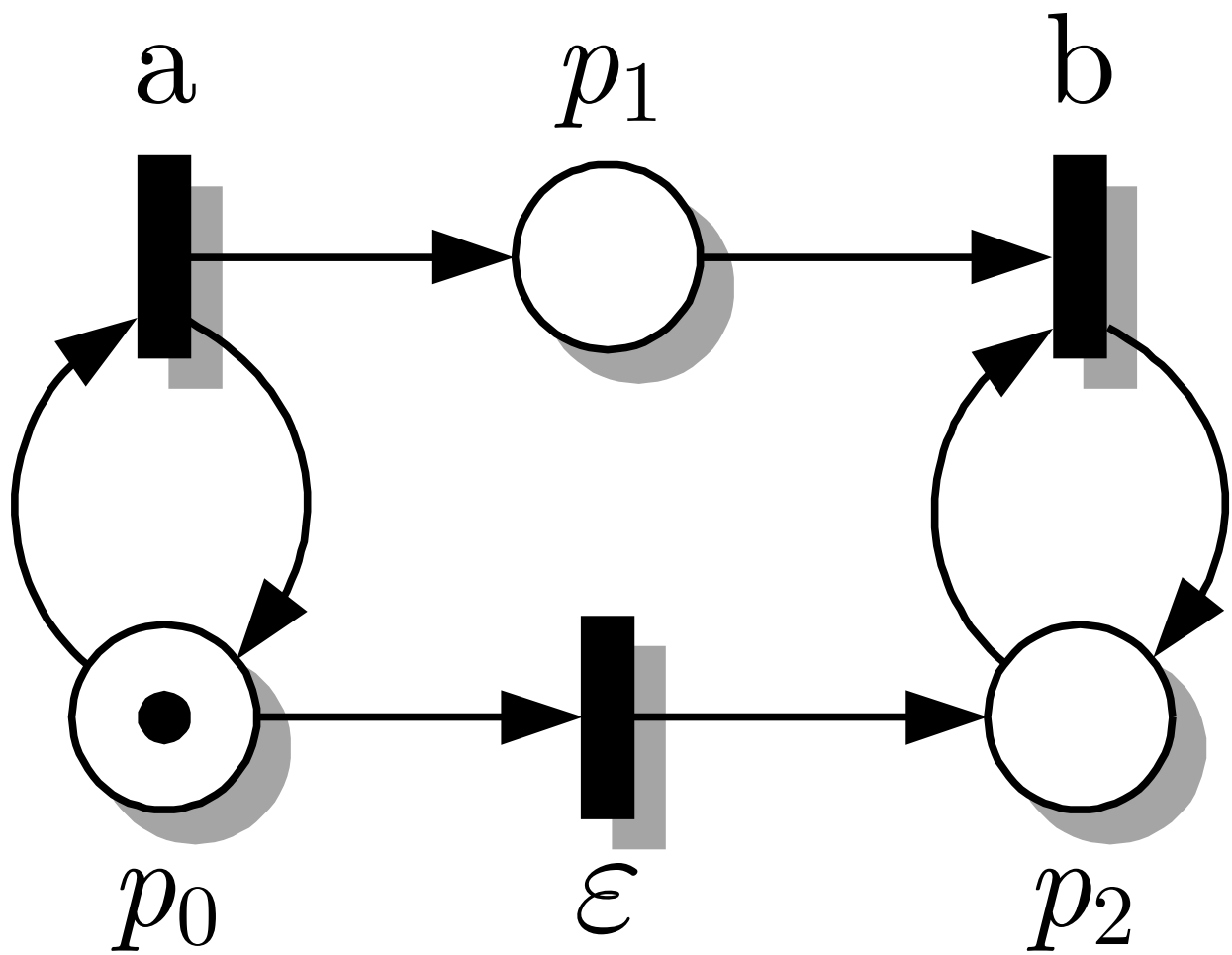


Abb. 6.39: Beispiel für ein S/T-Netz mit nicht regulärer Sprache

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

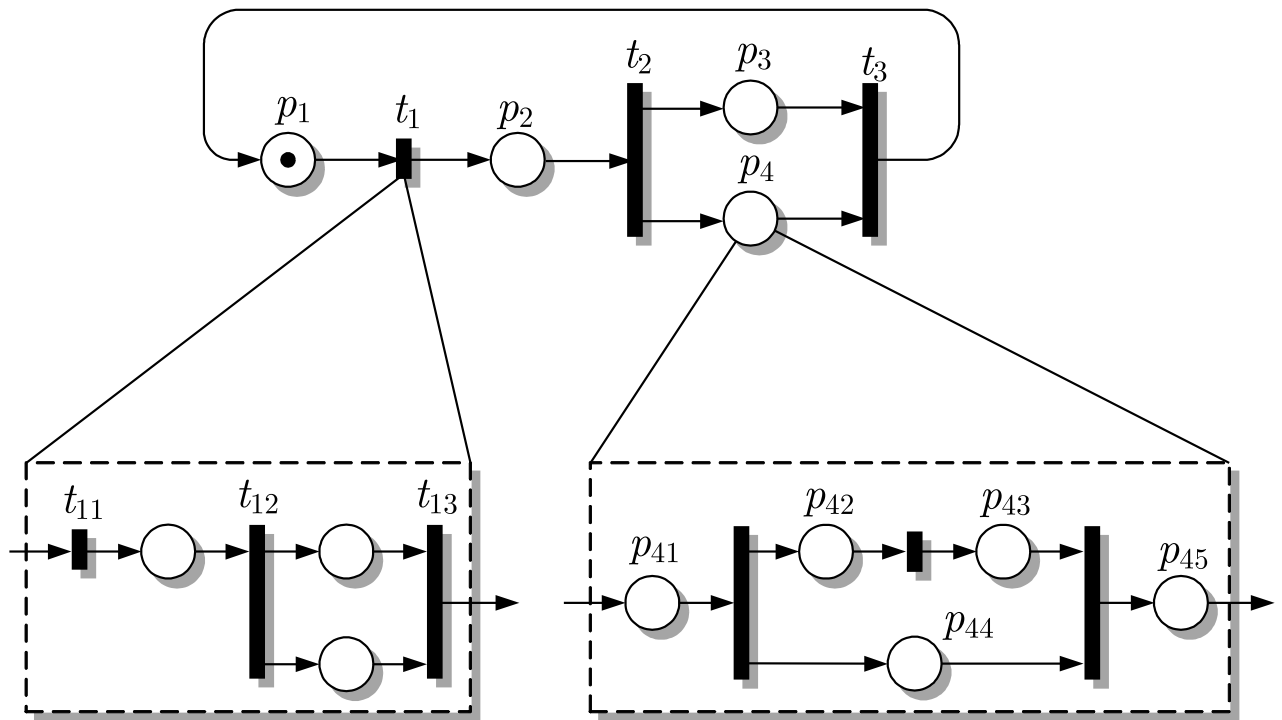


Abb. 6.40: Hierarchisches Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

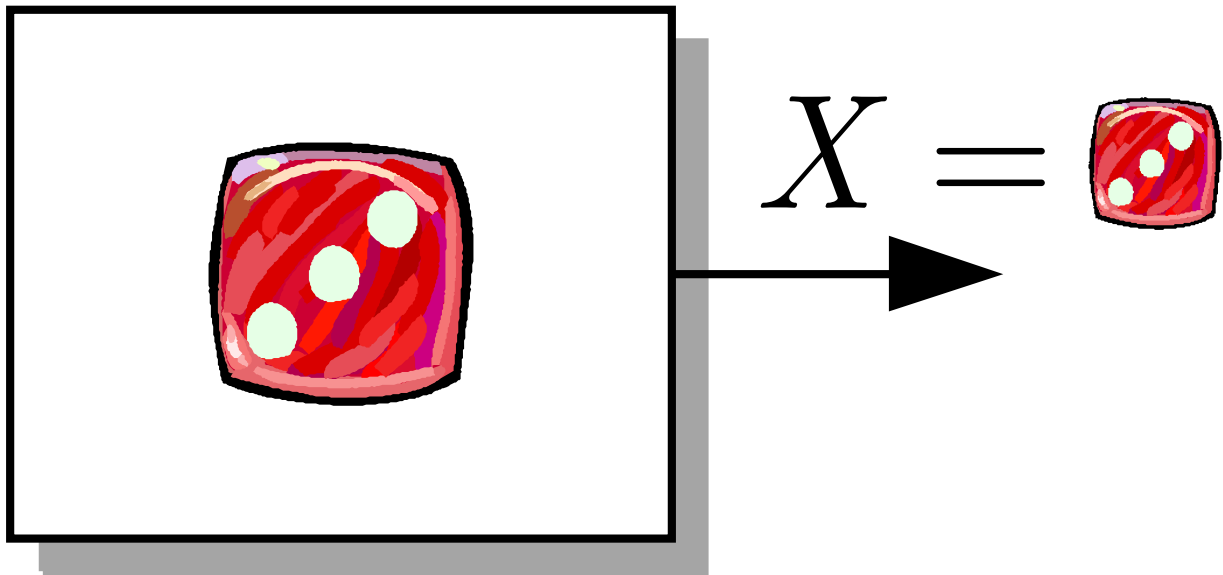


Abb. 7.1: Zufallsexperiment, das der Zufallsvariablen X einen Wert zuweist

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

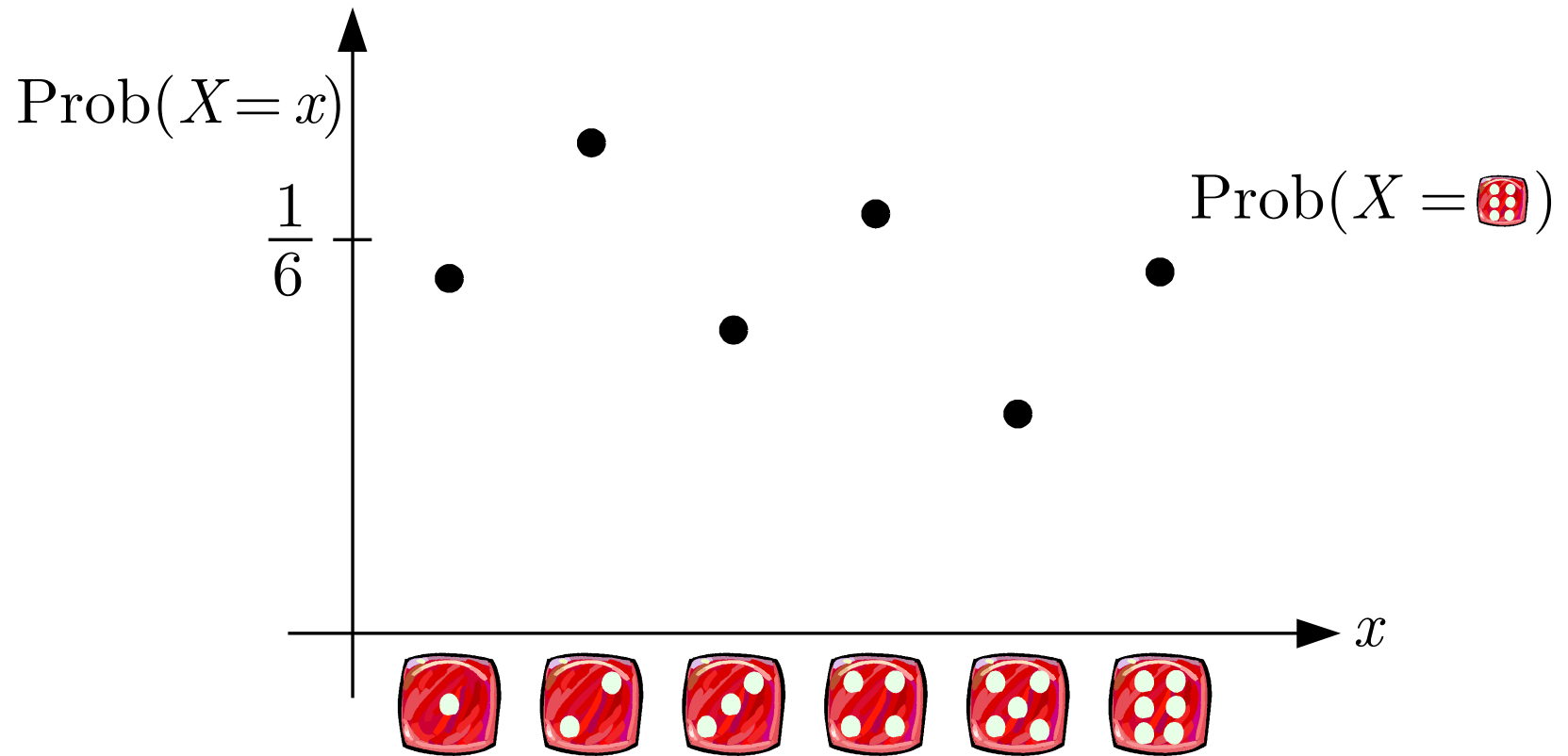


Abb. 7.2. Wahrscheinlichkeitsverteilung für einen Würfel

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

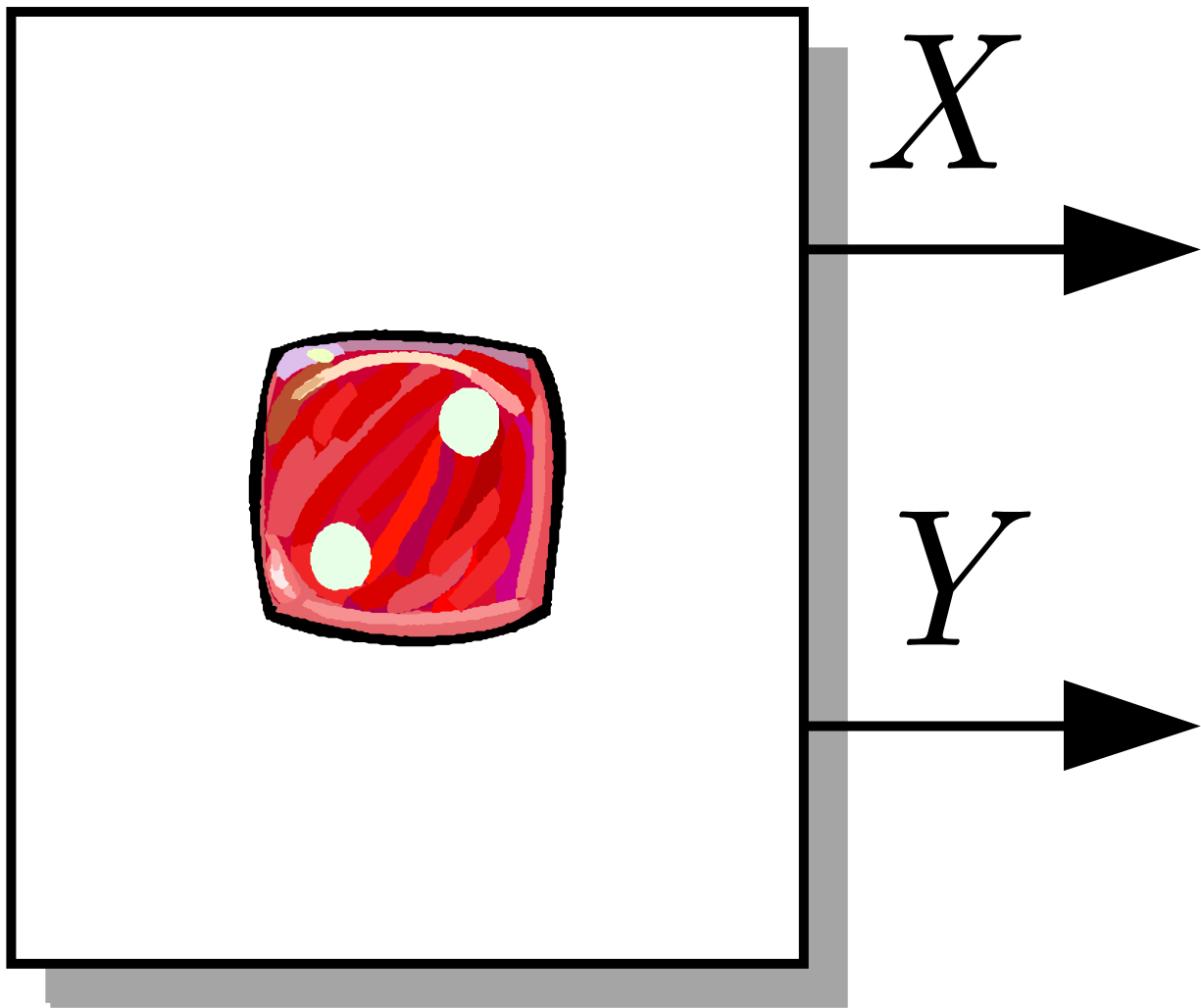


Abb. 7.3: Zufallsprozess, der zwei Ereignisse erzeugt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

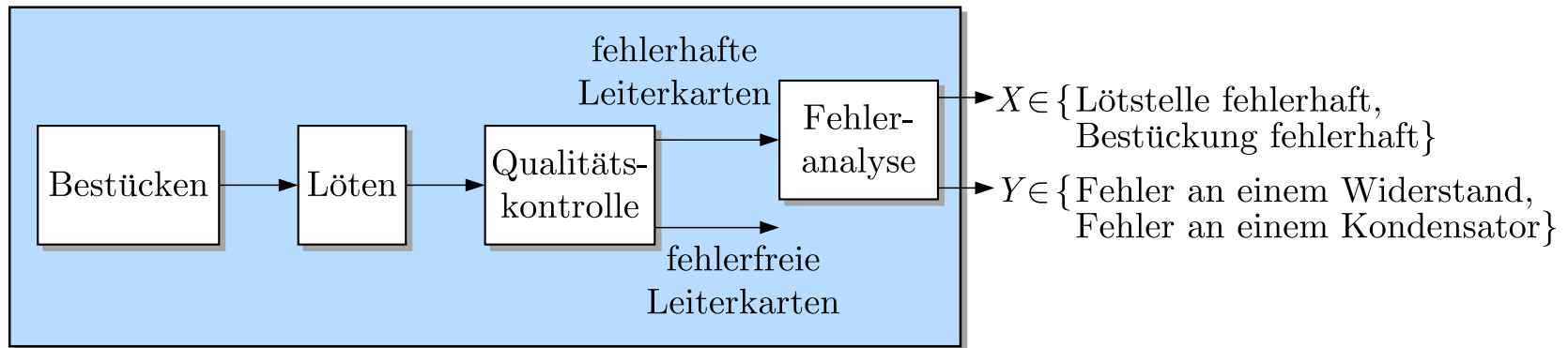


Abb. 7.4. Leiterkartenfertigung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

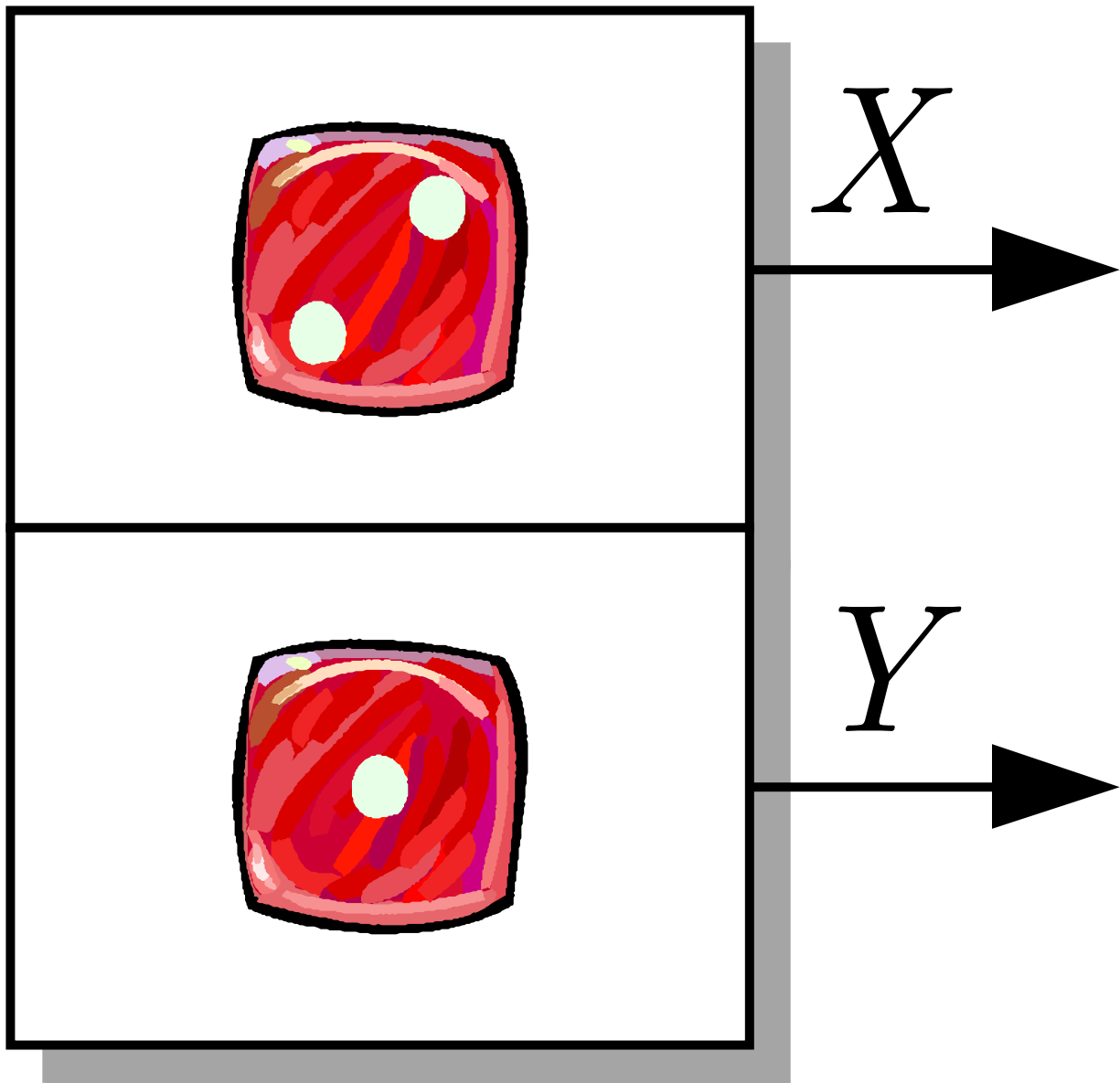


Abb. 7.5: Zufallsprozess mit zwei unabhängigen Zufallsvariablen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

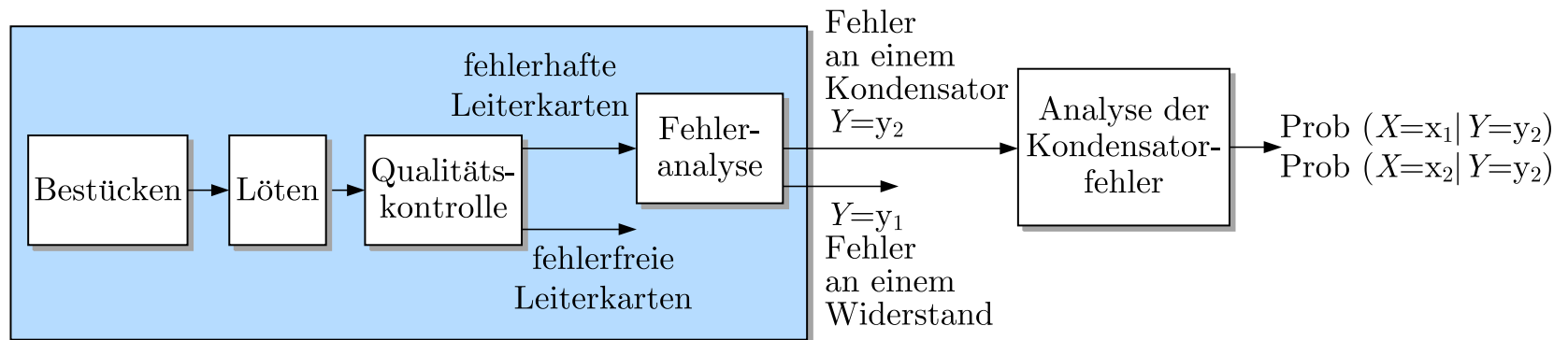


Abb. 7.6. Berechnung der bedingten Wahrscheinlichkeit $\text{Prob}(X = x \mid Y = y_2)$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

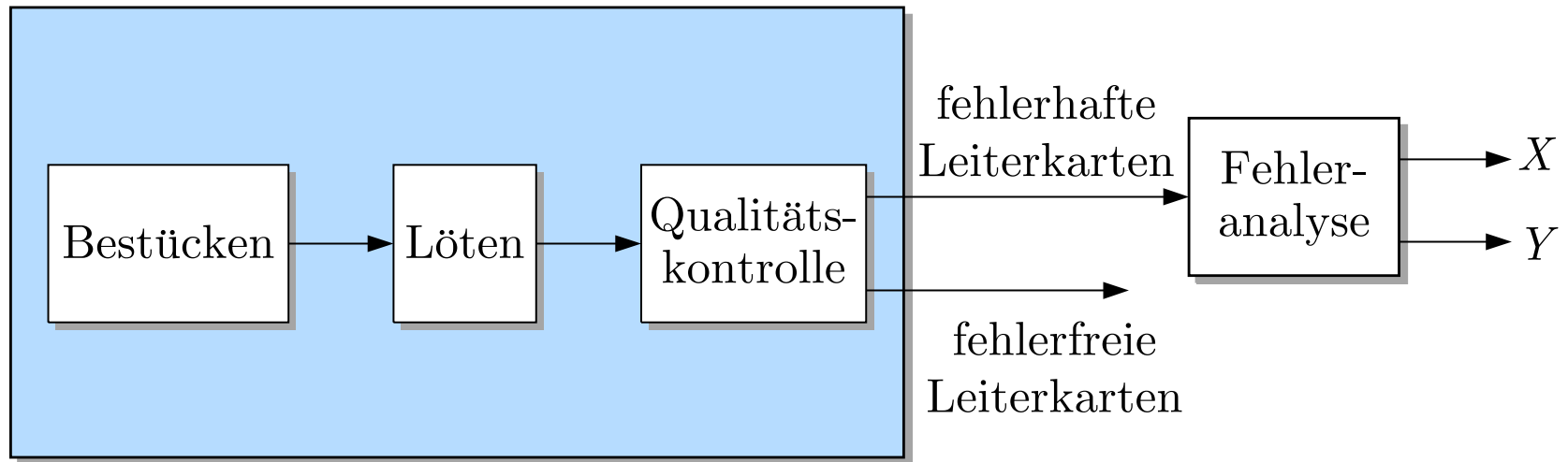


Abb. 7.7. Betrachtung aller produzierten Leiterkarten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Abb. 7.8. Stochastischer Prozess

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

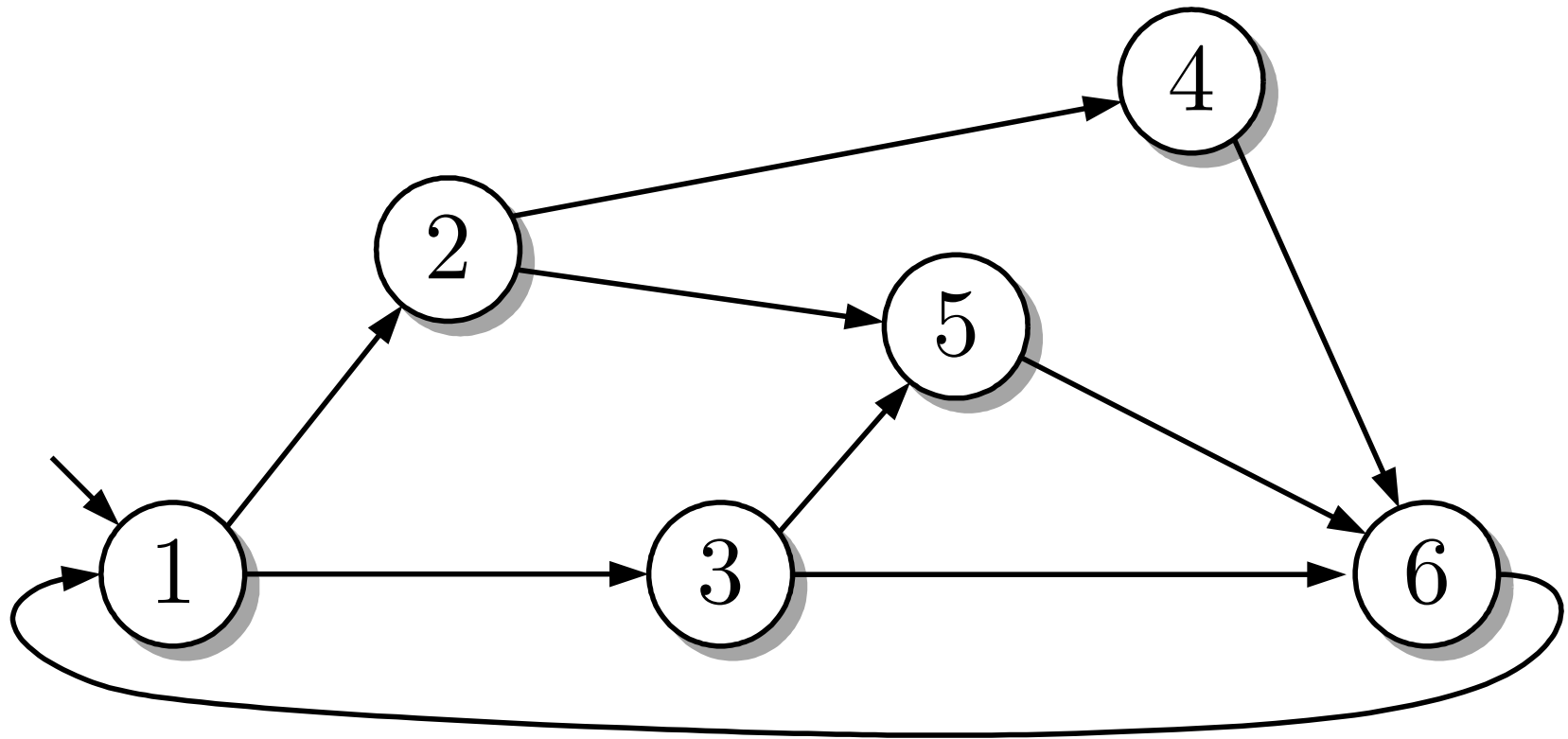


Abb. 7.9. Nichtdeterministischer Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

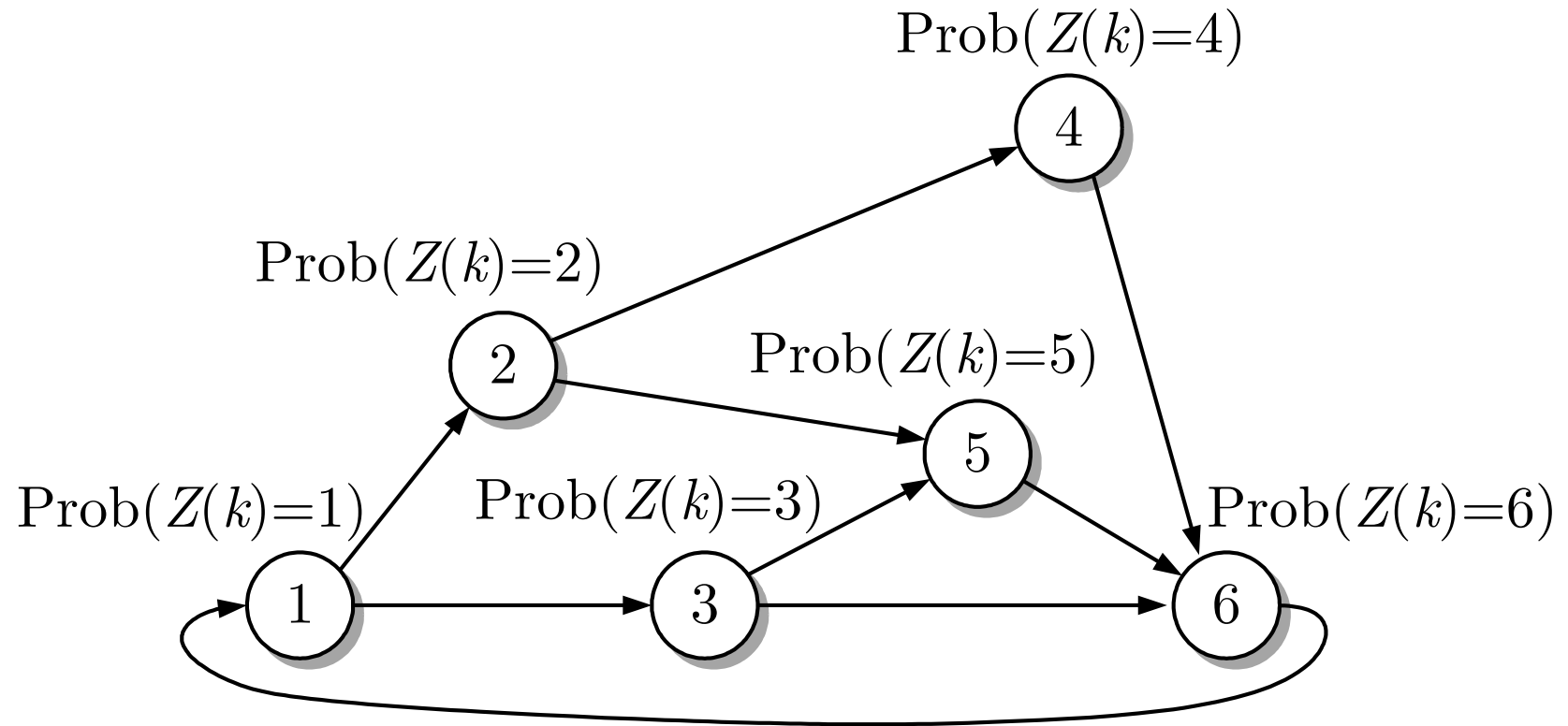


Abb. 7.10. Beschreibung des Zustands eines nichtdeterministischen Automaten als Zufallsvariable

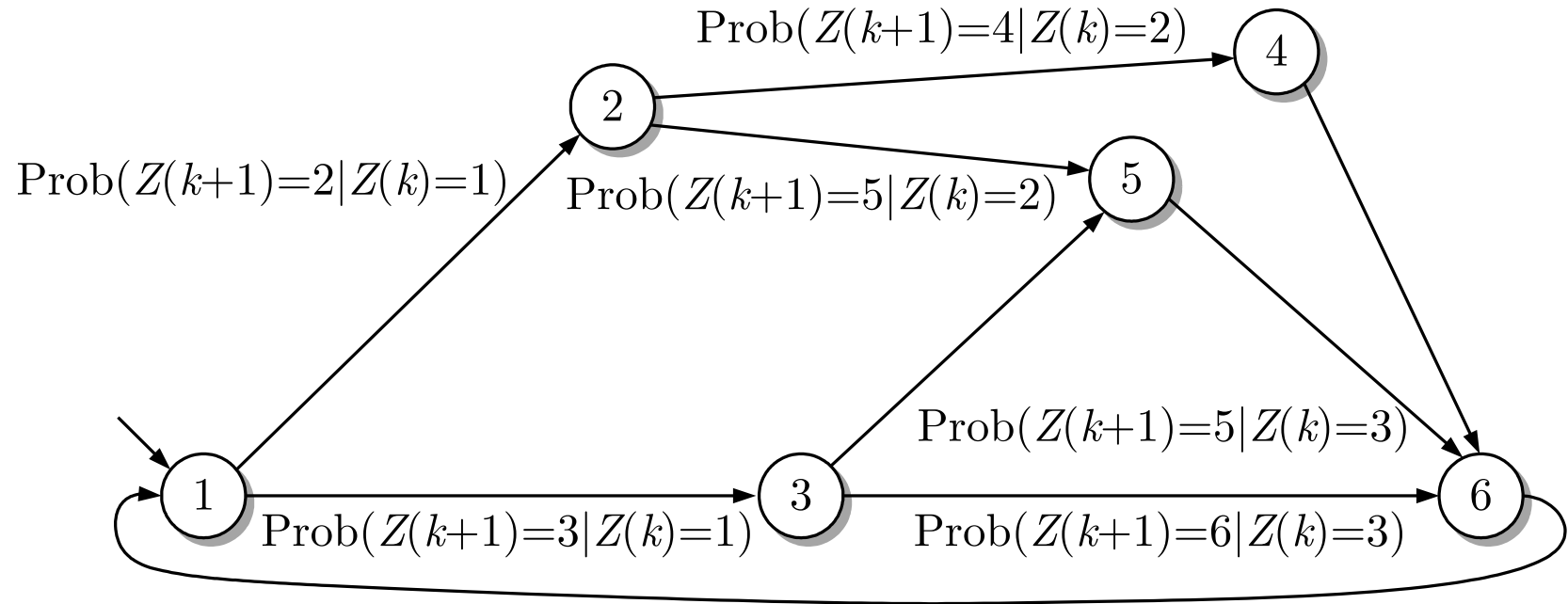


Abb. 7.11. Erweiterung des nichtdeterministischen Automaten zum stochastischen Automaten

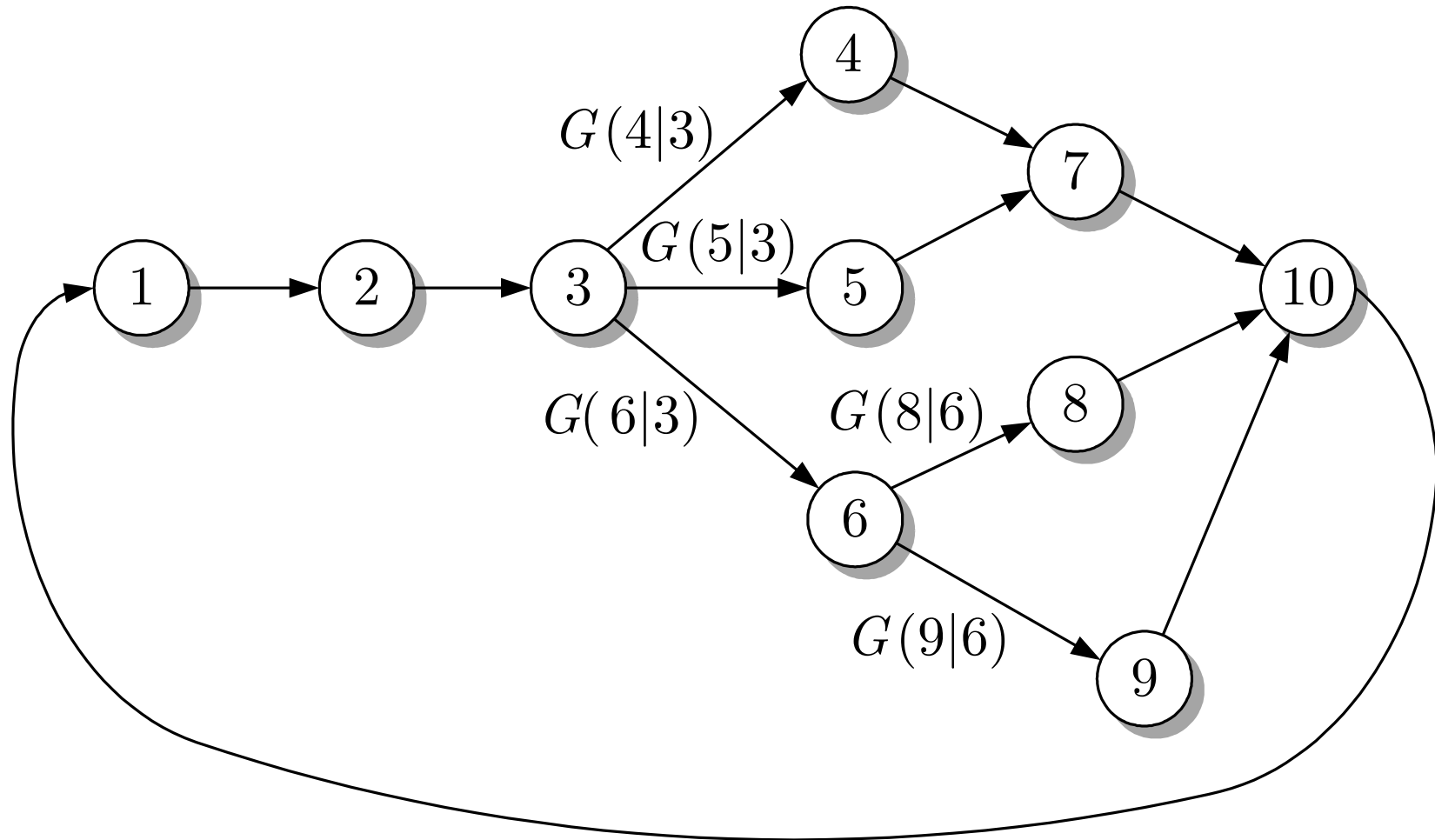


Abb. 7.12. Beschreibung des Batchprozesses durch einen stochastischen Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

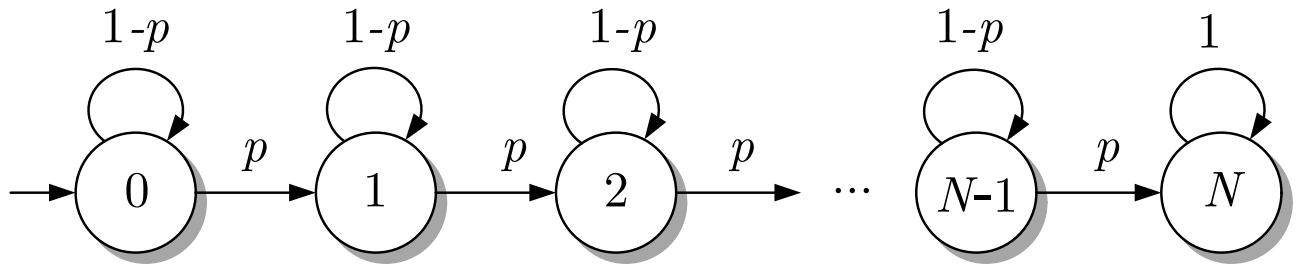


Abb. 7.13: Markovkette des Bernoulliprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

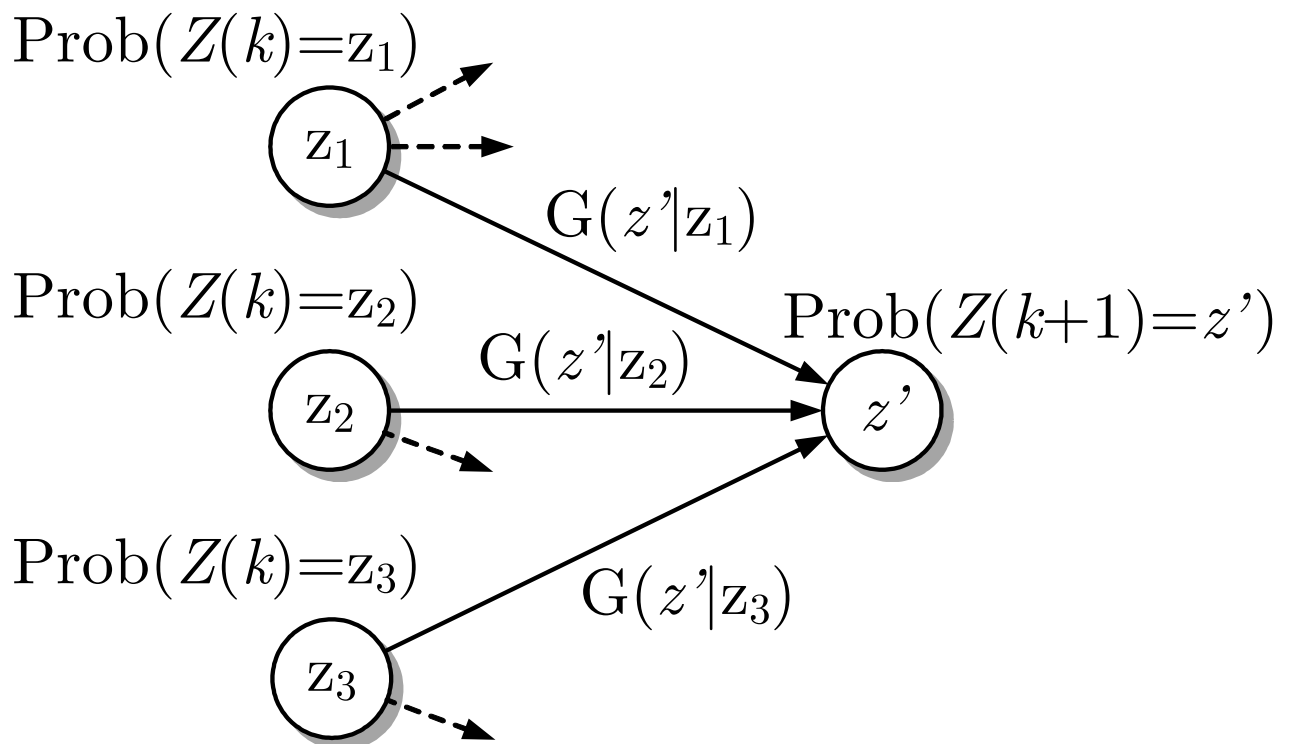


Abb. 7.14: Interpretation der Chapman-Kolmogorov-Gleichung

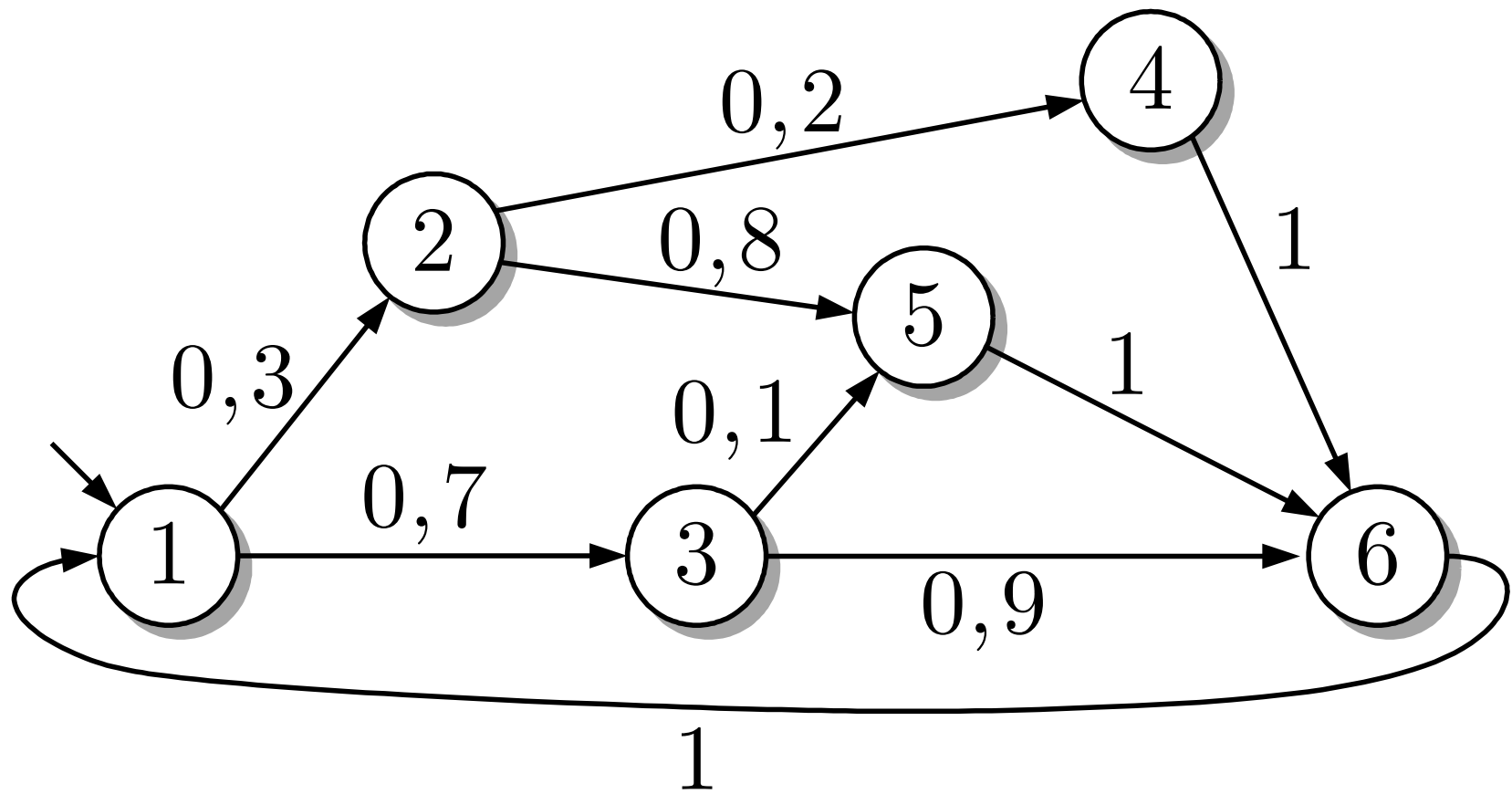


Abb. 7.15. Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

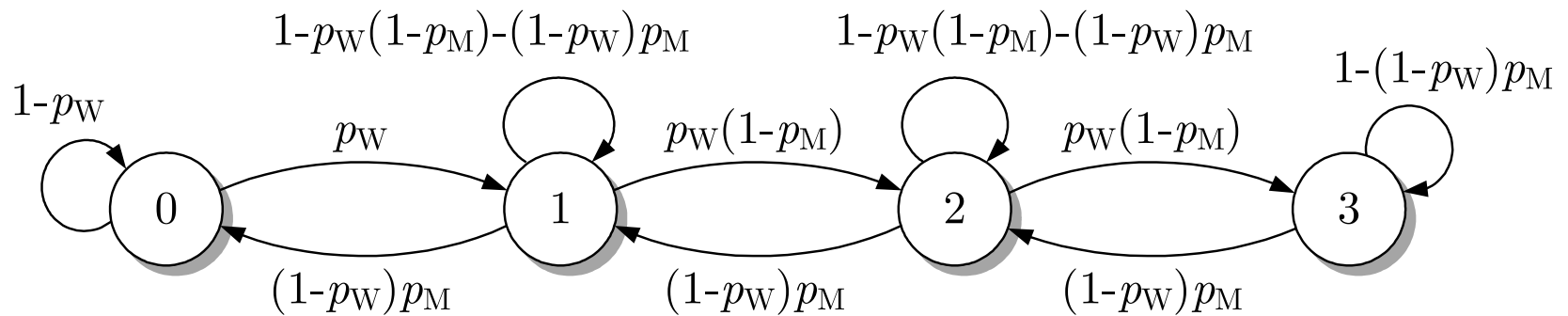


Abb. 7.16. Markovkette, die die Warteschlange vor der Werkzeugmaschine beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

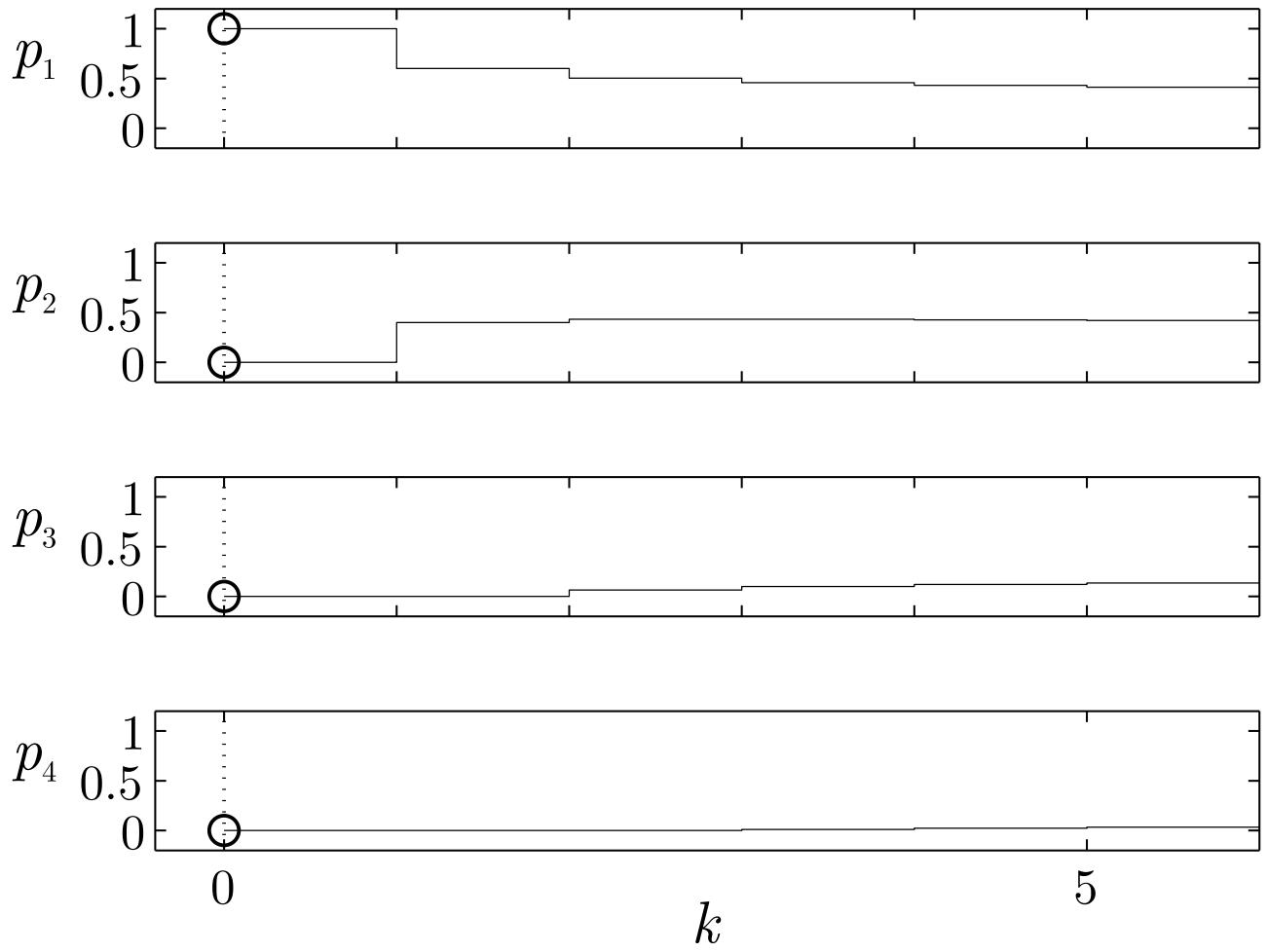


Abb. 7.17: Verhalten des Wartesystems

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

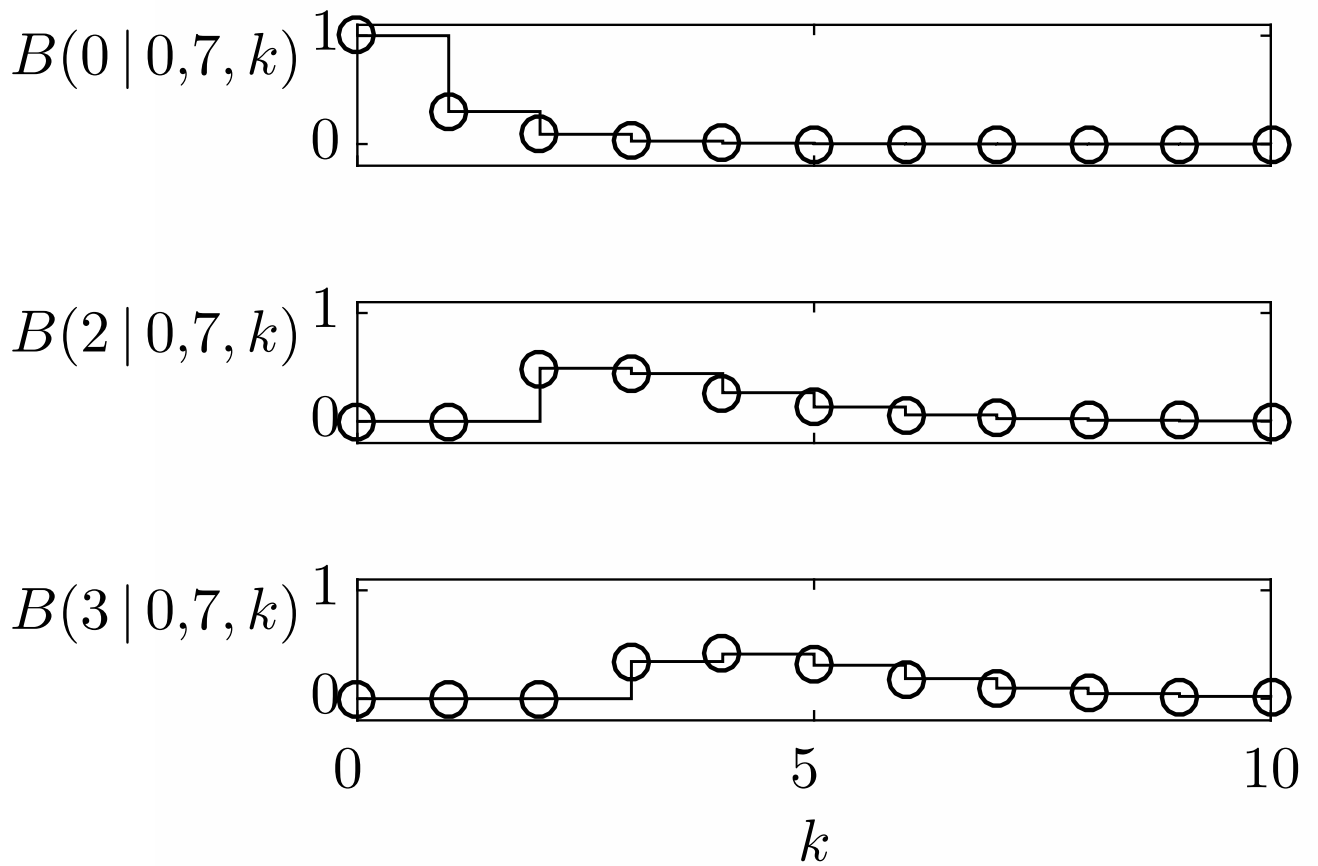


Abb. 7.18: Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Bernoulliprozesses in den Zuständen 0, 2 und 3 für $p = 0,7$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

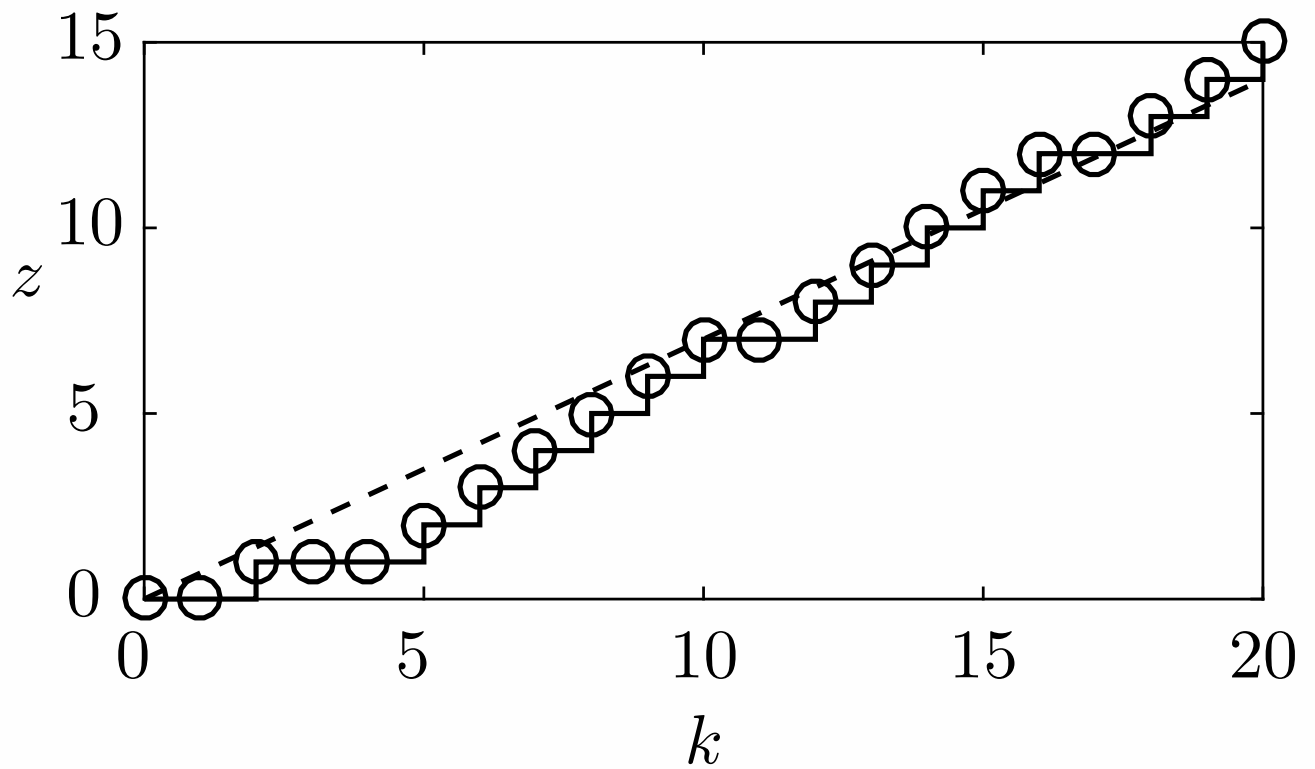


Abb. 7.19: Mittelwert und eine Realisierung des Bernoulliprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

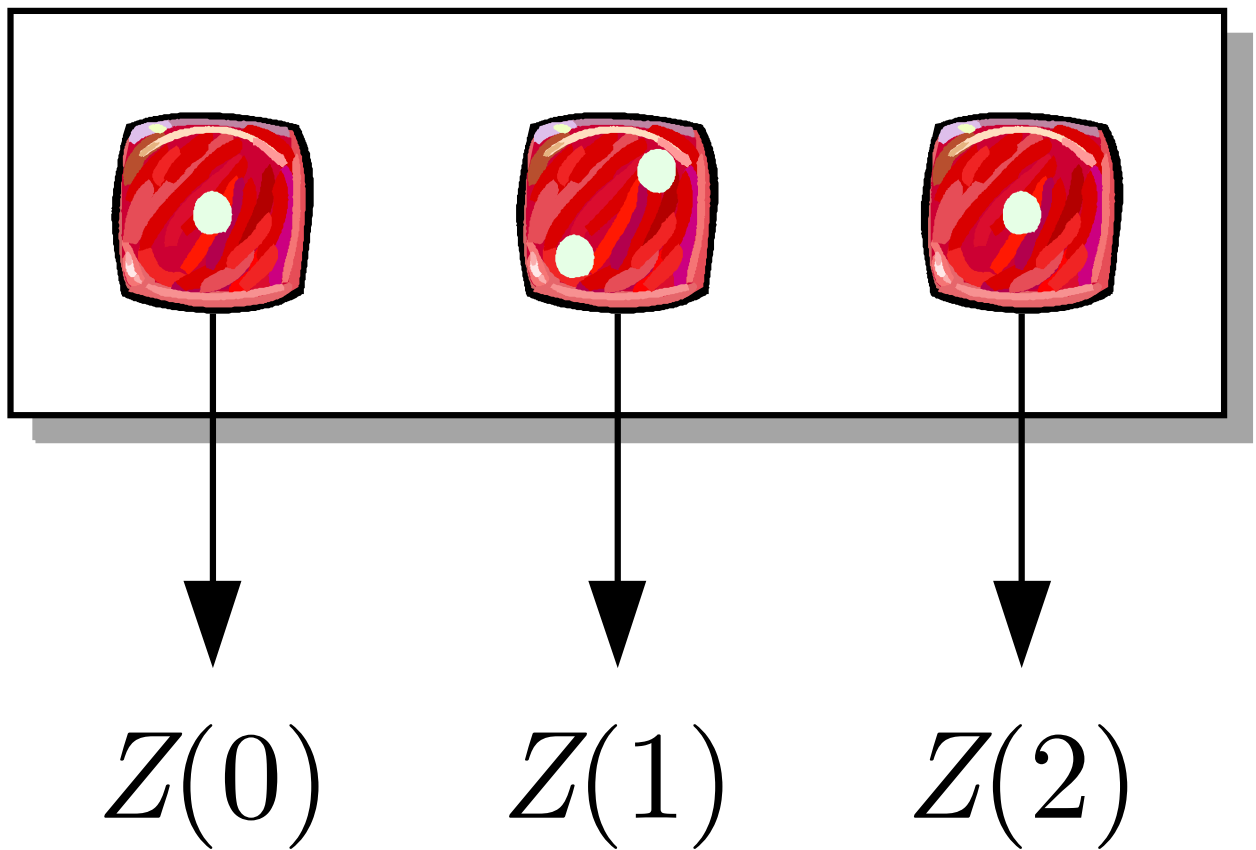


Abb. 7.20: Drei unabhängige Würfel

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

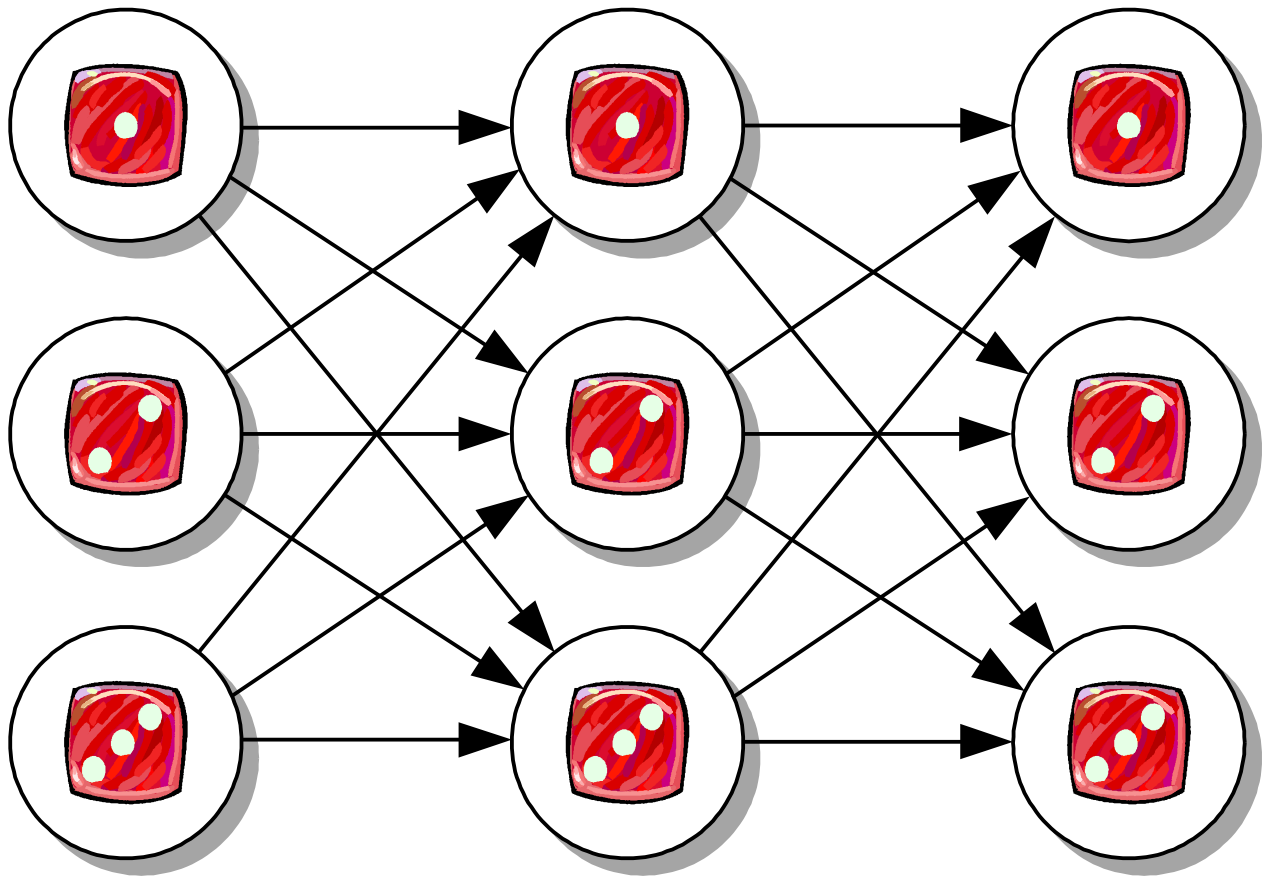


Abb. 7.21: Markovkette, die das Verhalten der drei unabhängigen Würfel beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

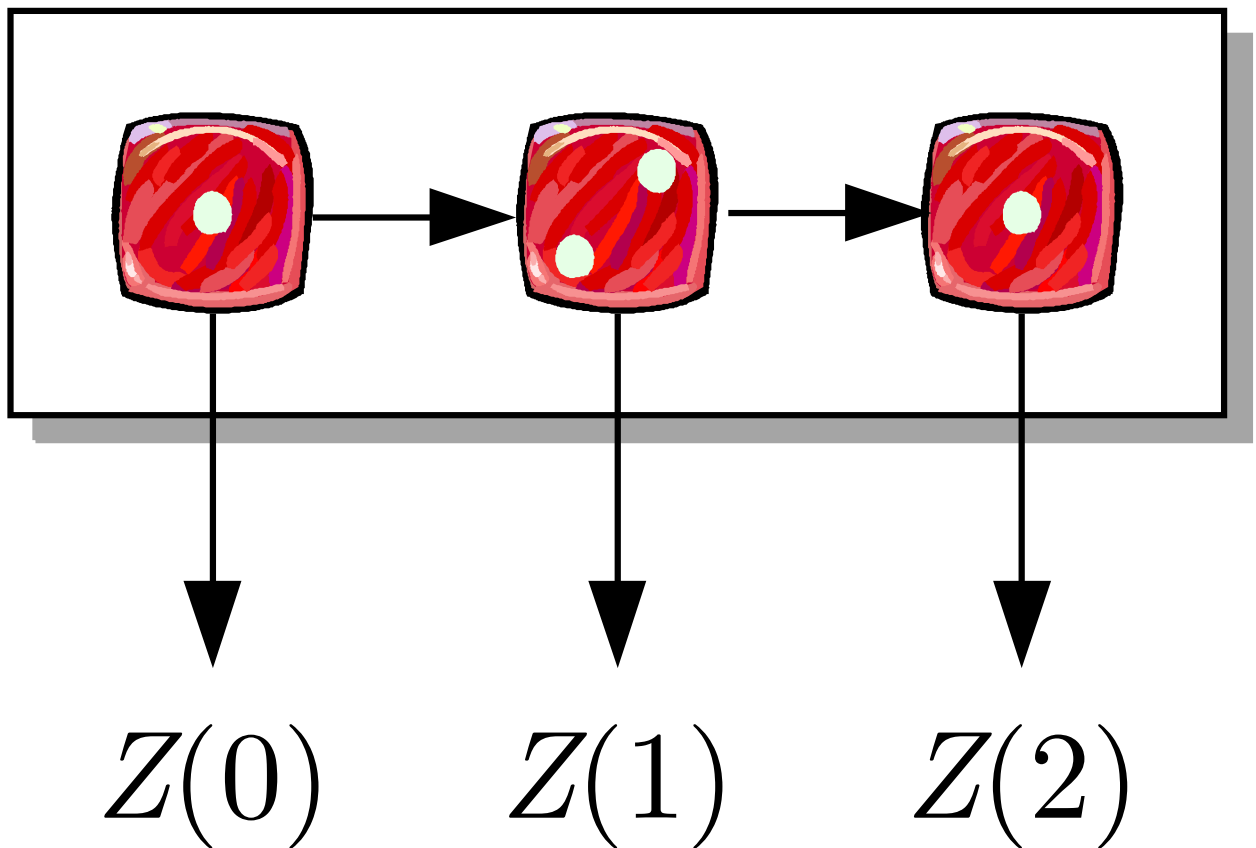


Abb. 7.22: Würfel, von denen jeder das Verhalten des nachfolgenden Würfels beeinflusst

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

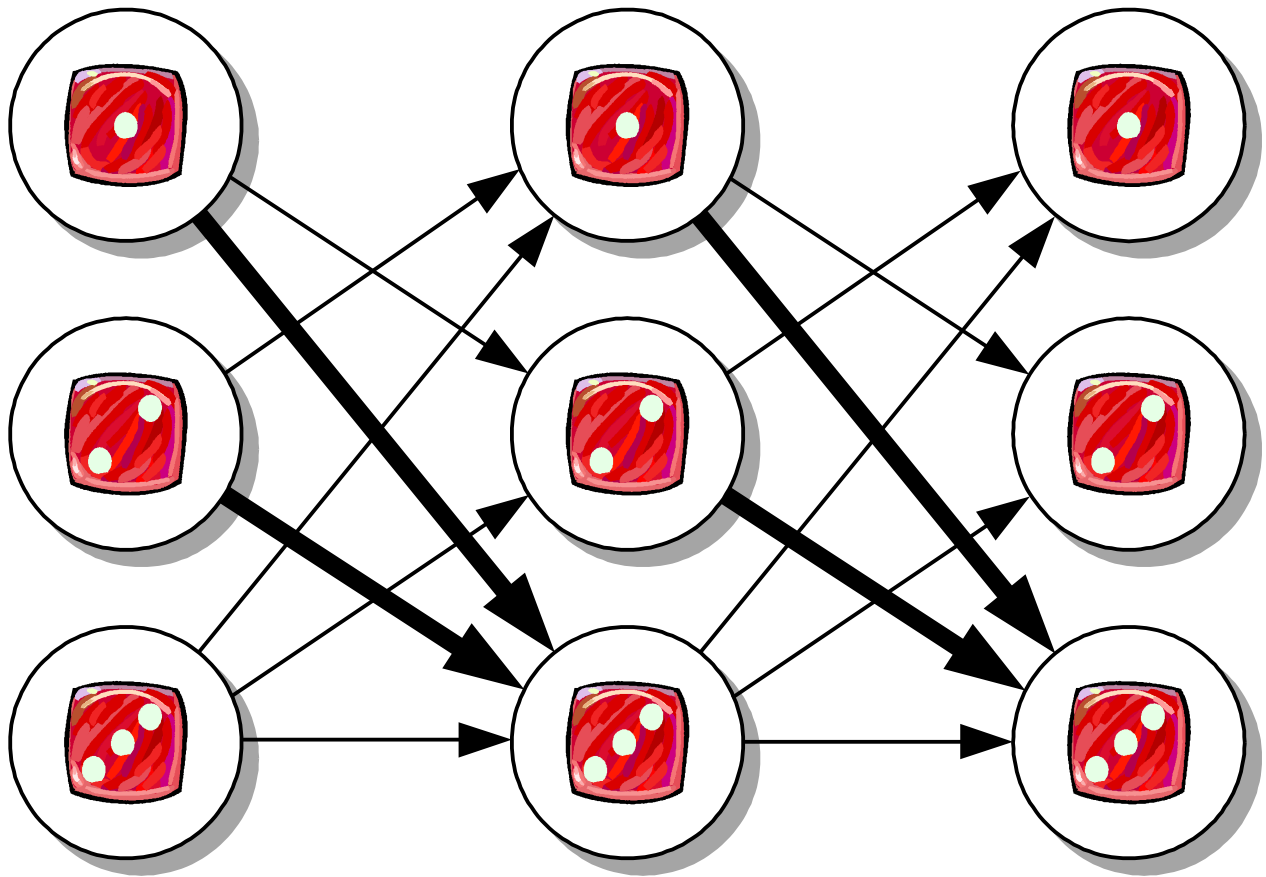


Abb. 7.23: Markovkette zur Beschreibung von drei Würfeln, von denen jeder das Verhalten des nachfolgenden beeinflusst

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

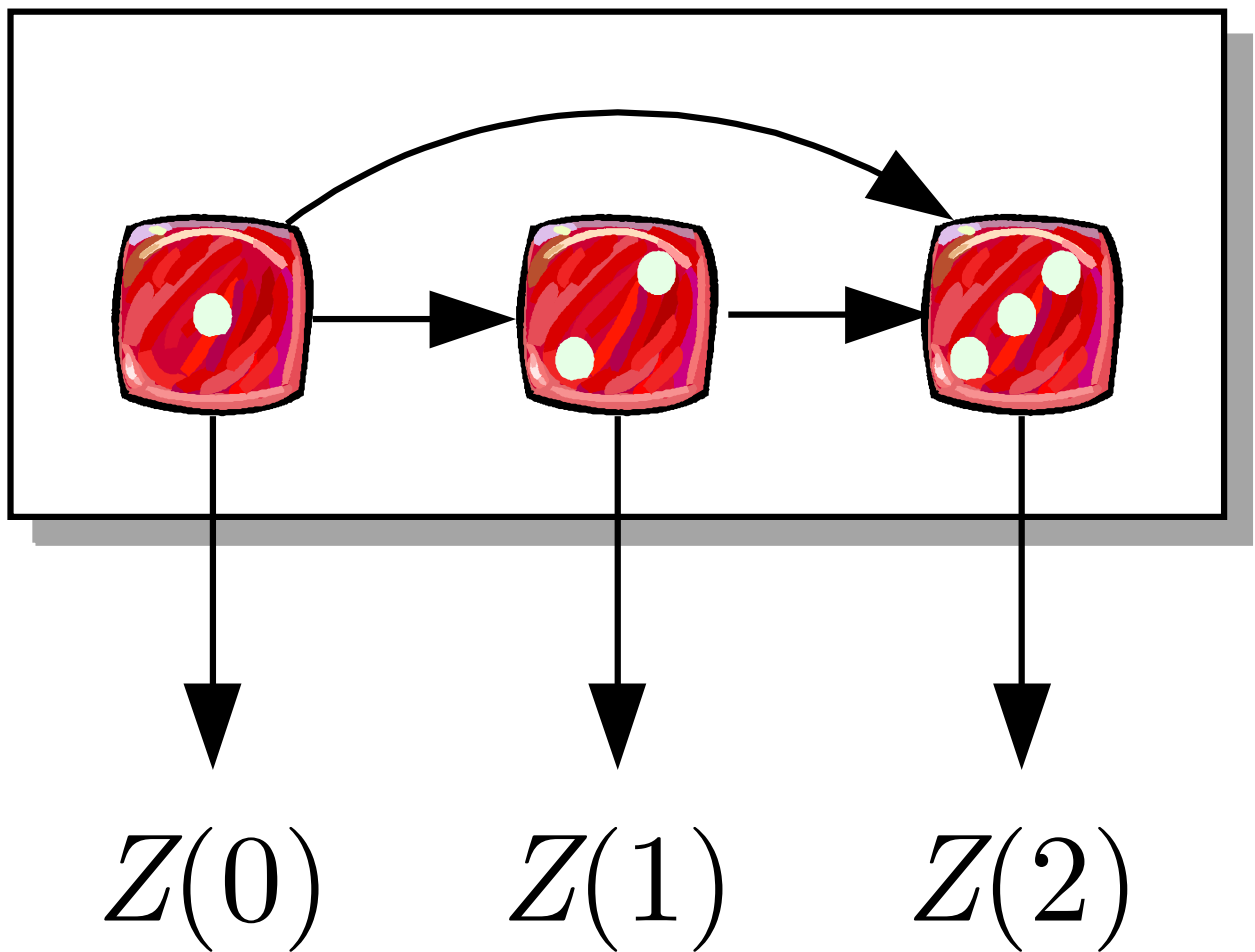


Abb. 7.24: Drei Würfel, von denen die ersten beiden das Verhalten des dritten beeinflussen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

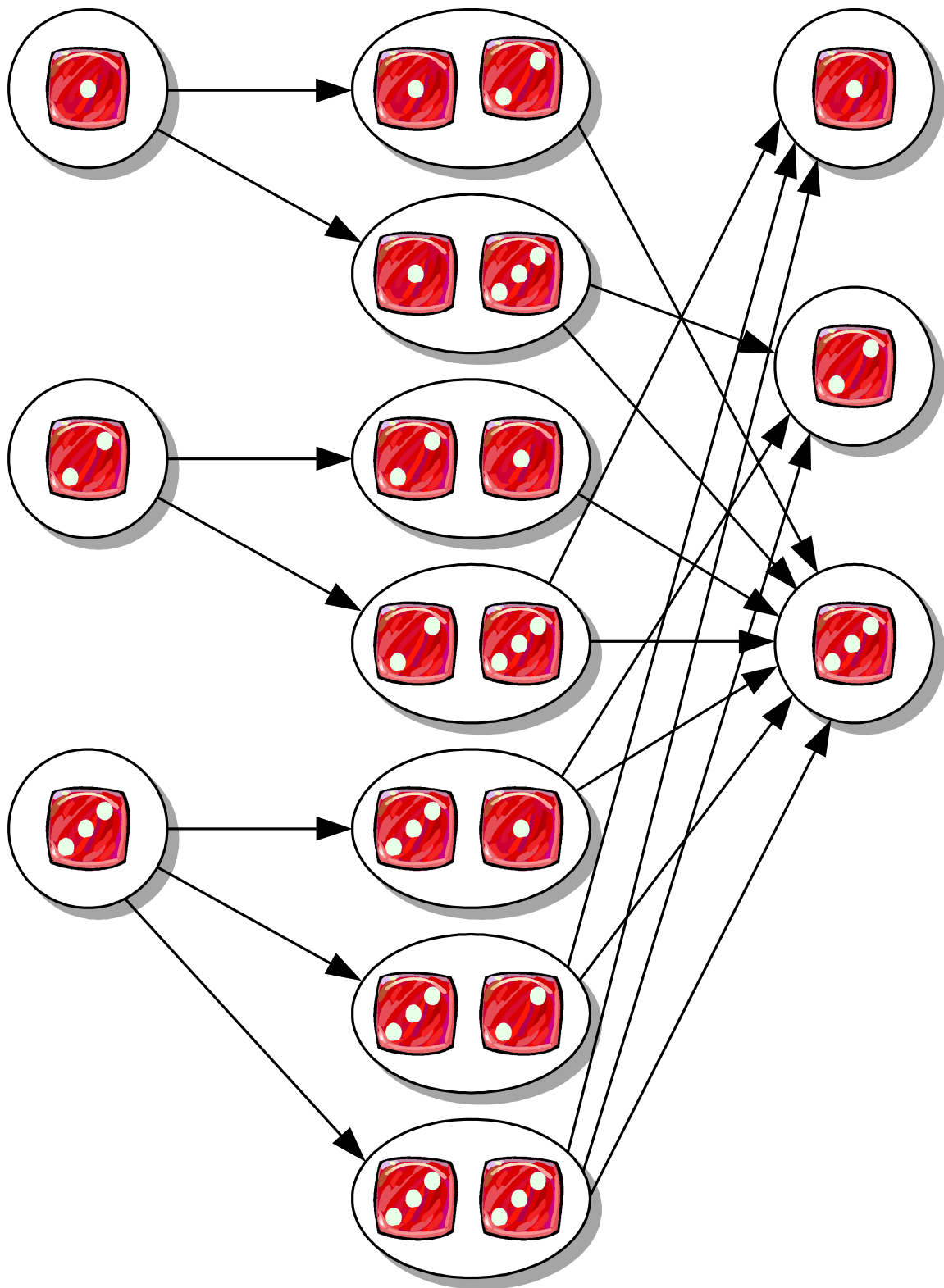


Abb. 7.25. Markovkette mit erweitertem Zustand zur Beschreibung der drei Würfel aus Abb. 7.24

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

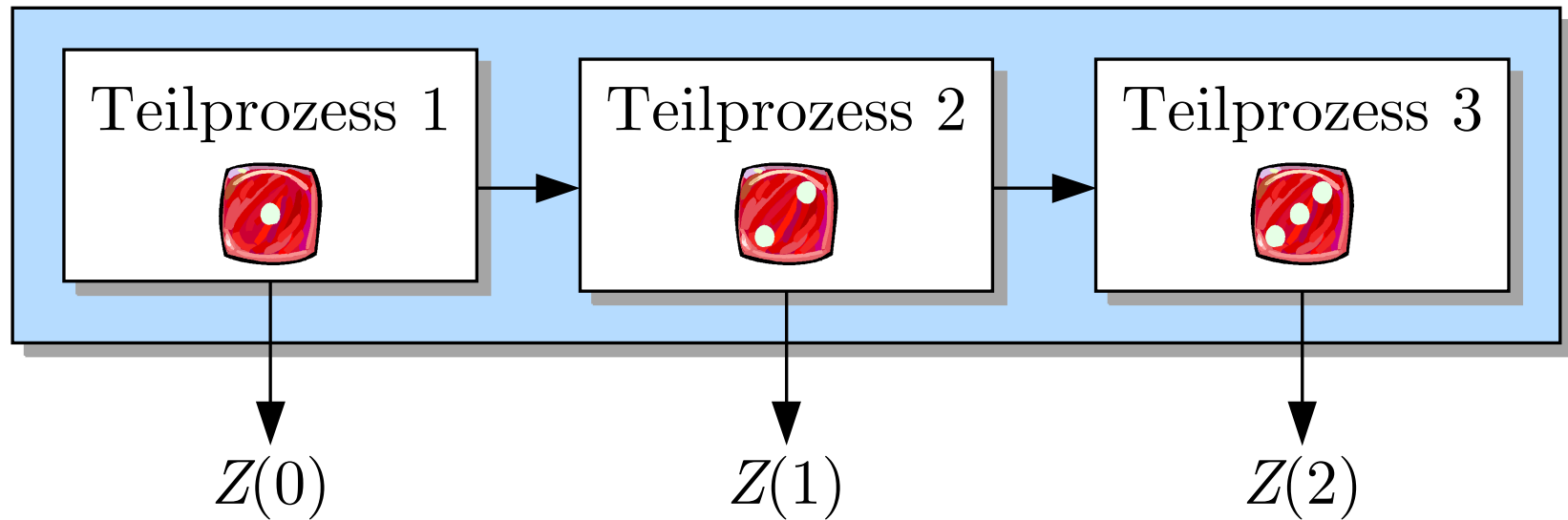


Abb. 7.26. Technischer Prozess mit drei unsicheren Teilprozessen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

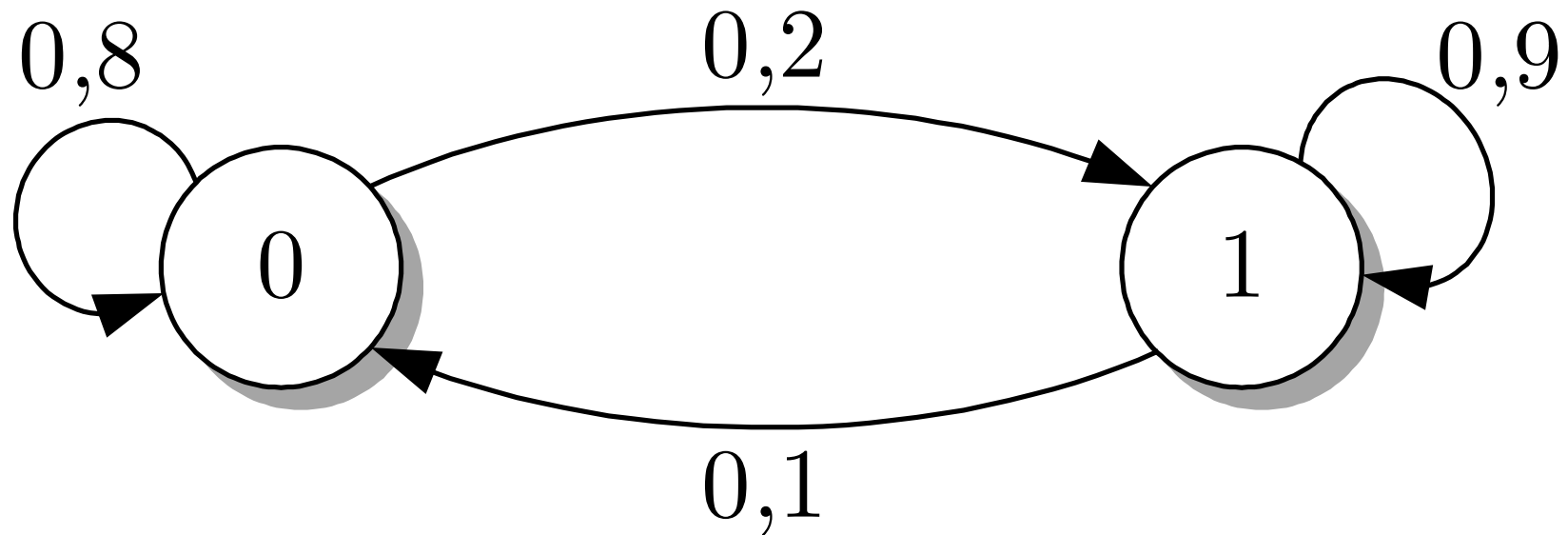


Abb. 7.27. Graph des stochastischen Automaten, der den Übertragungskanal zwischen zwei Rechnern beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

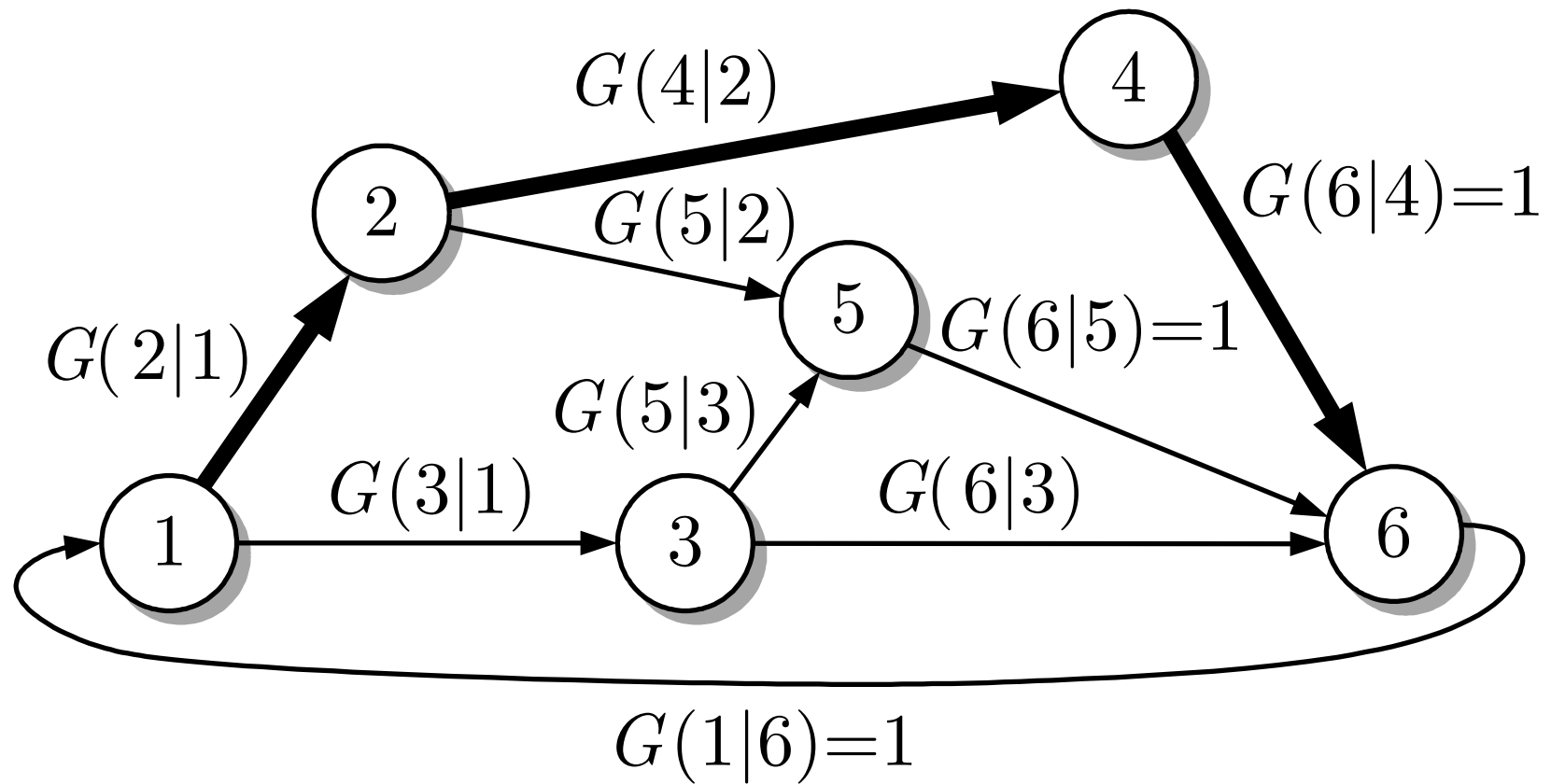


Abb. 7.28. Berechnung der Wahrscheinlichkeit für die Zustandstrajektorie

$$Z(0..3) = (1, 2, 4, 6)$$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

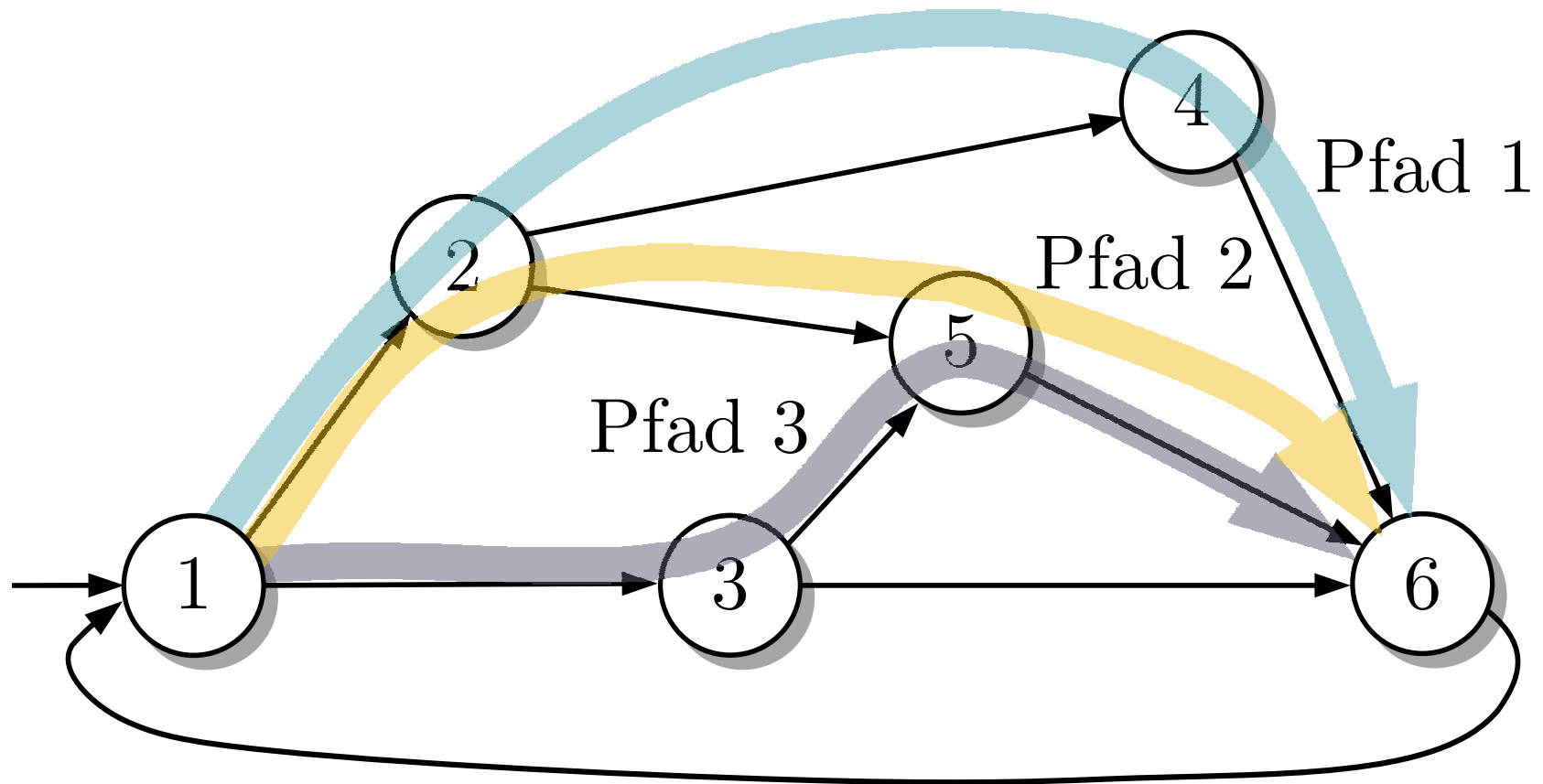


Abb. 7.29. Berechnung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit $\text{Prob}(Z(3)=6)$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

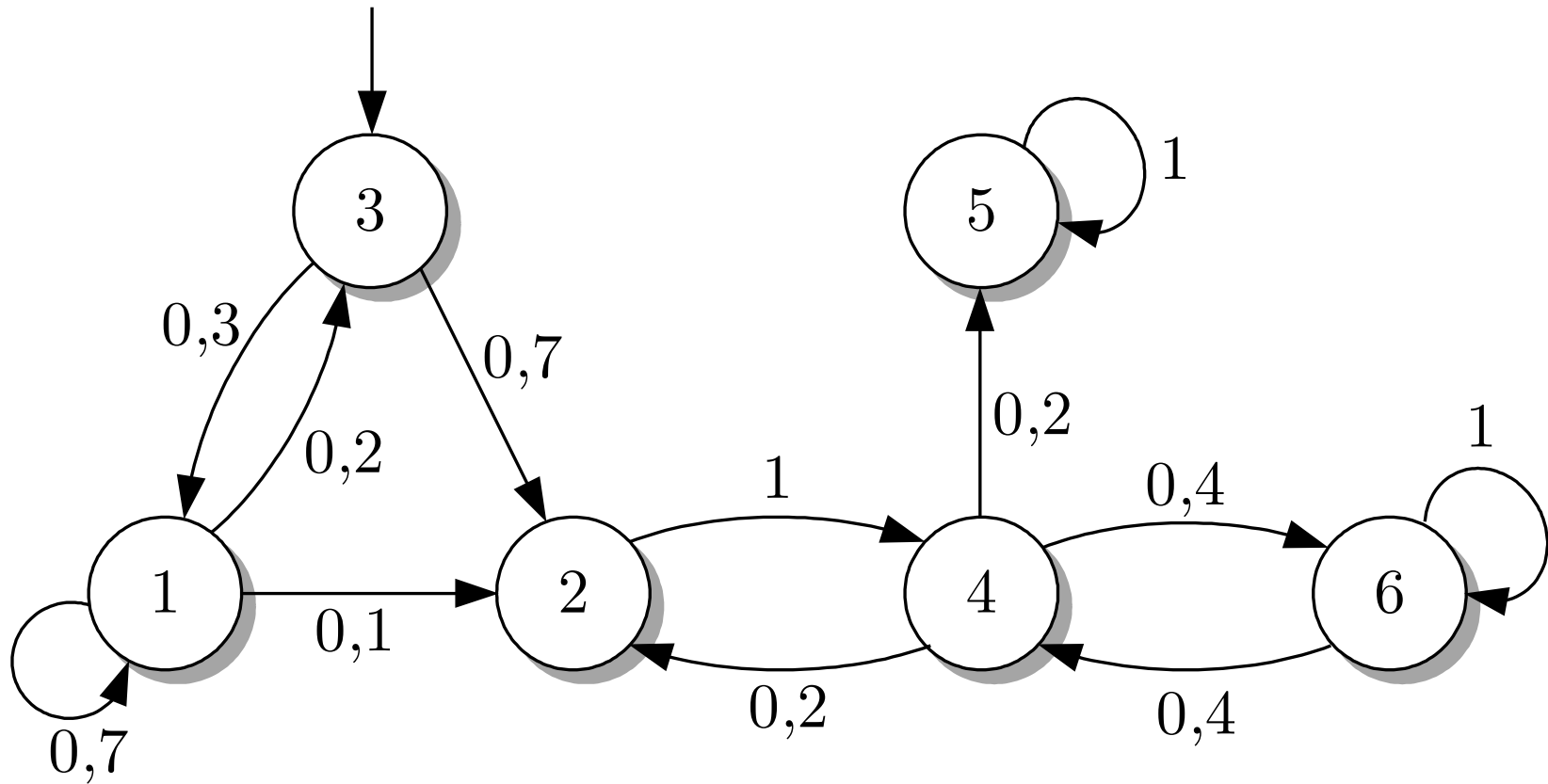


Abb. 7.30. Eine Markovkette?

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

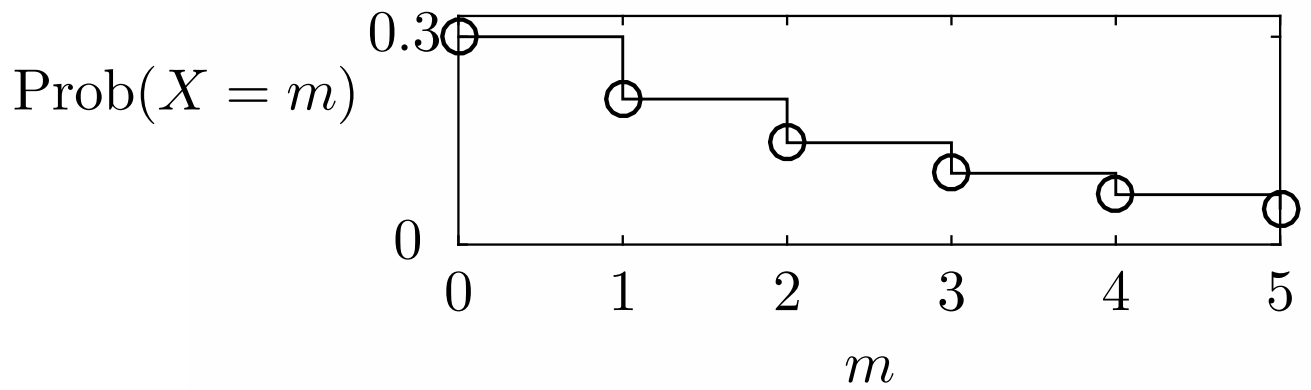


Abb. 7.31: Geometrische Verteilung

$\text{Prob}(X = m) = q^m(1 - q)$ für $q = 0,3$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

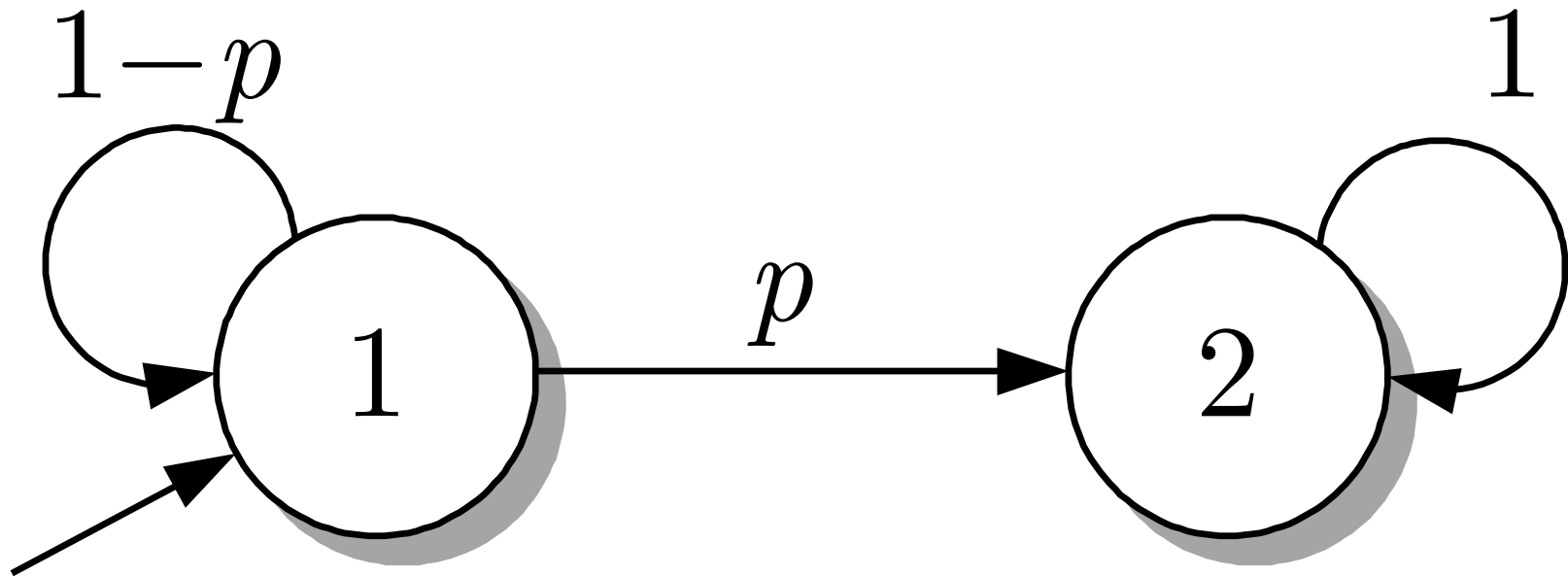


Abb. 7.32. Markovkette zur Beschreibung der Datenübertragung in einem Netz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

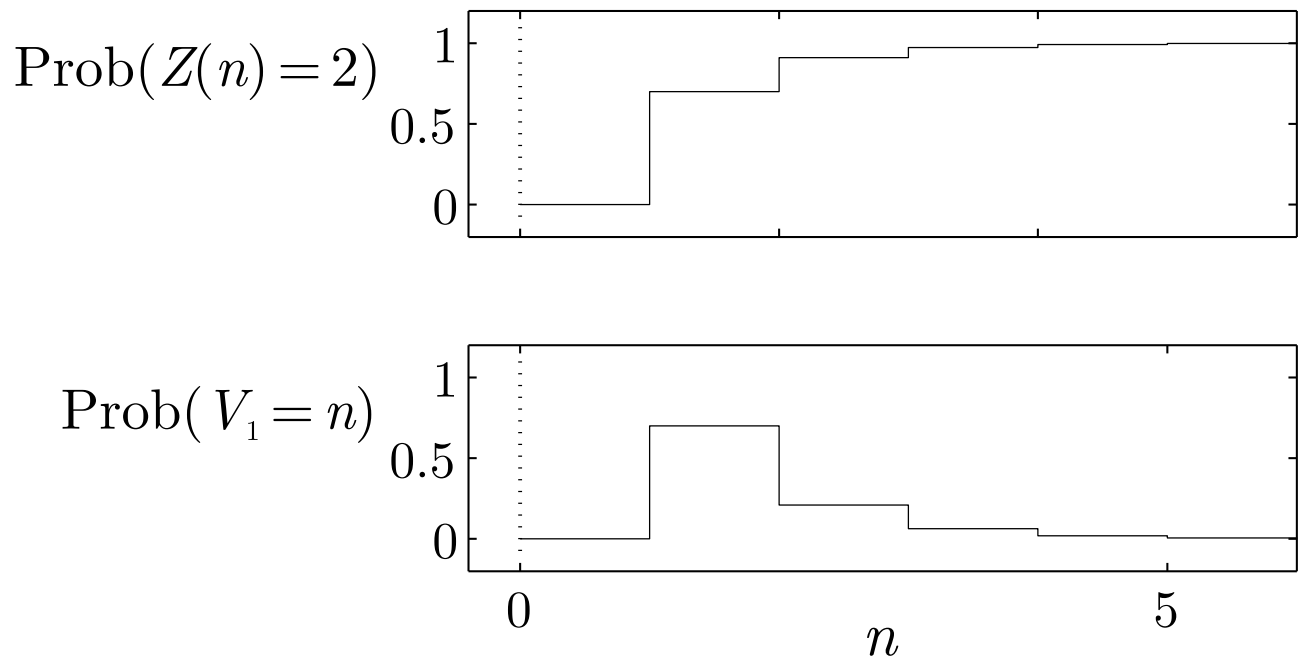
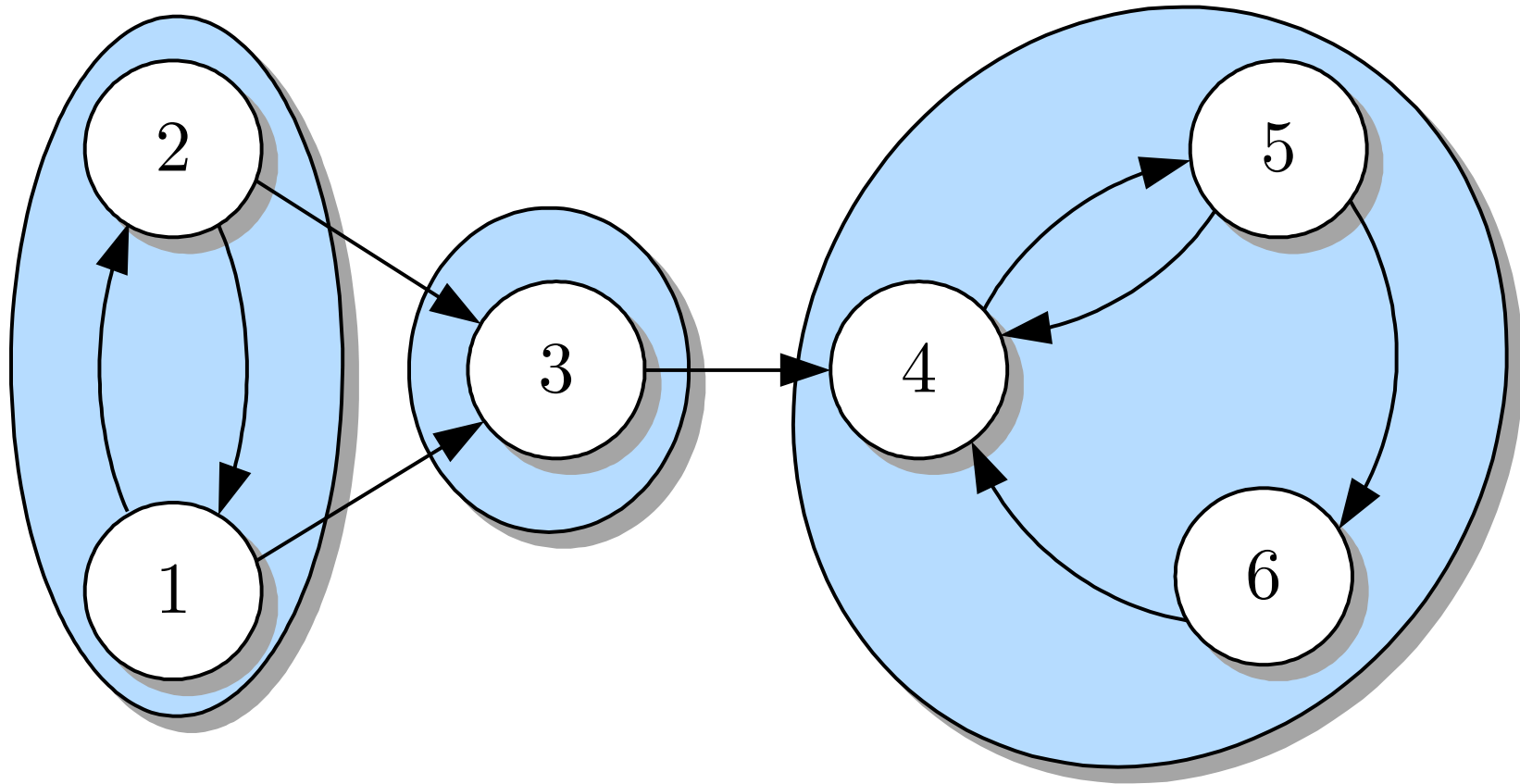


Abb. 7.33: Verhalten des Funknetzes

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



„Wahrscheinlichkeitsfluss“

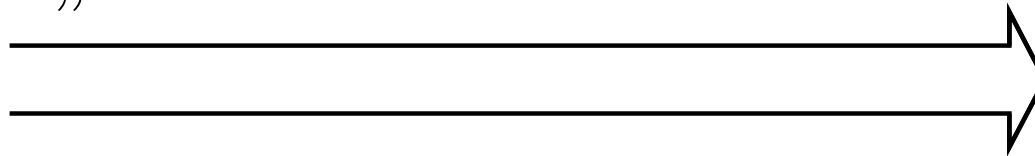


Abb. 7.34. Reduzible Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

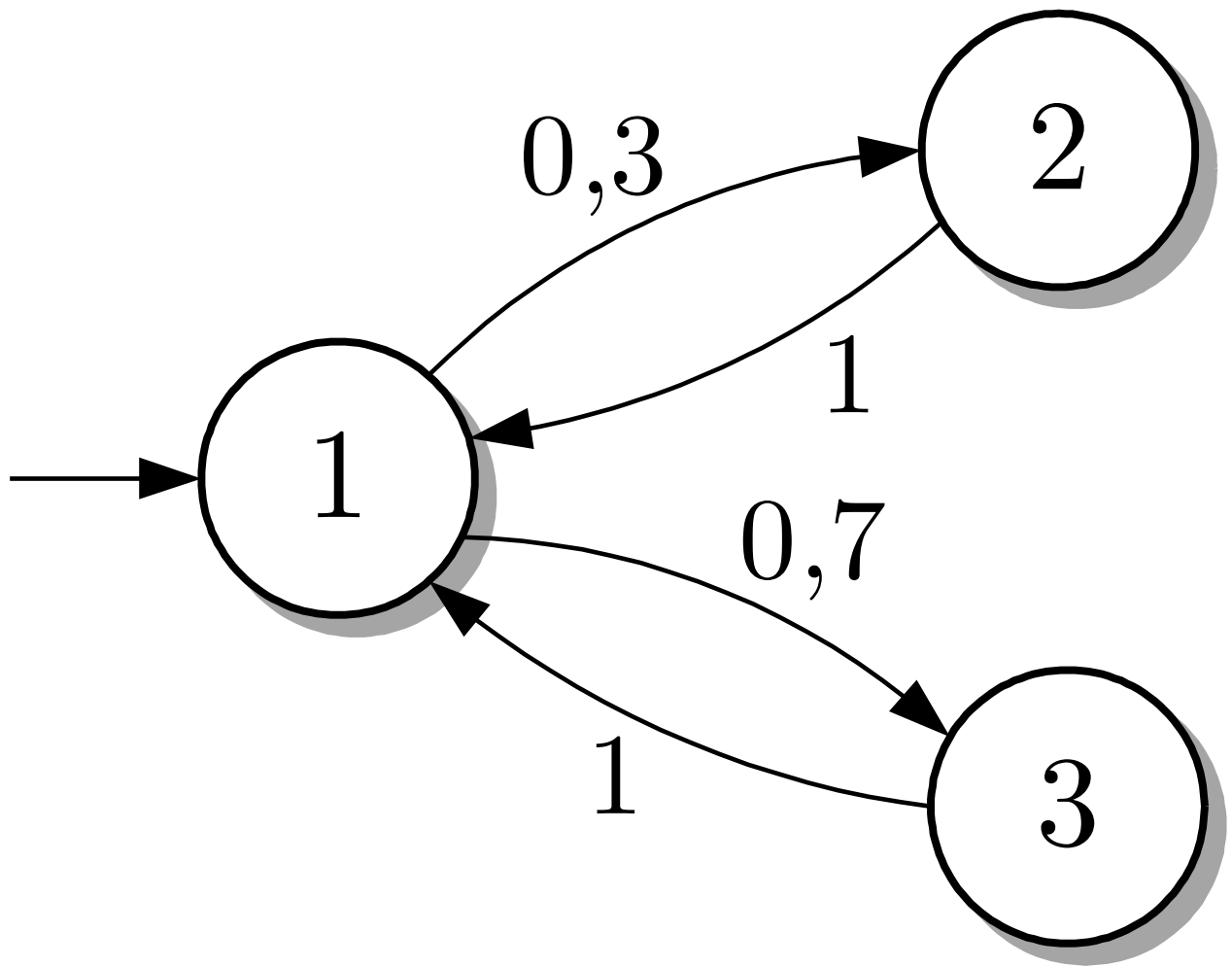
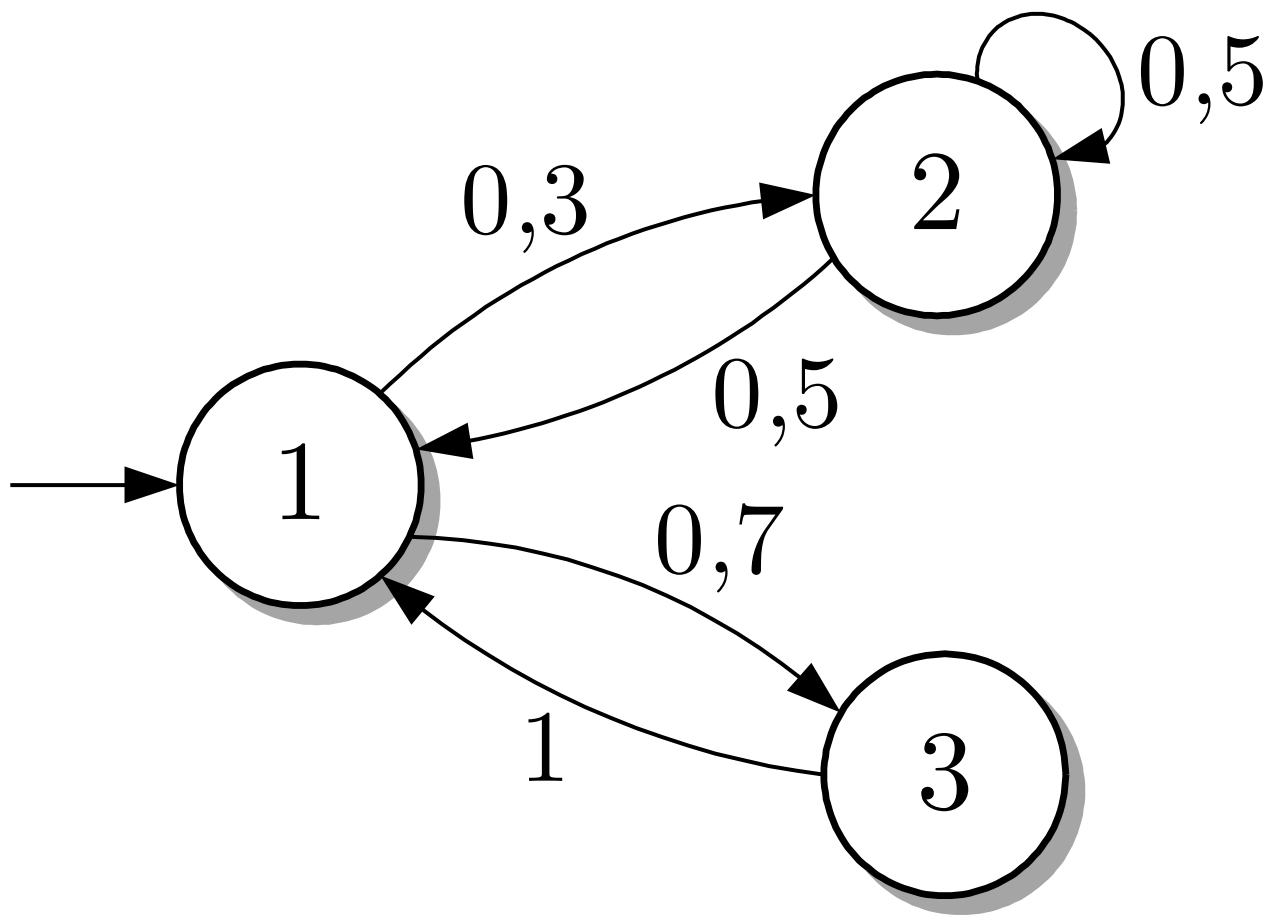


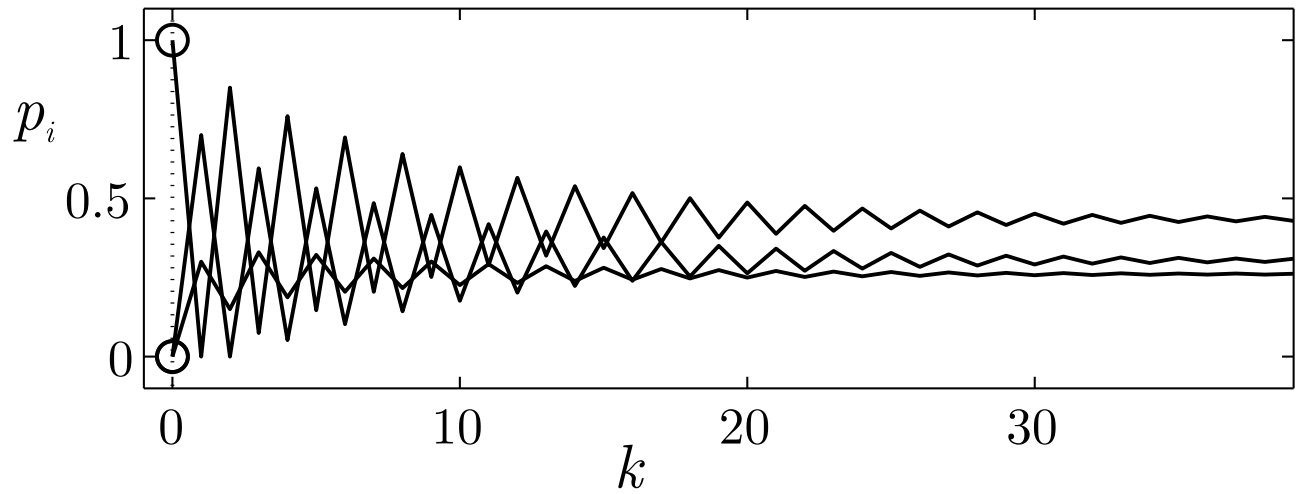
Abb. 7.35: Periodische Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. 7.36: Nichtperiodische Markovkette:
Automatengraph**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. 7.36: Nichtperiodische
Zustandswahrscheinlichkeitsverteilung**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

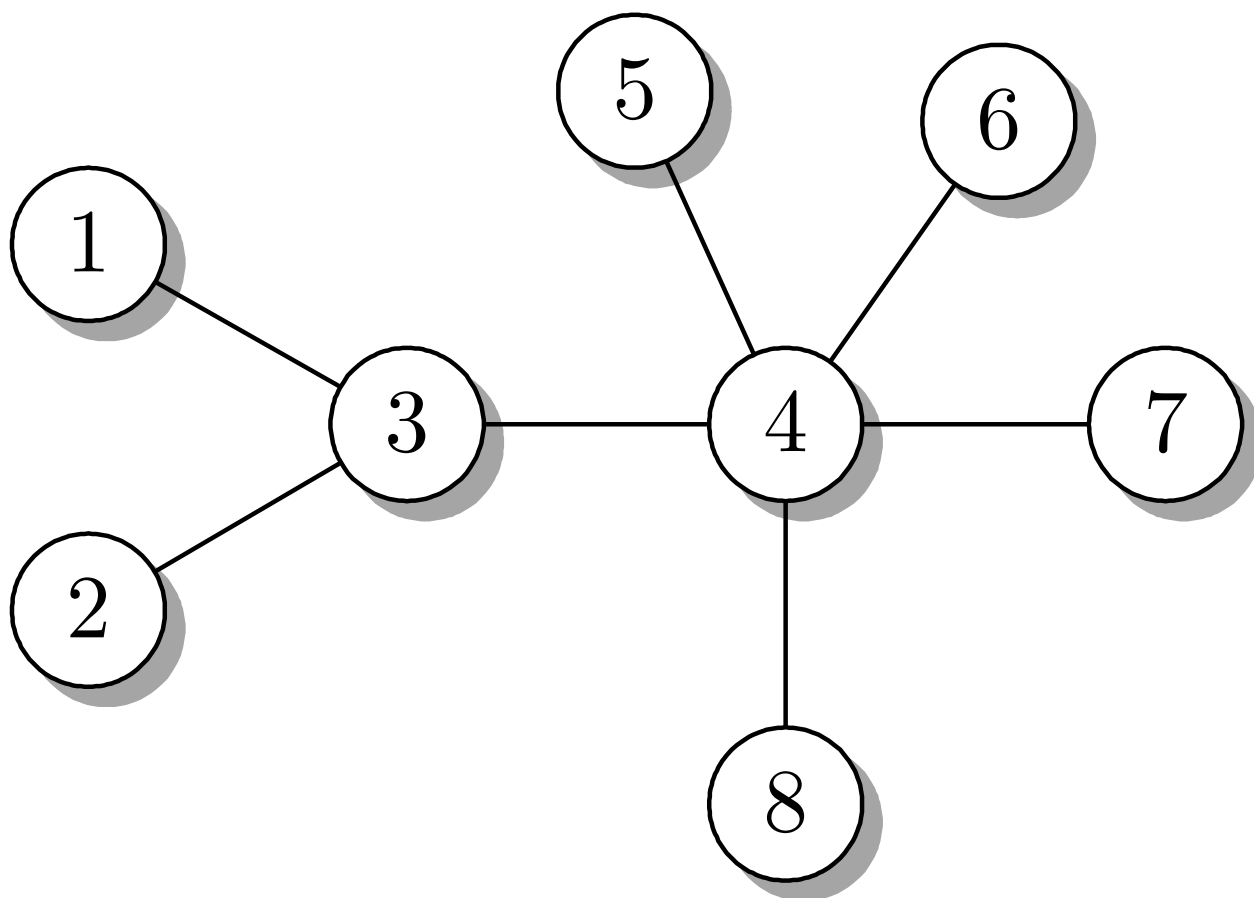


Abb. 7.38: Sehr kleiner Ausschnitt aus dem Internet

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

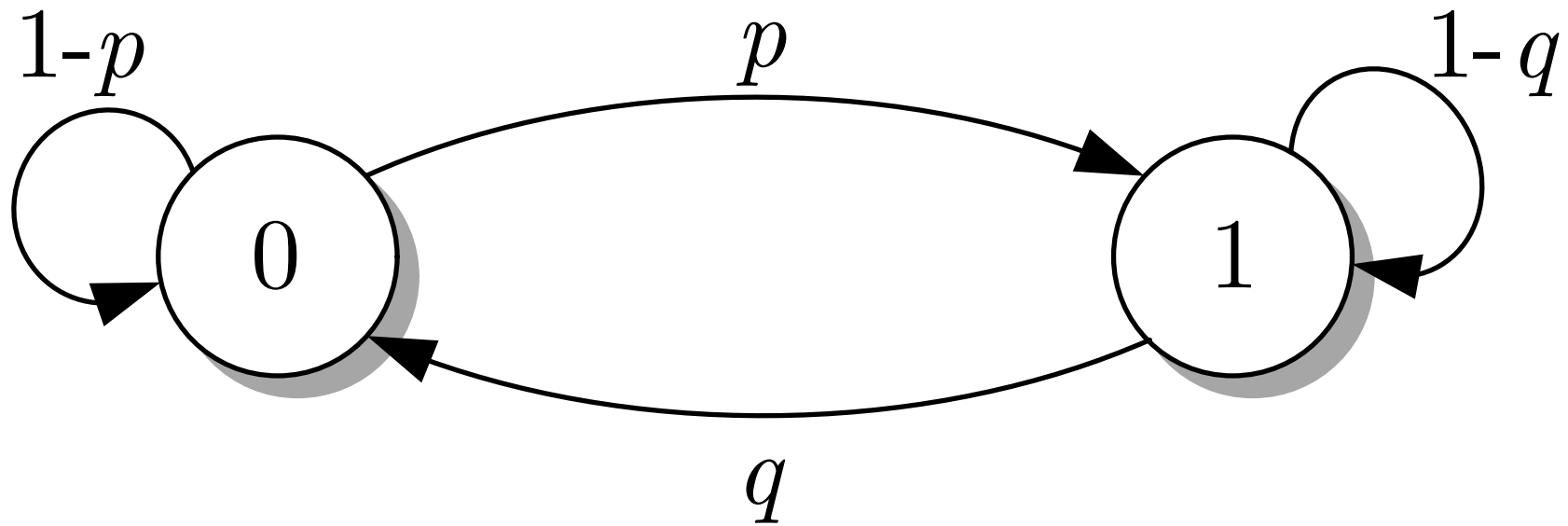


Abb. 7.39. Modell des Übertragungskanals zwischen zwei Rechnern

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

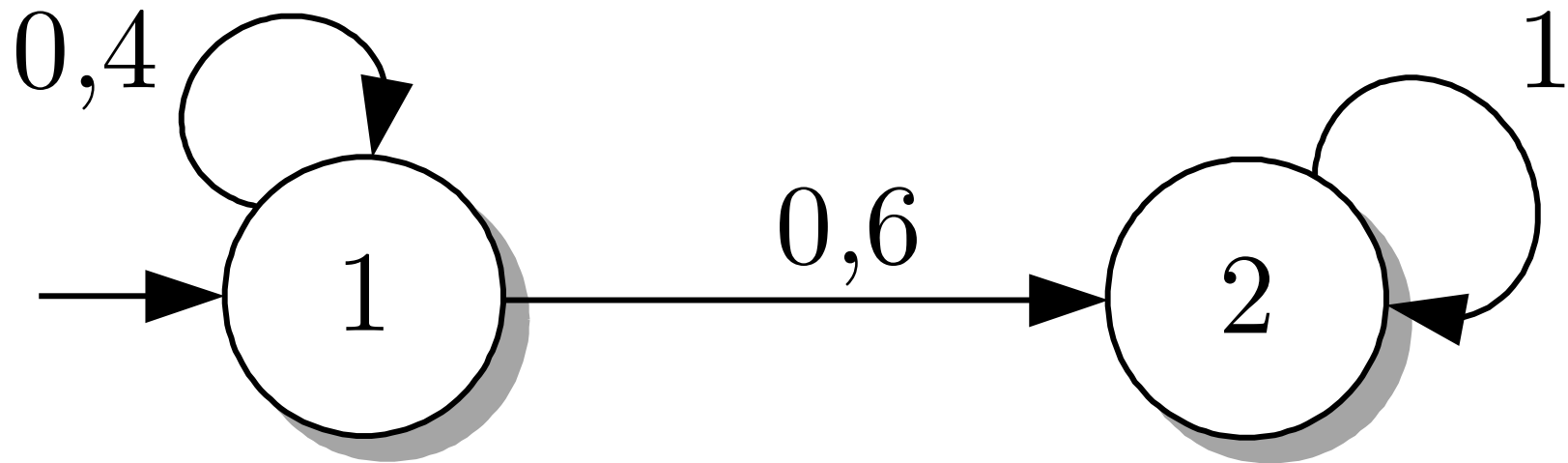


Abb. 7.40. Markovkette mit zwei Zuständen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

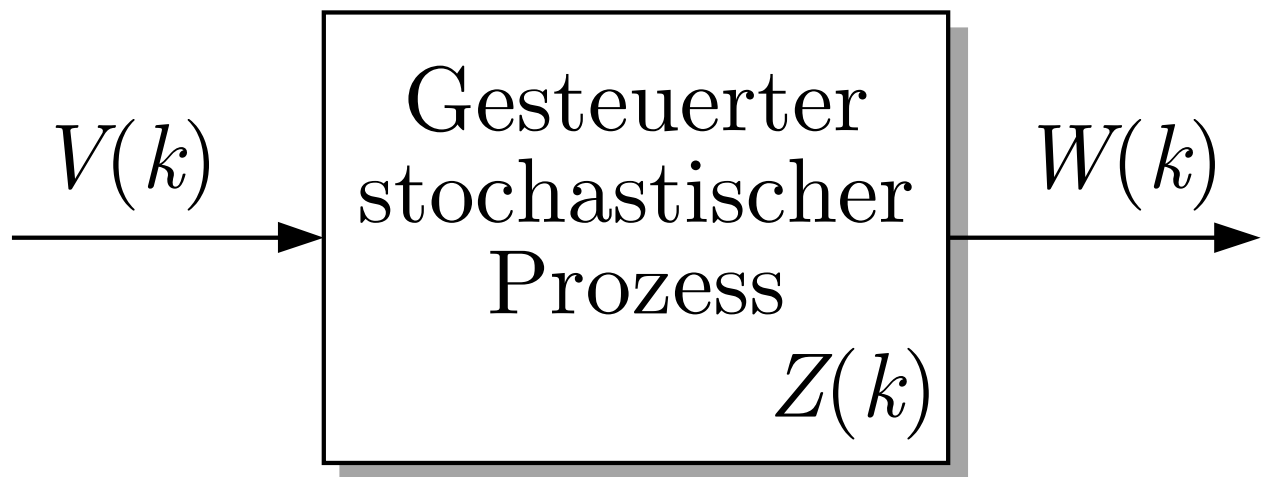


Abb. 7.41: Stochastischer Prozess mit Eingang und Ausgang

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

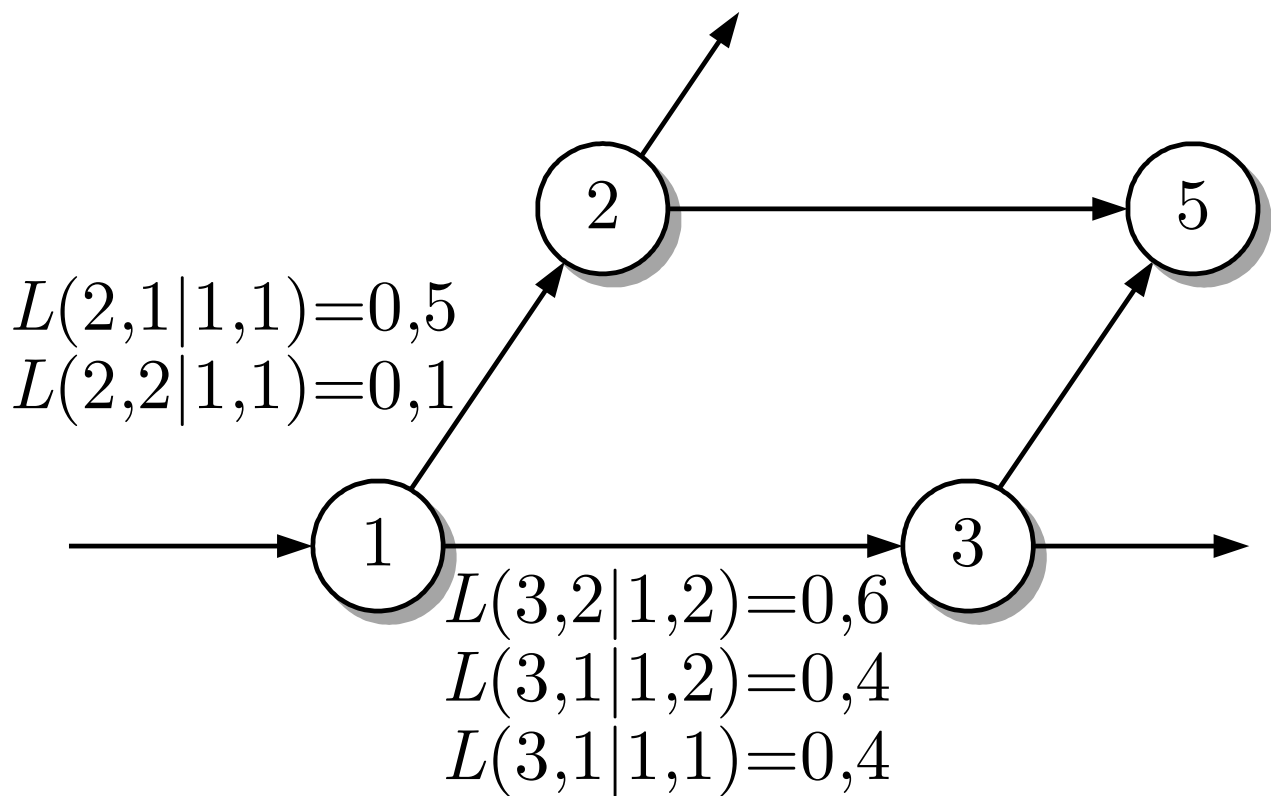


Abb. 7.42: Ausschnitt aus dem Graphen eines stochastischen Automaten mit Eingang und Ausgang

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

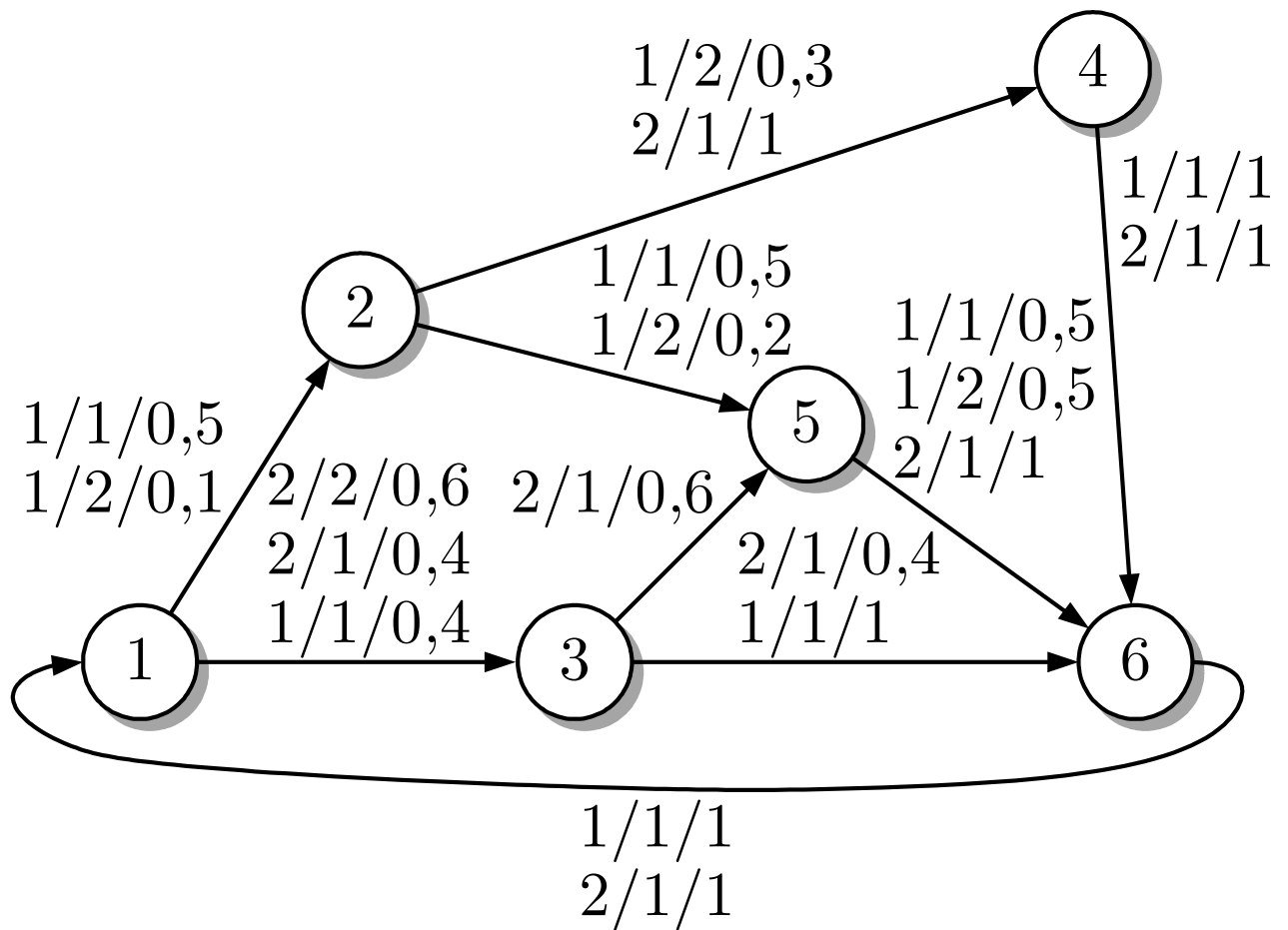


Abb. 7.43: Beispiel für einen stochastischen Automaten mit Eingang und Ausgang

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

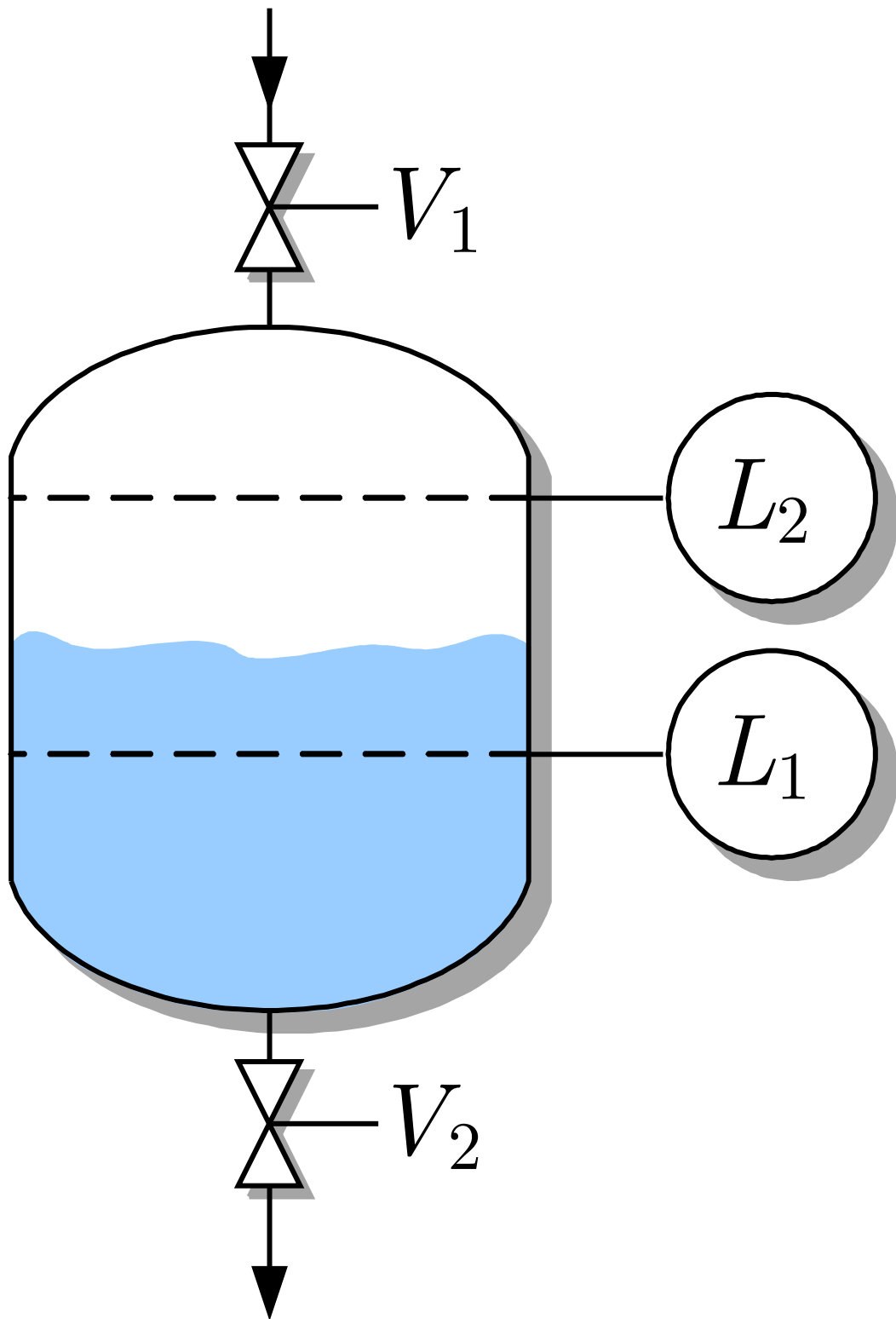


Abb. 7.44. Ausschnitt eines Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

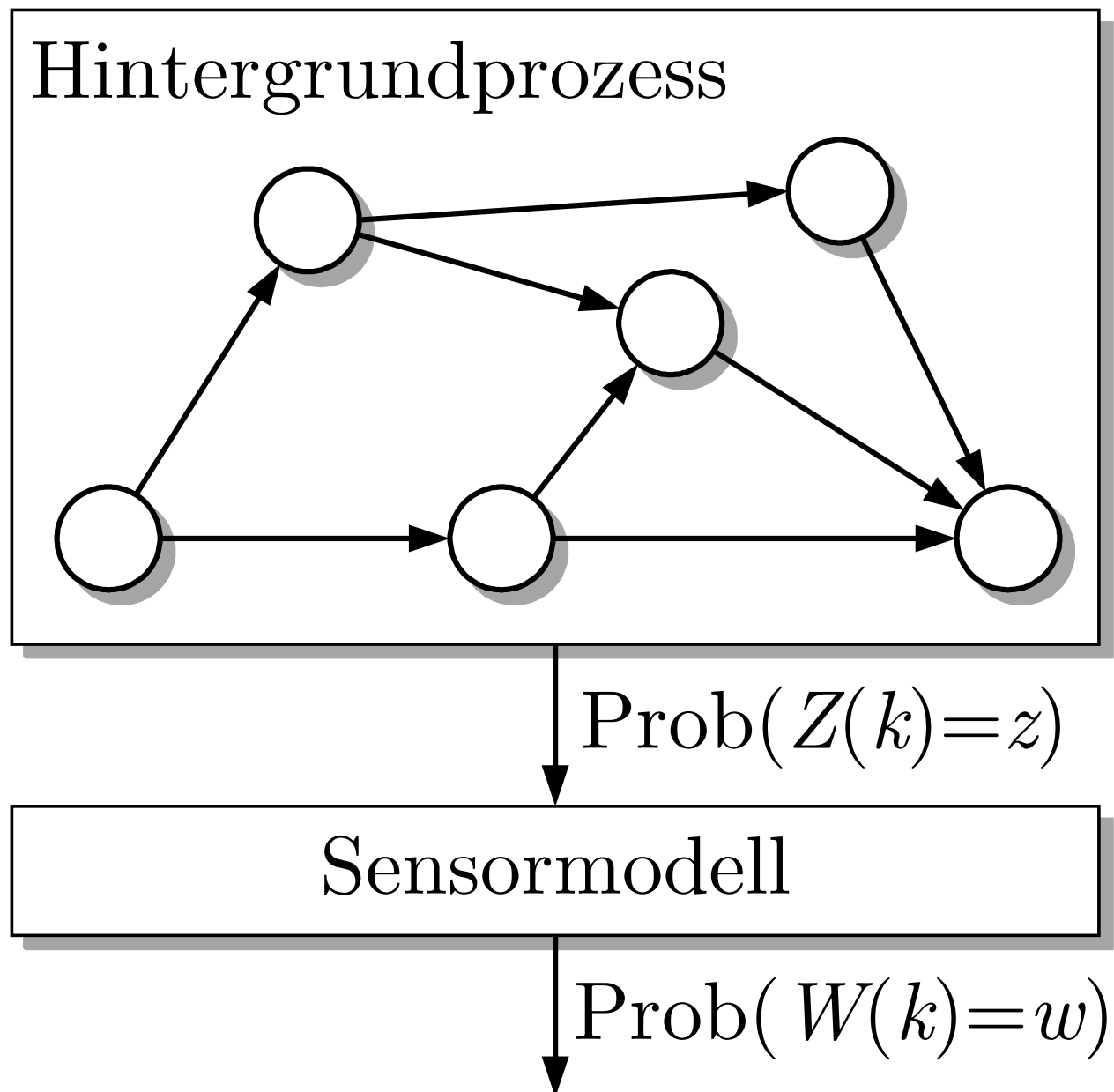


Abb. 7.45: Strukturbild einer verdeckten Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

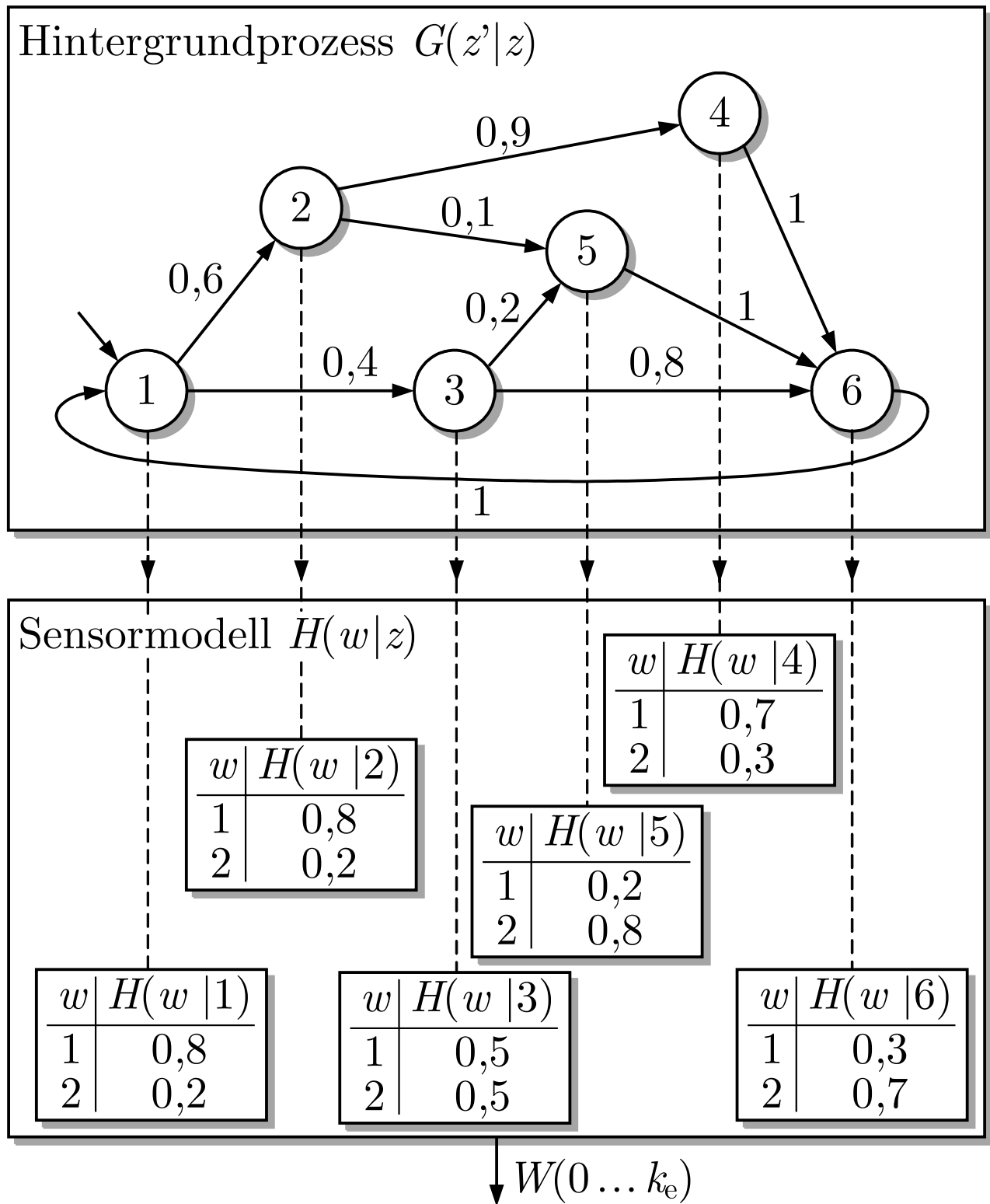


Abb. 7.46: Beispiel für eine verdeckte Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

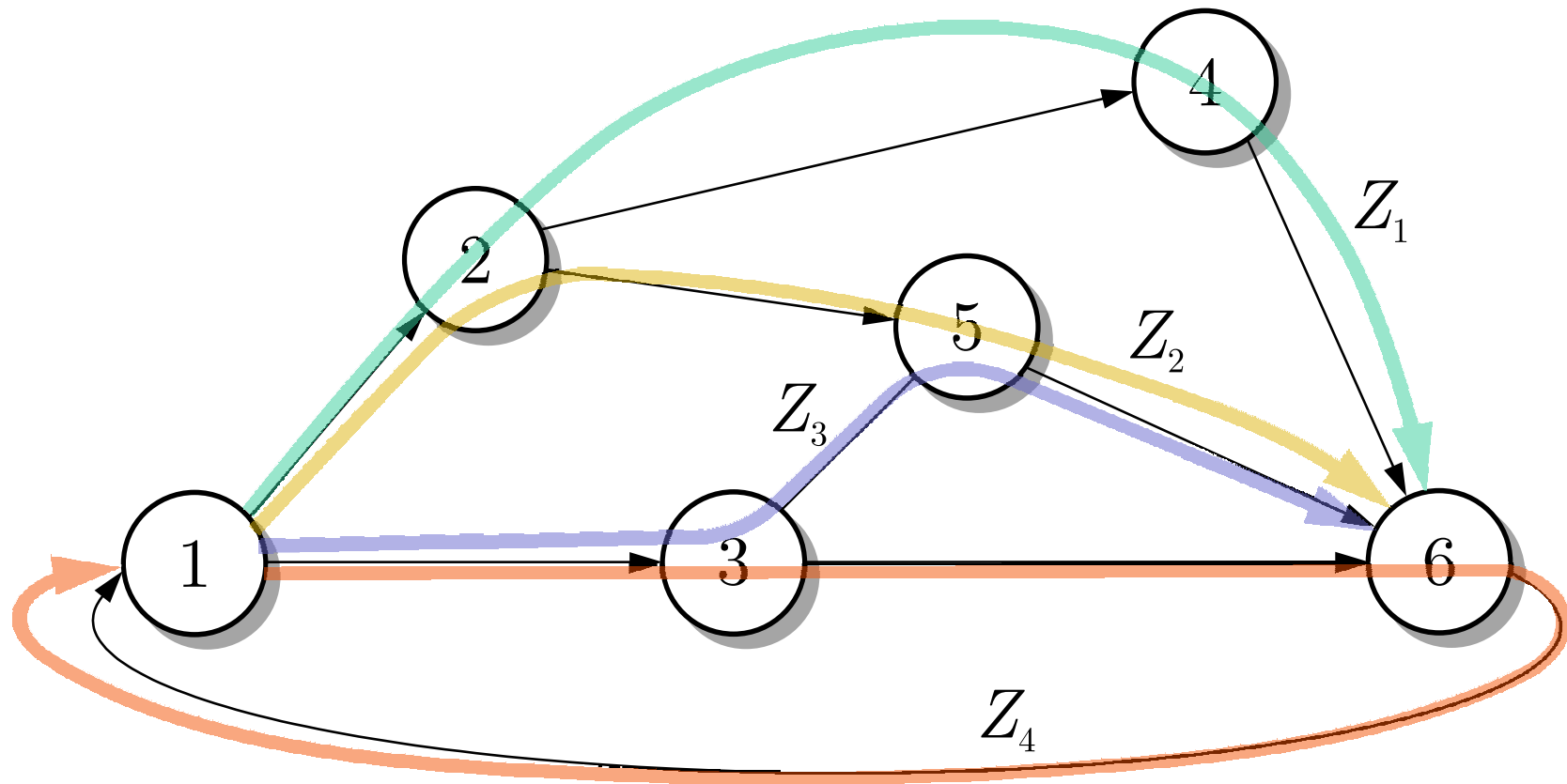


Abb. 7.47. Vier mögliche Zustandsfolgen der betrachteten Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

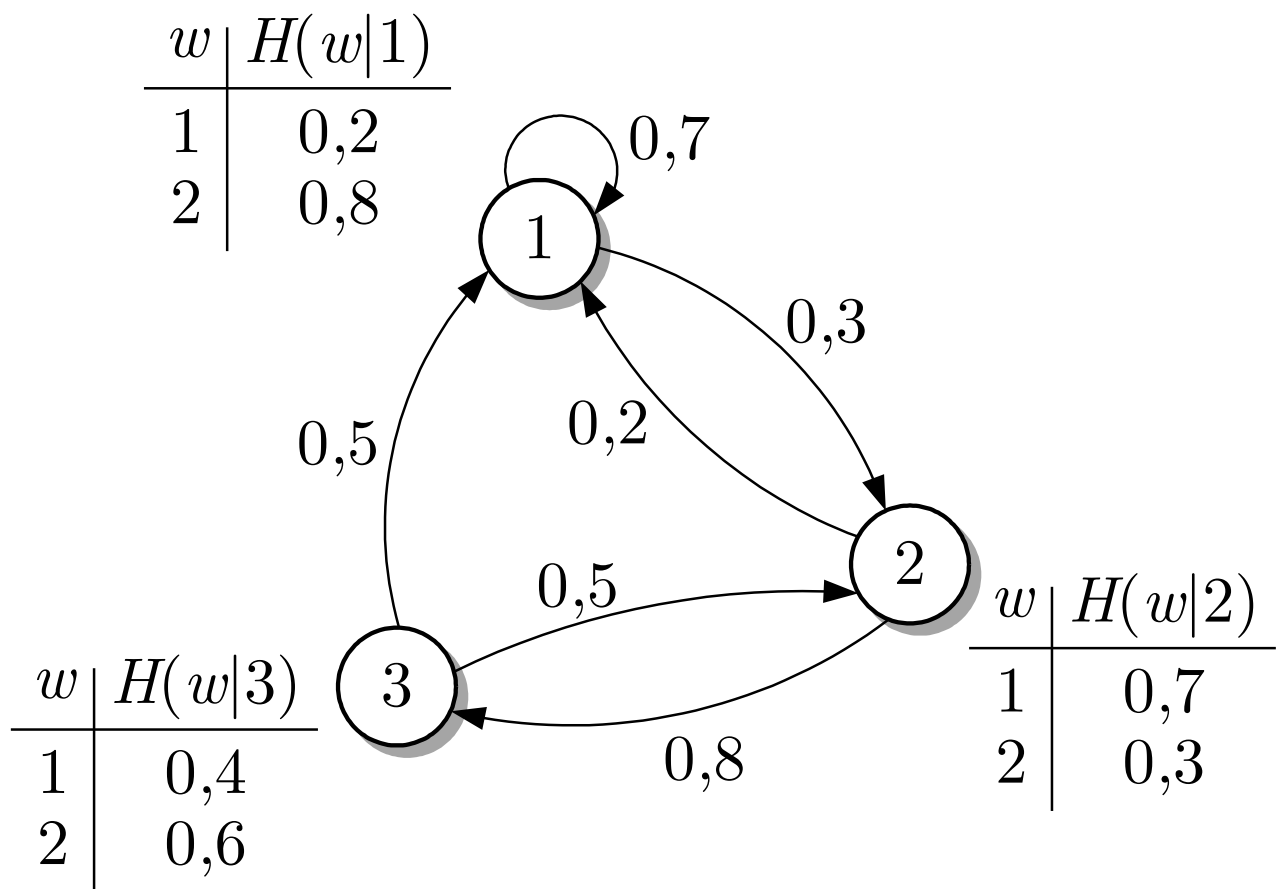


Abb. 7.48: Verdeckte Markovkette zur Erläuterung des Viterbi-Algorithmus

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

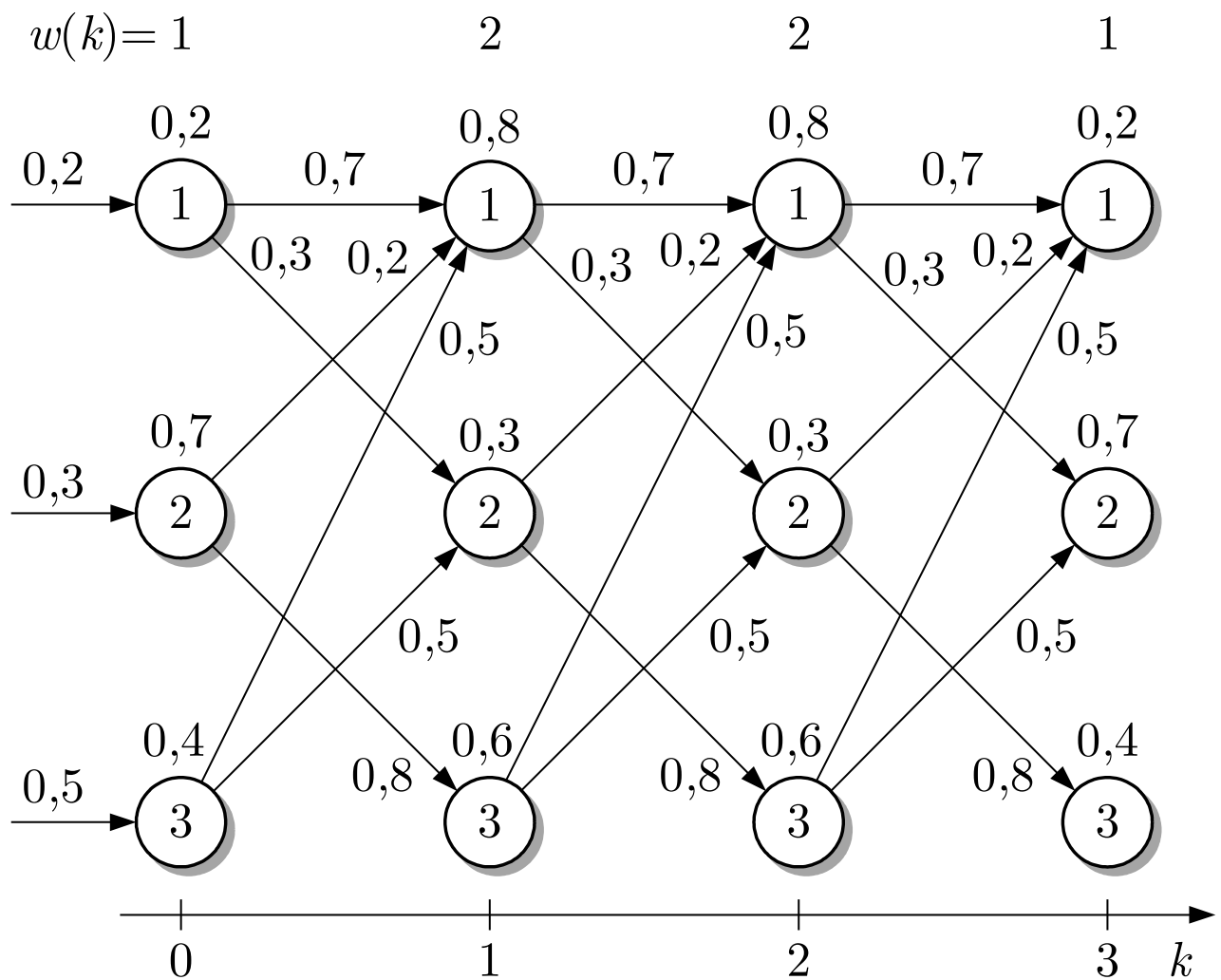


Abb. 7.49: Grafische Darstellung der Zustandsfolgen für eine Markovkette mit drei Zuständen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

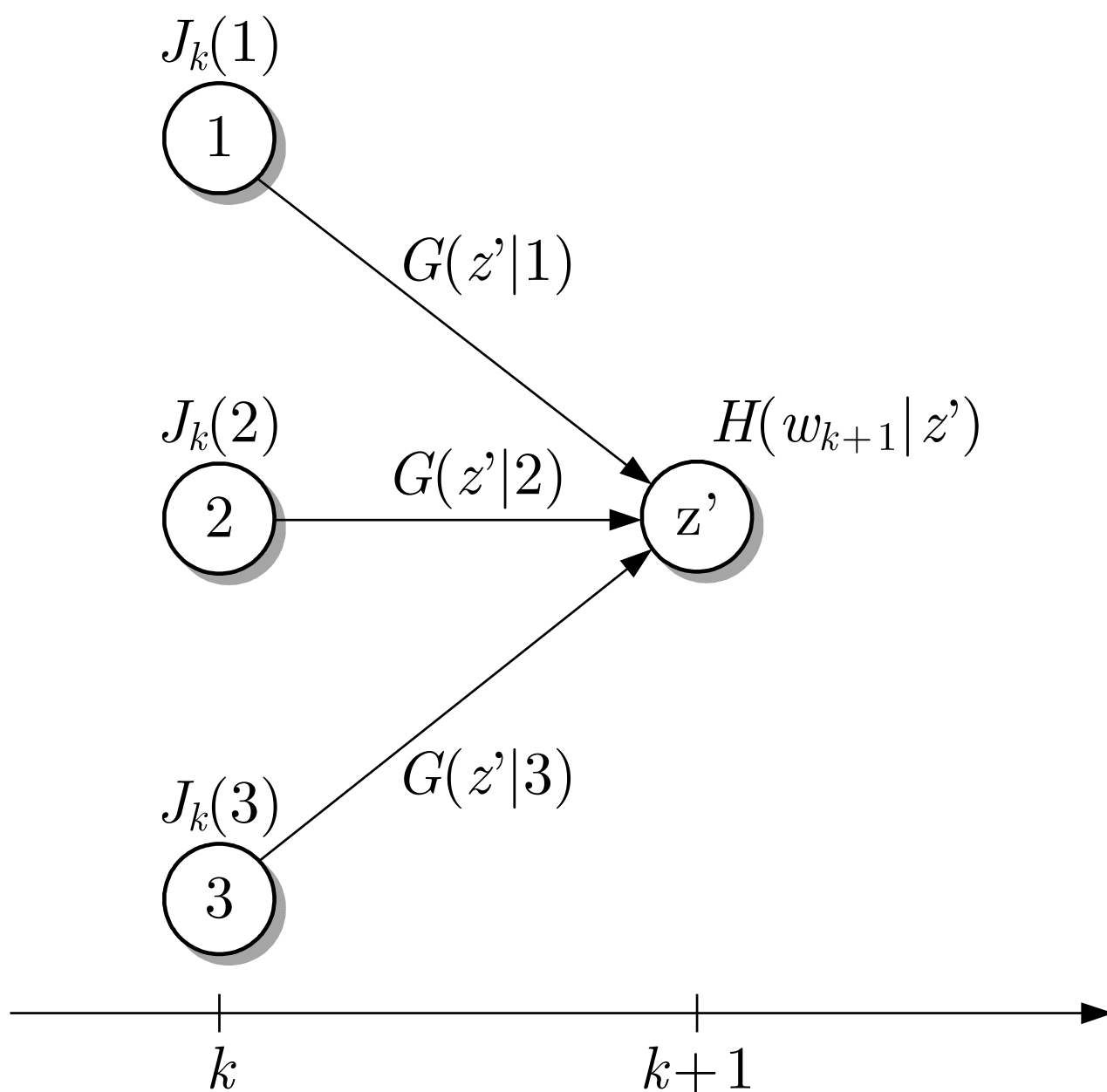


Abb. 7.50: Grundidee des Viterbi-Algorithmus

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

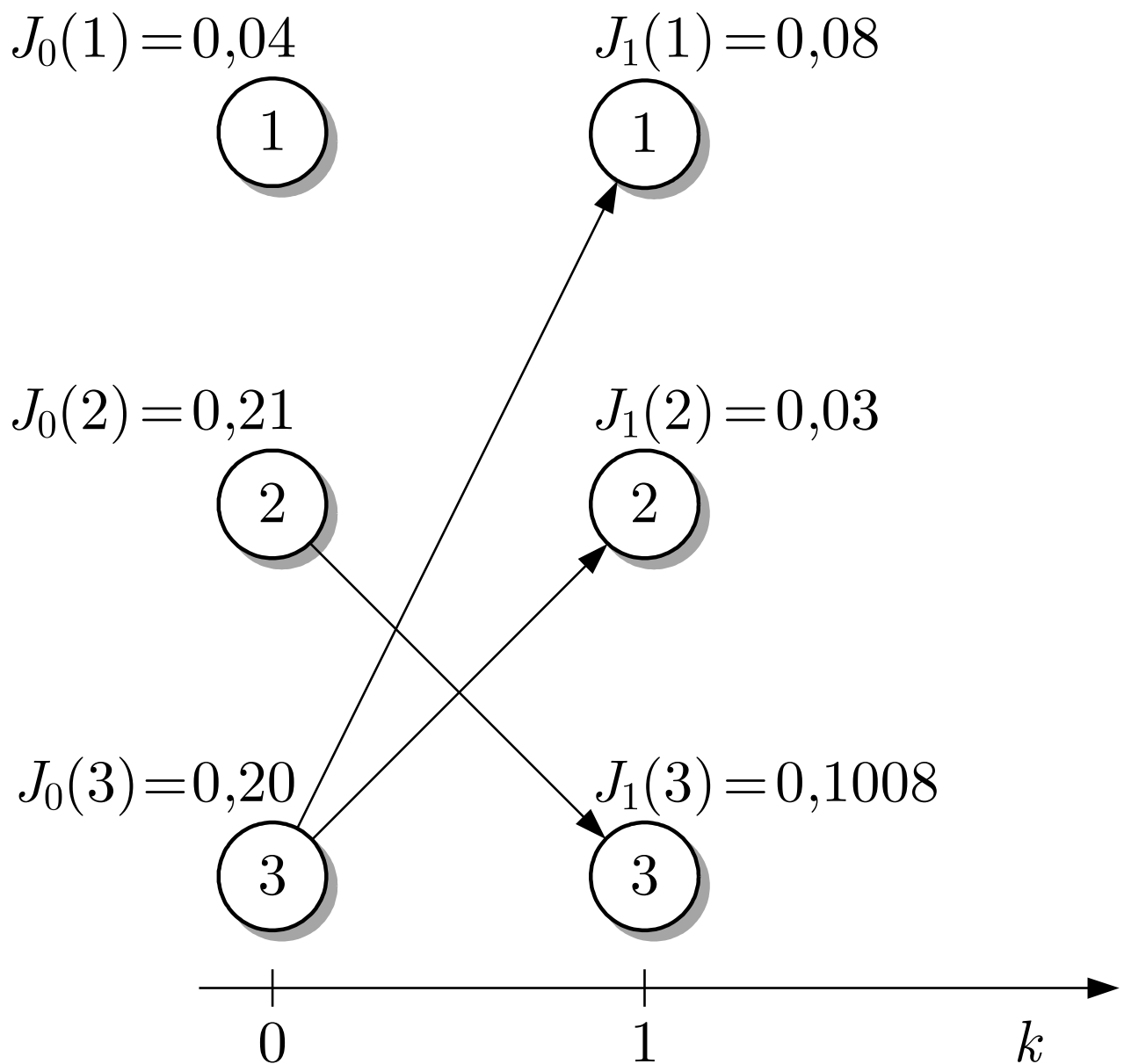


Abb. 7.51: Ergebnis des Viterbi-Algorithmus nach dem ersten Schritt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

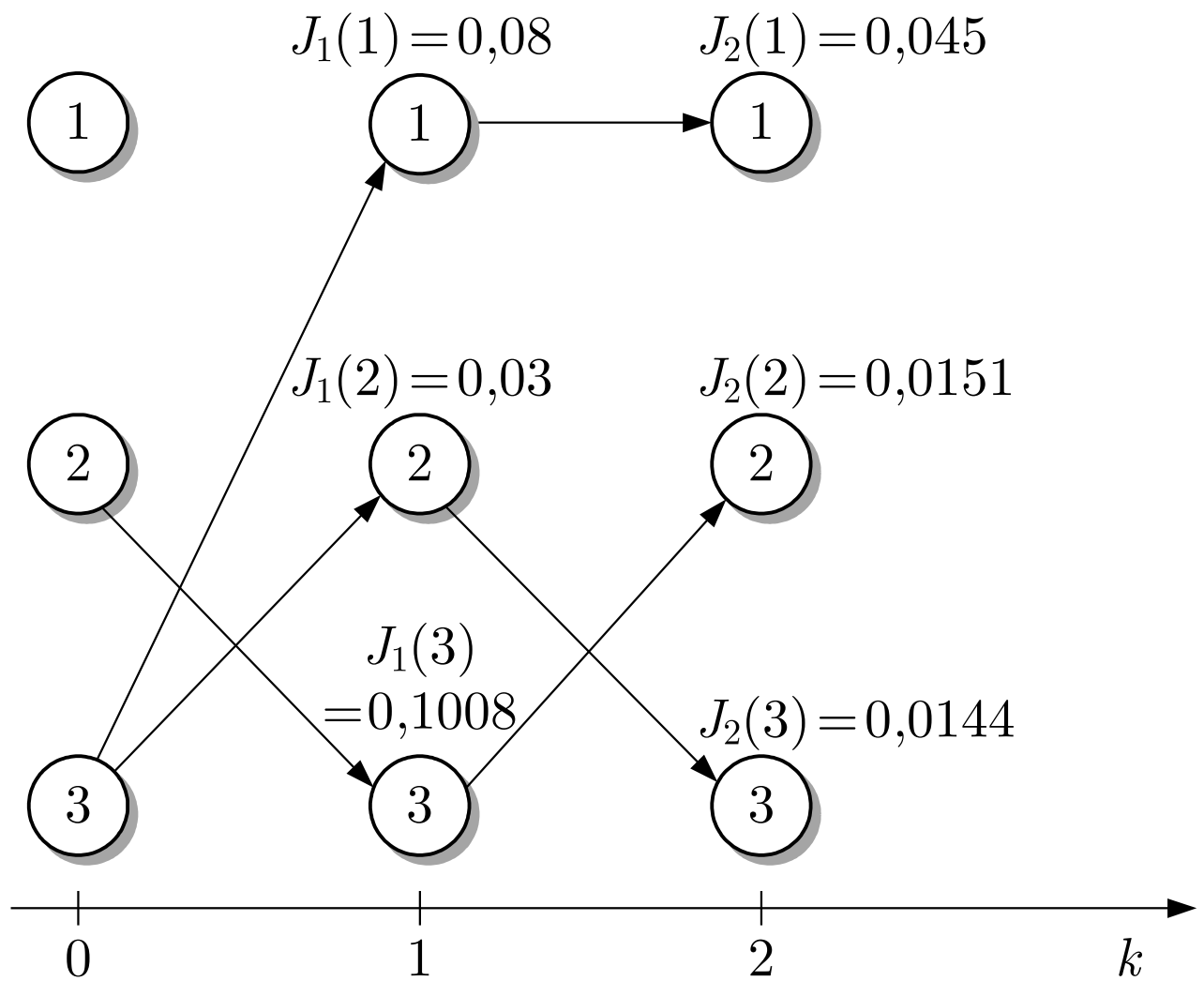


Abb. 7.52: Ergebnis des Viterbi-Algorithmus nach dem zweiten Schritt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

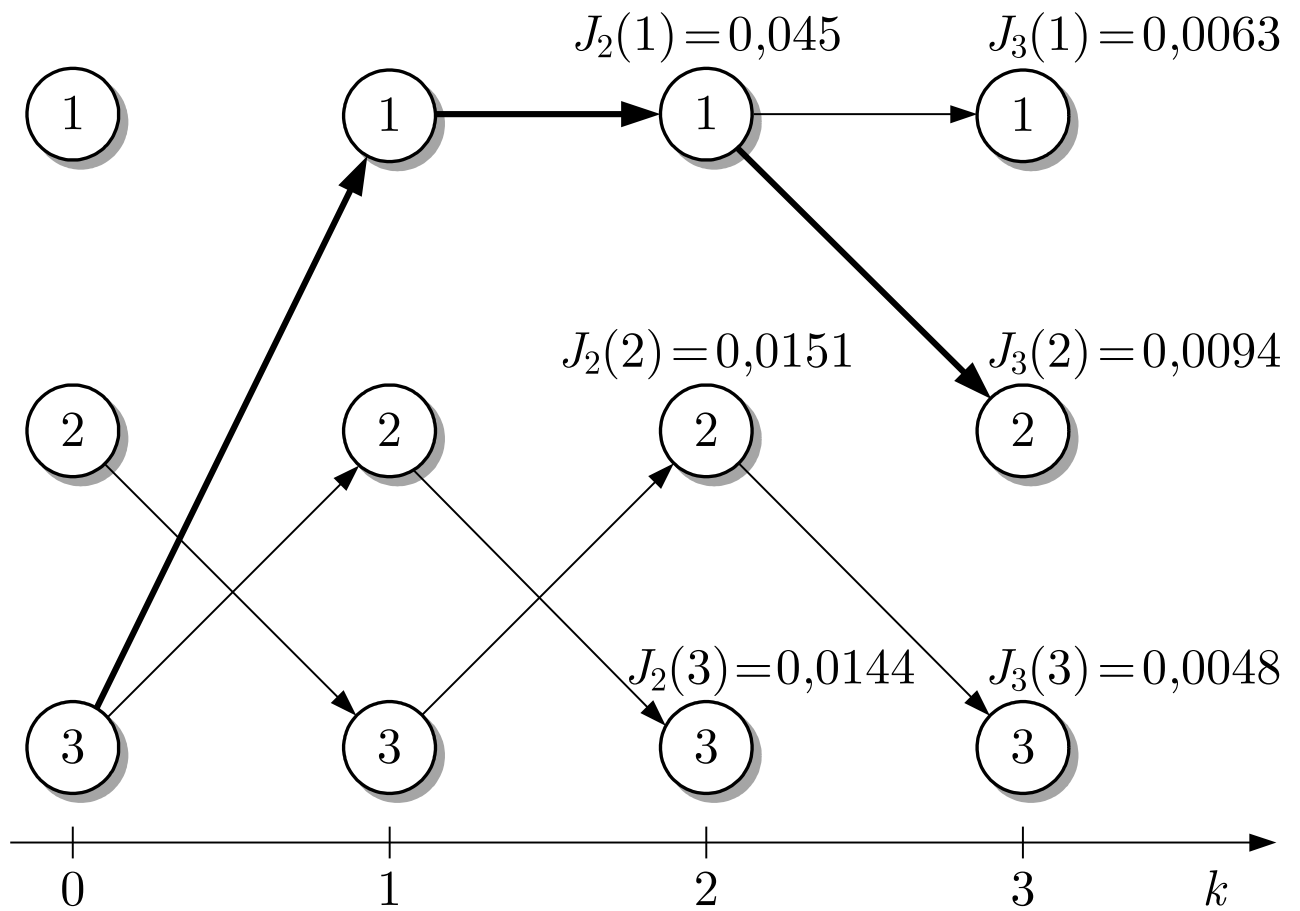


Abb. 7.53: Lösung des Detektionsproblems

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

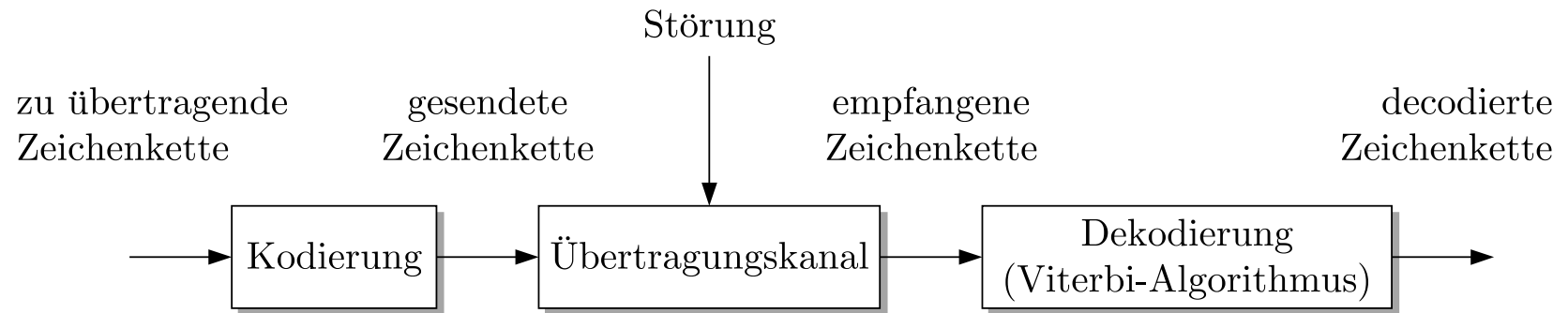


Abb. 7.54. Anwendung des Viterbi-Algorithmus in der Nachrichtenübertragung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

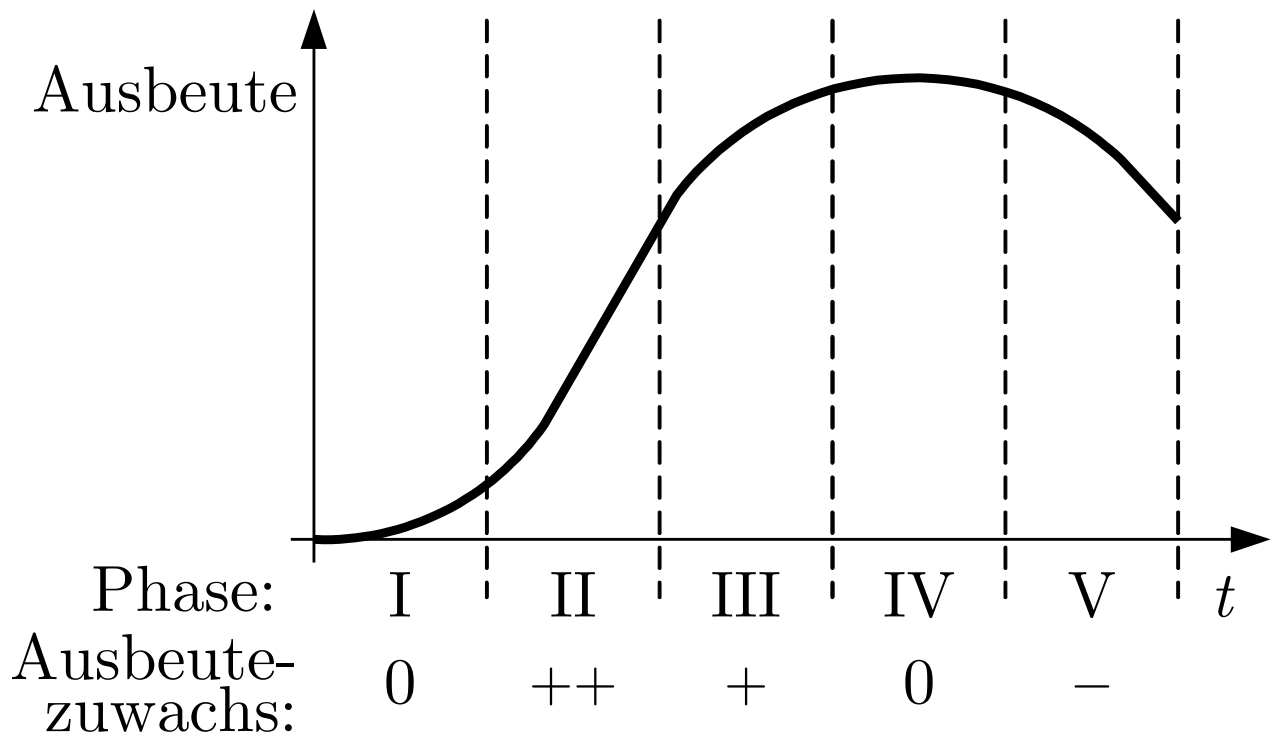


Abb. 7.55: Typischer Verlauf der Ausbeute eines Bioprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

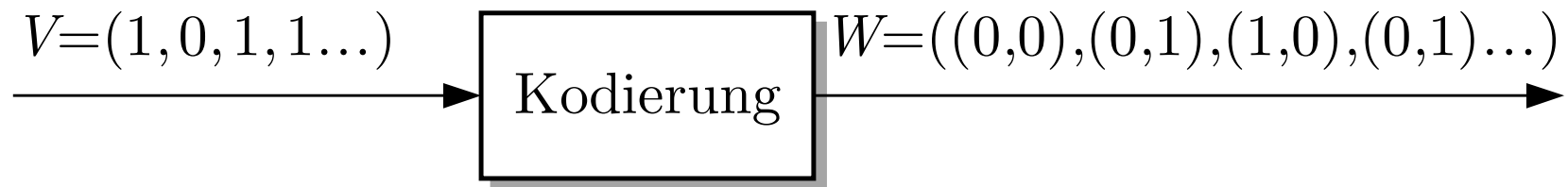


Abb. 7.56. Kodierung mit einem einfachen Faltungscod

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

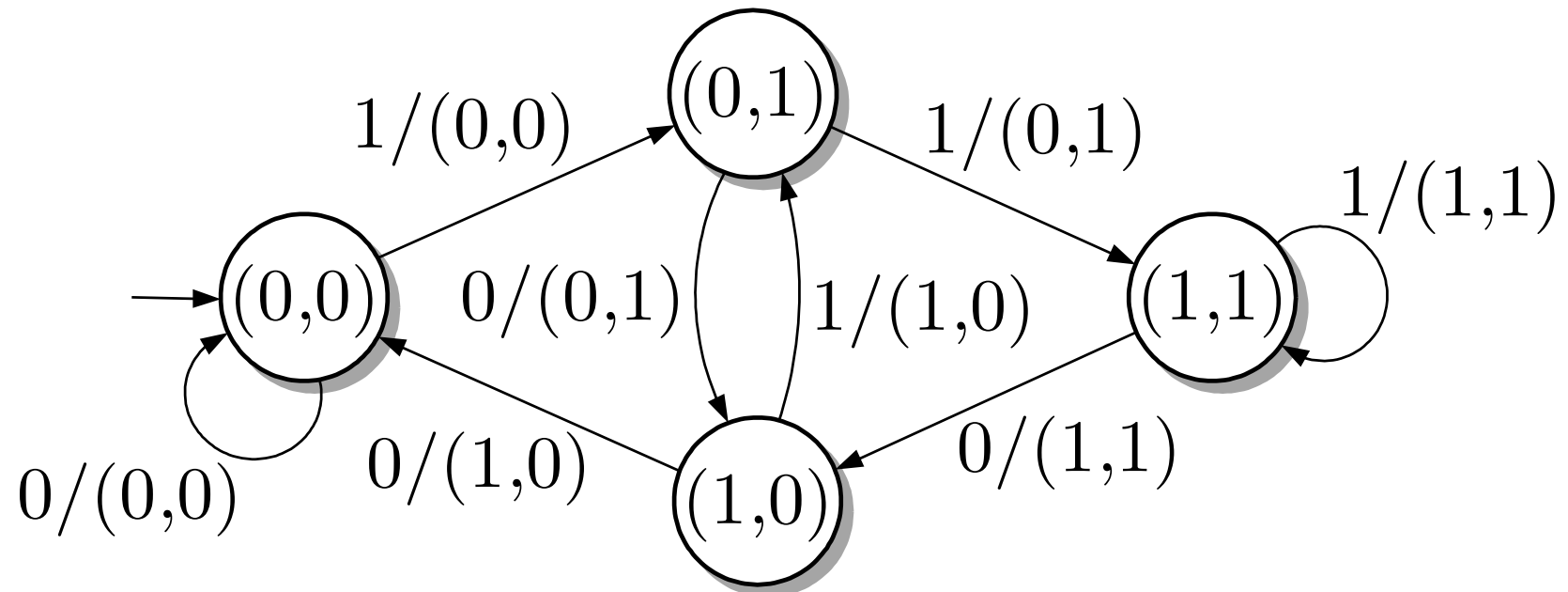


Abb. 7.57. Deterministischer E/A-Automat, der eine Zeichenkette nach dem beschriebenen Faltungscodiert

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

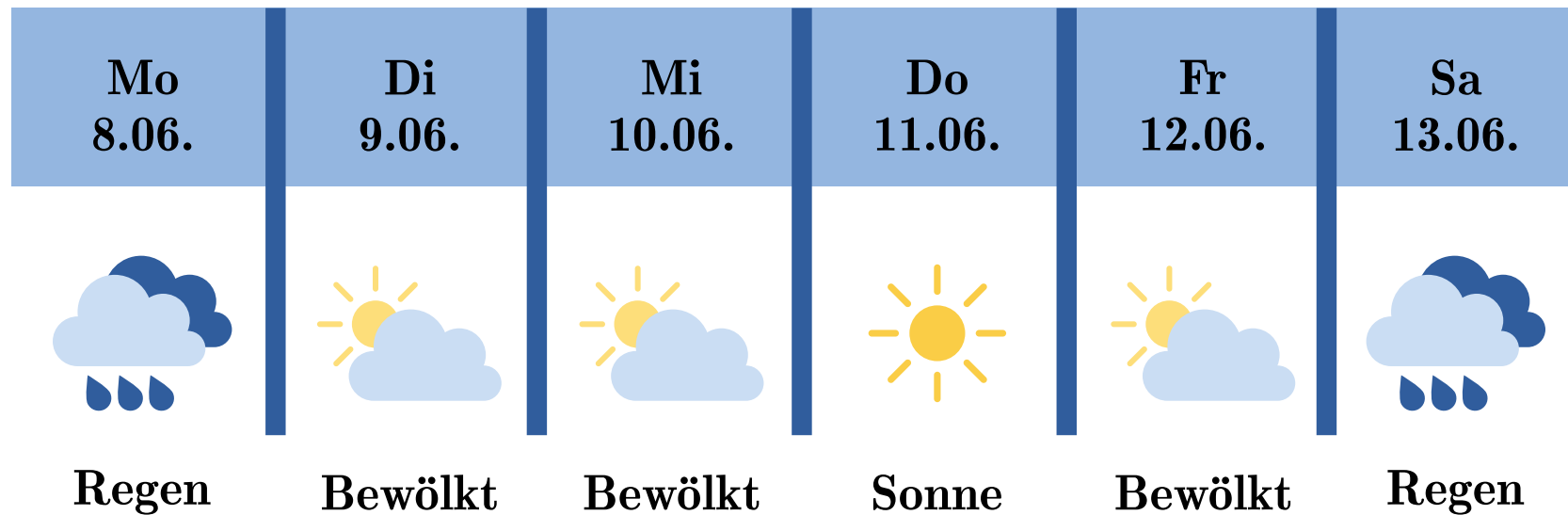


Abb. 7.58. Wettervorhersage

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

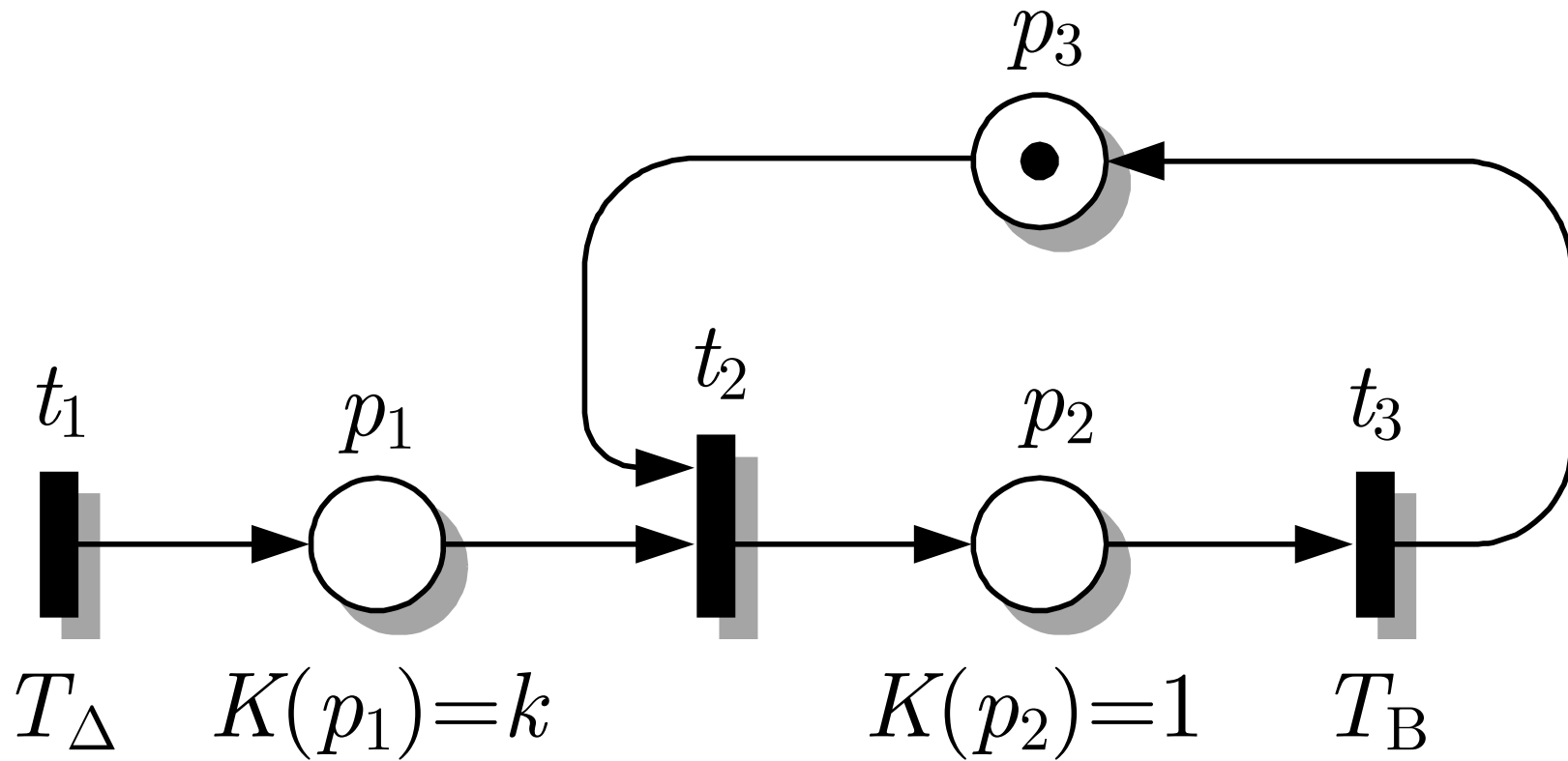


Abb. 8.1. Beschreibung eines Wartesystems durch ein zeitbewertetes Petrinetz

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

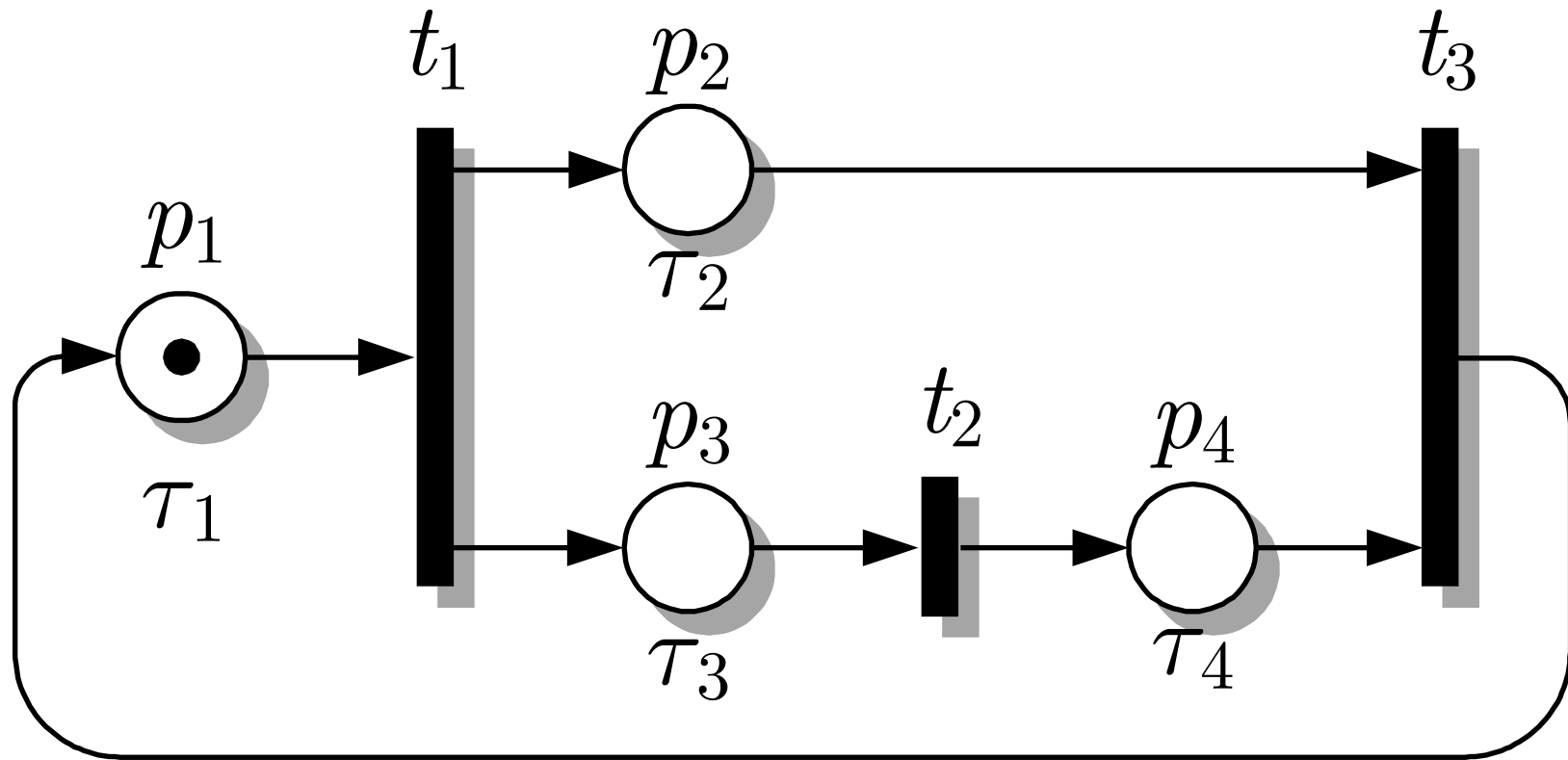


Abb. 8.2. Zeitbewerteter Synchronisationsgraph

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

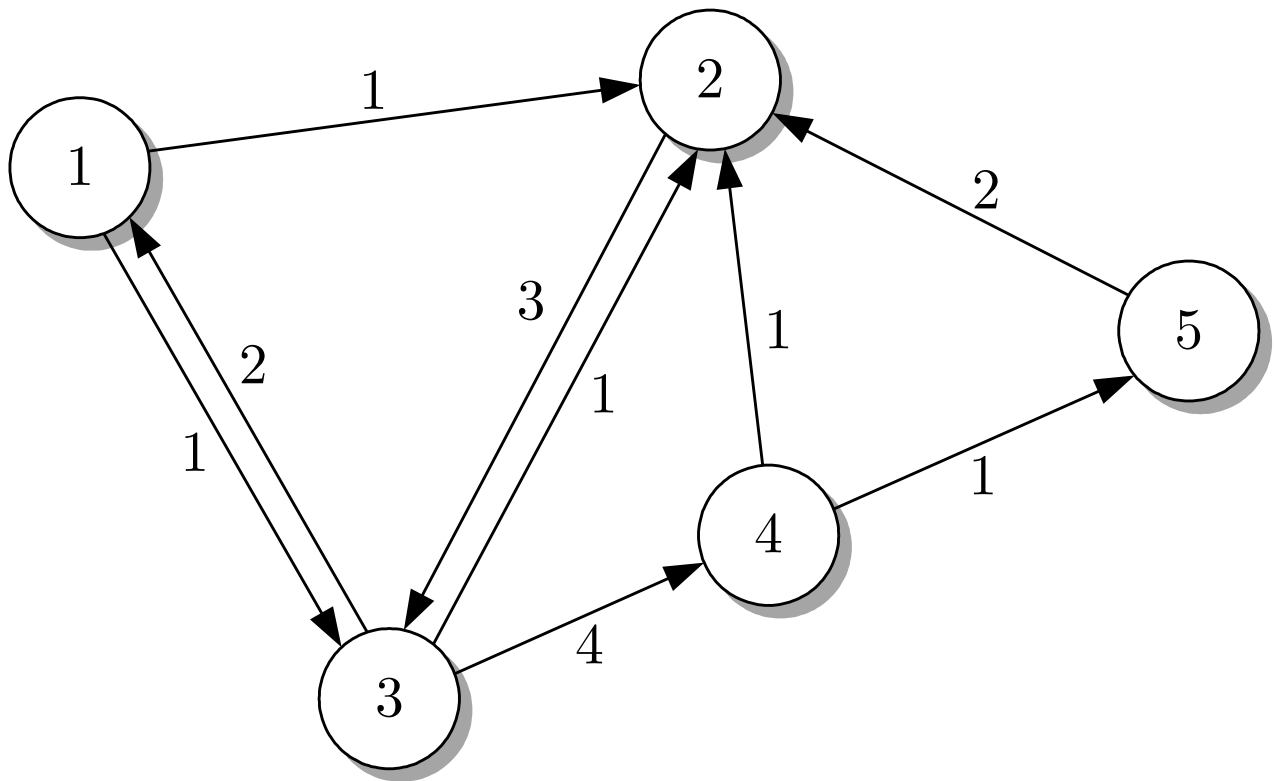


Abb. 8.3: Gerichteter Graph

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

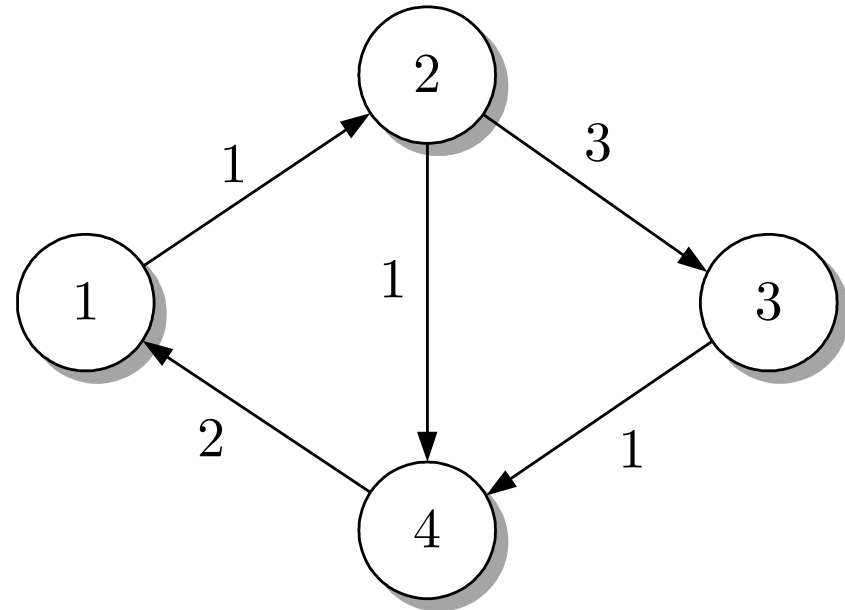
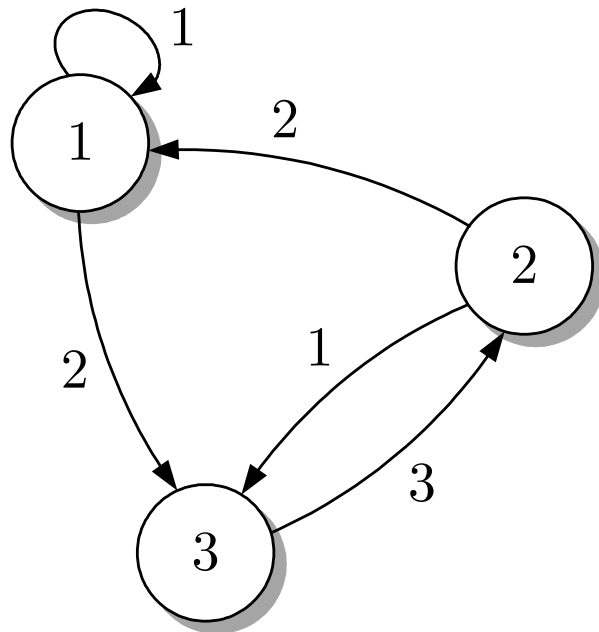


Abb. 8.4. Zwei gerichtete Graphen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

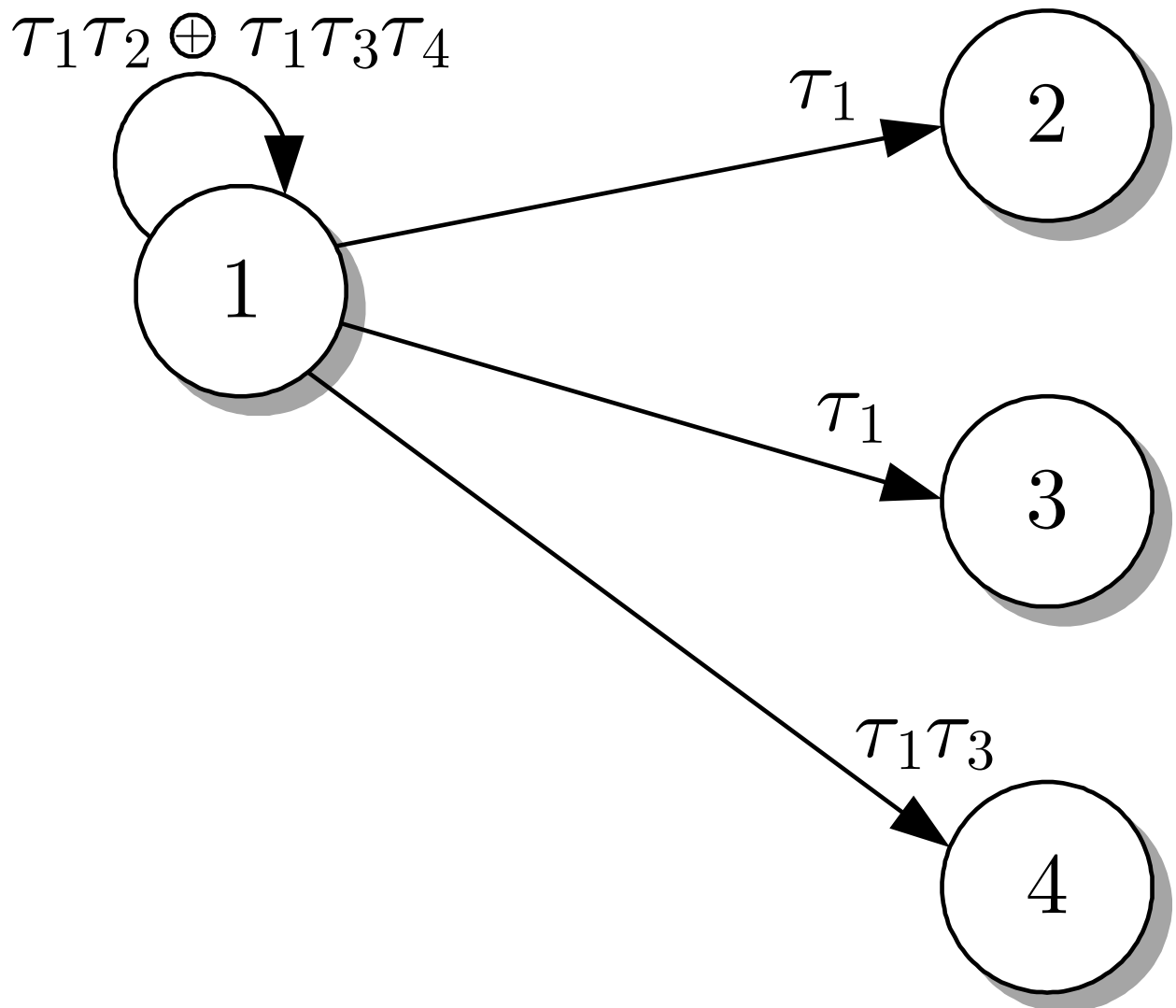


Abb. 8.5: Gerichteter Graph

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

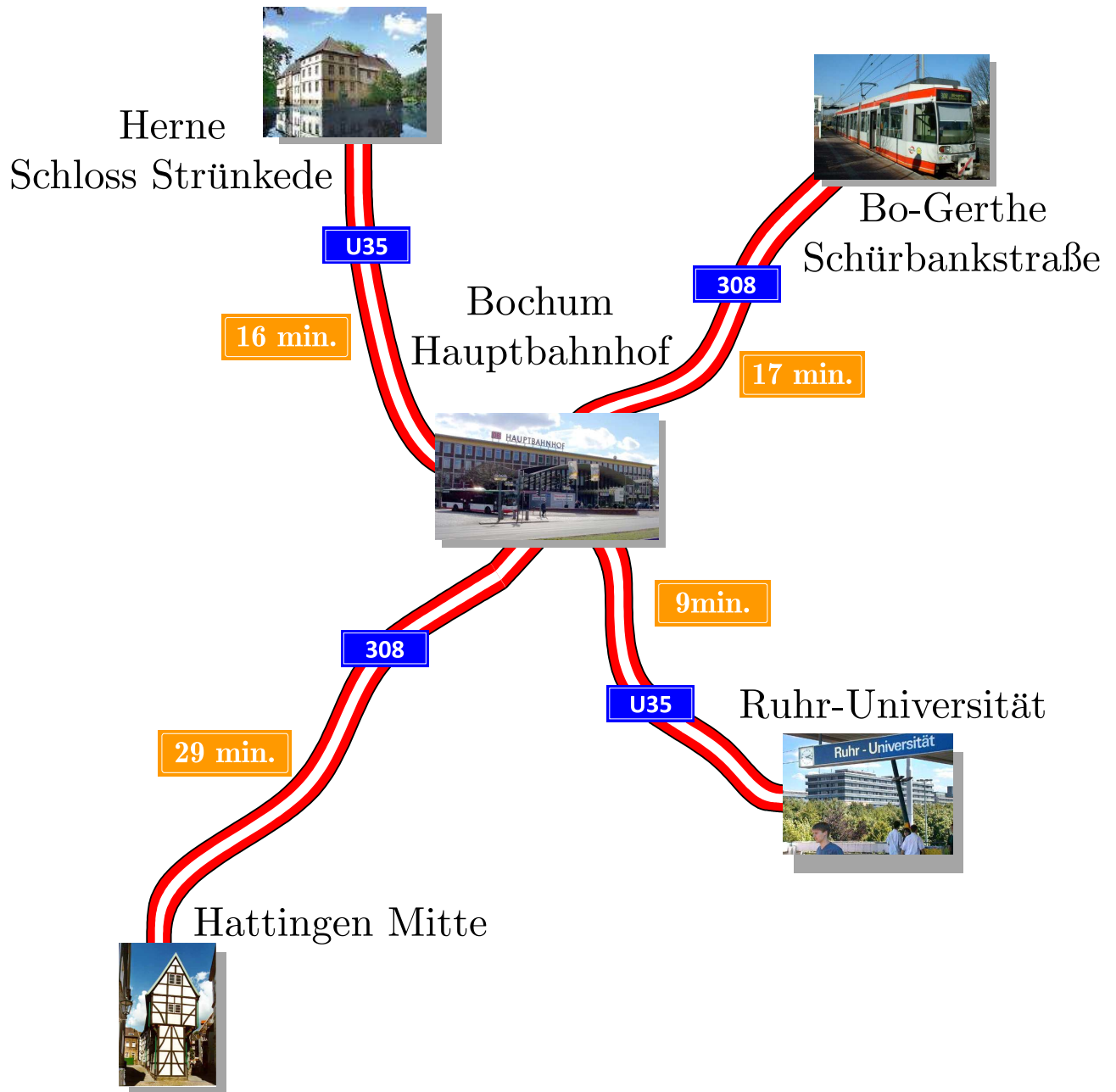


Abb. 8.6: Ausschnitt aus dem Nahverkehrsnetz der Stadt Bochum

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

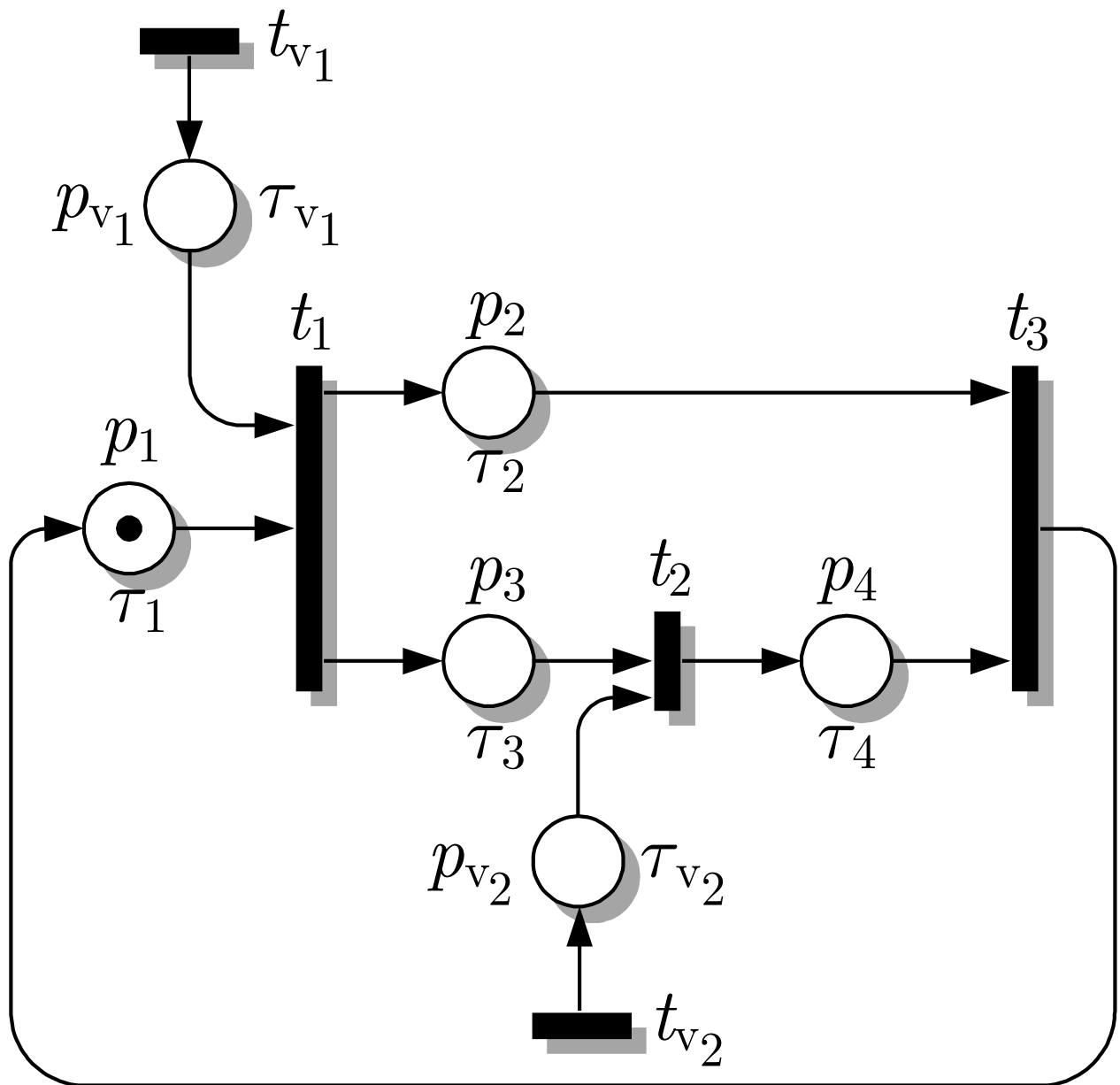


Abb. 8.7: Synchronisationsgraph mit Eingang

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

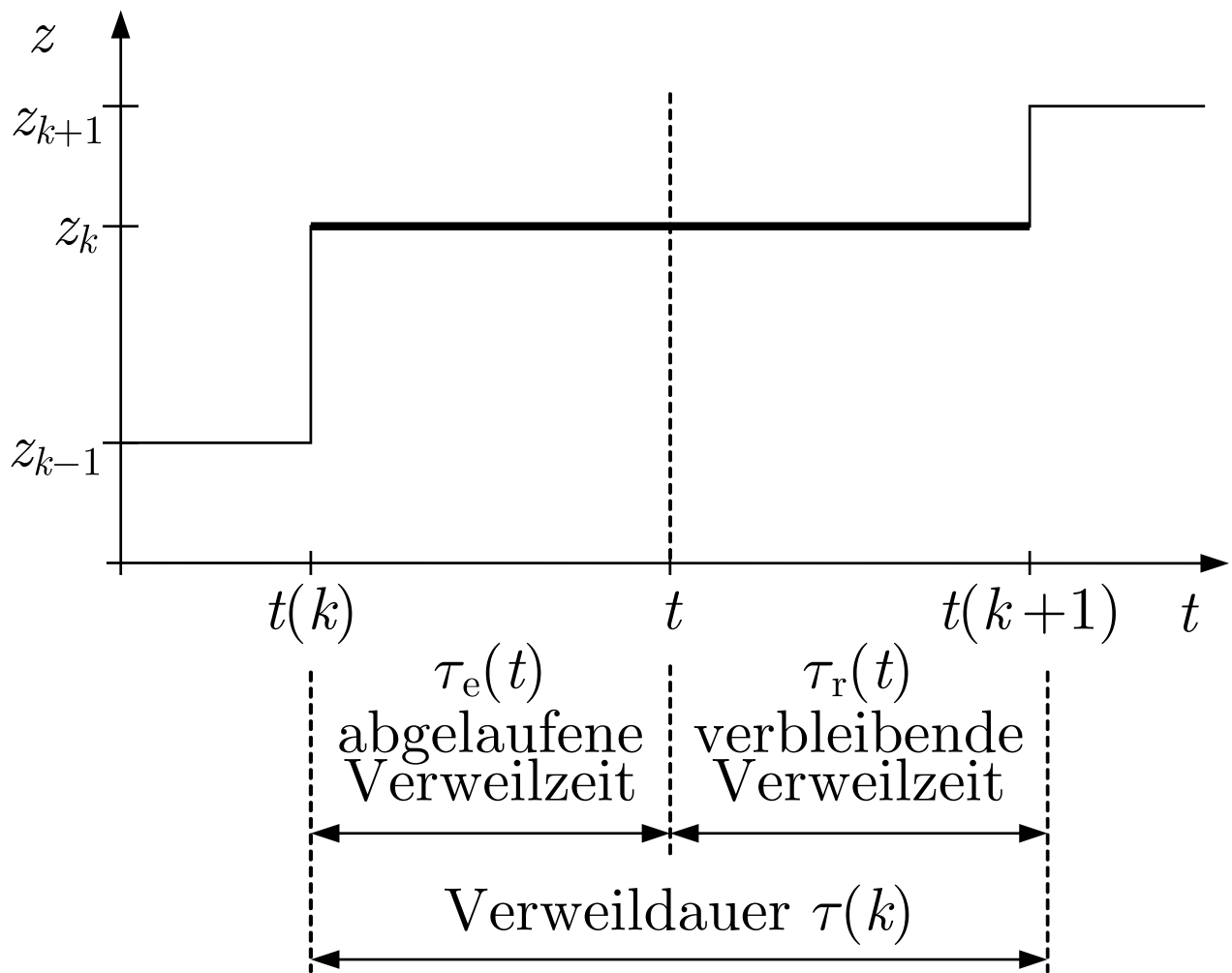


Abb. 9.1: Verweildauer im Zustand $z(k)$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

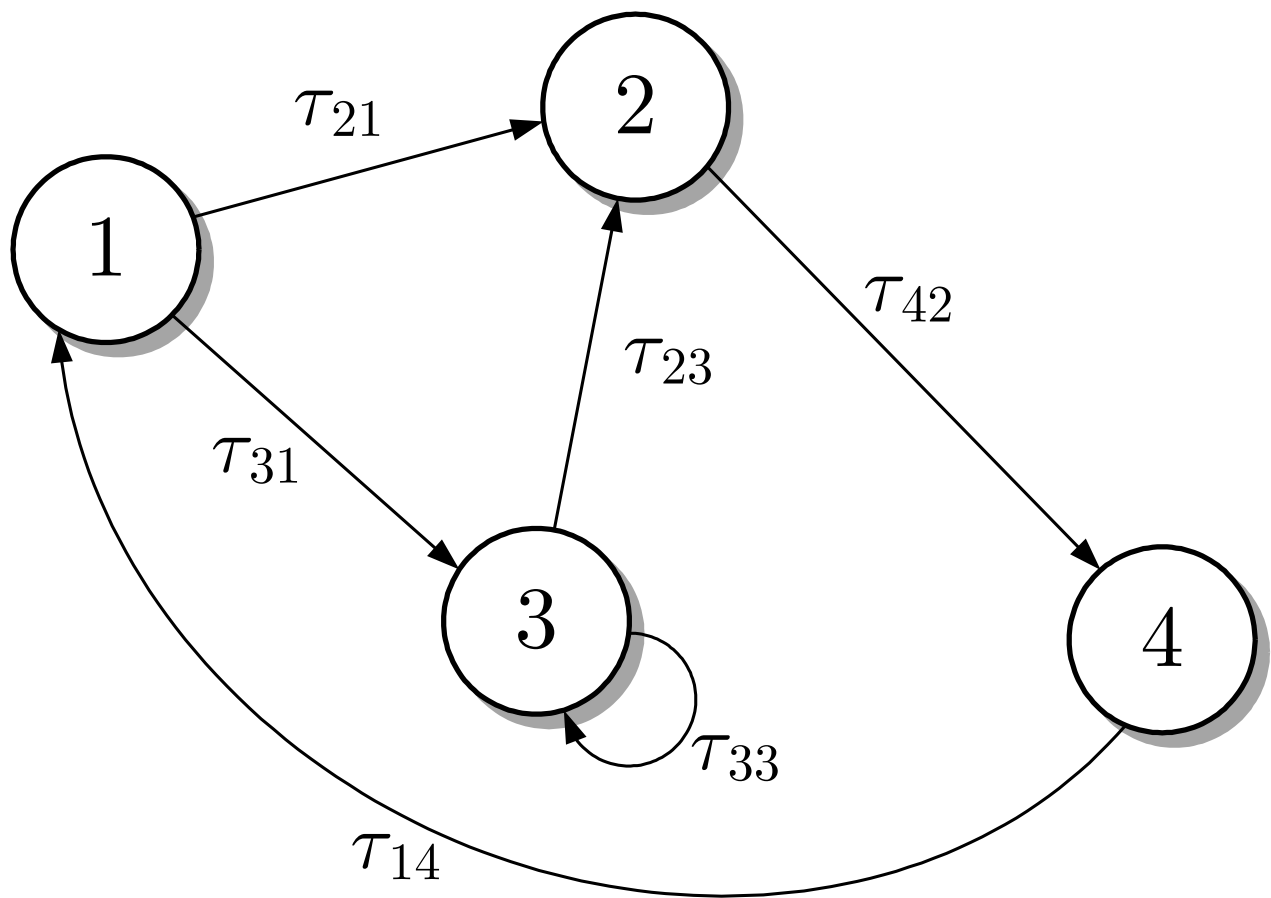


Abb. 9.2: Automat mit zeitbewerteten Zustandsübergängen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

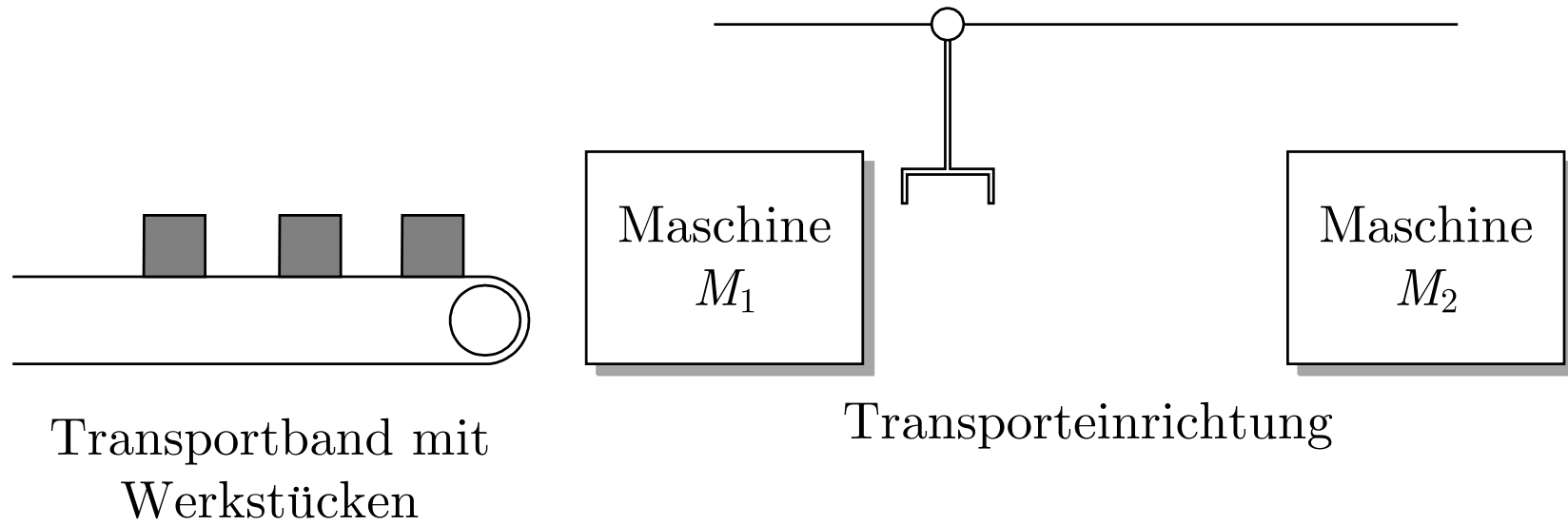


Abb. 9.3. Zwei Werkzeugmaschinen, zwischen denen Werkstücke durch einen Roboter transportiert werden

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

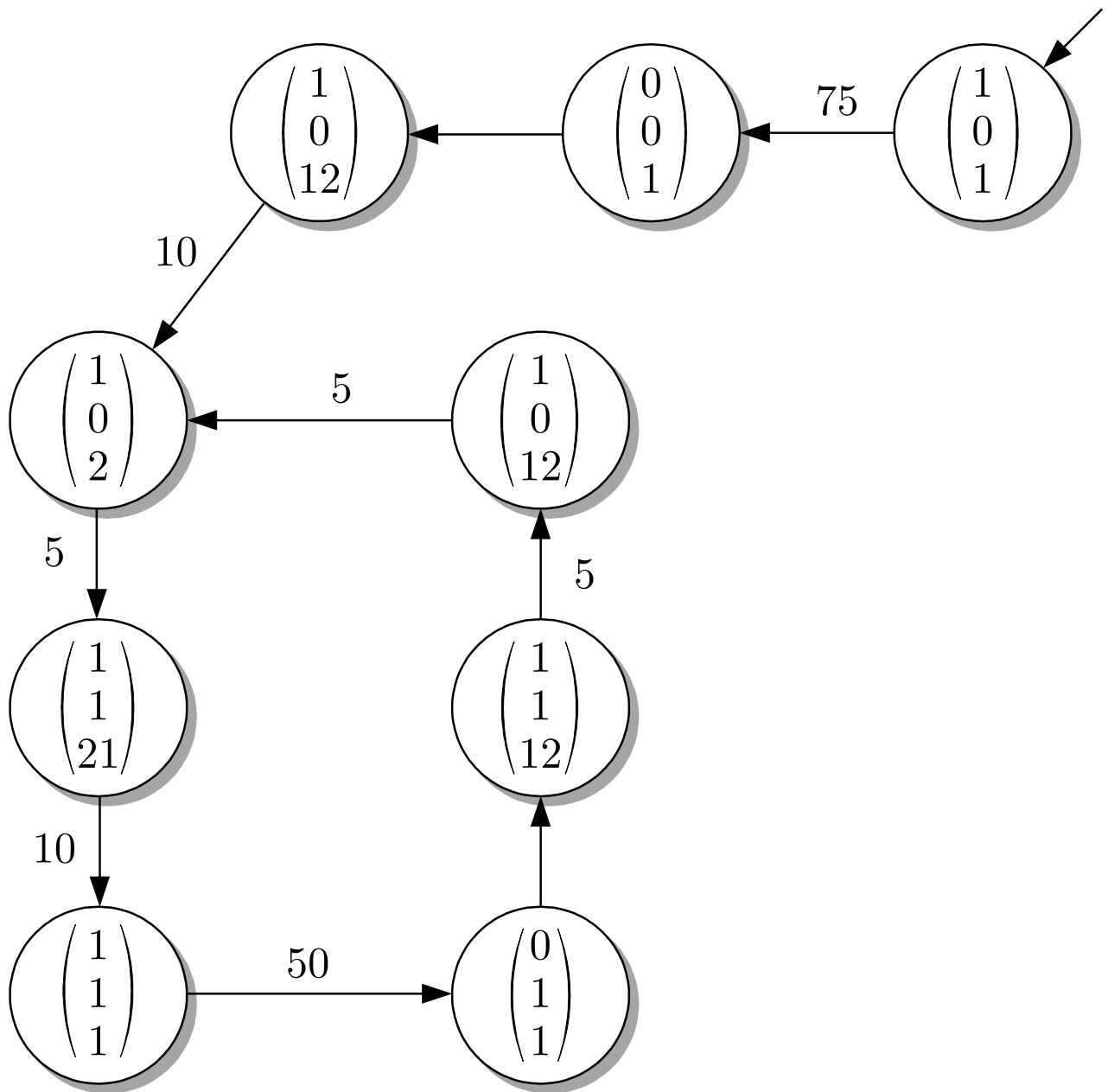


Abb. 9.4: Darstellung der Arbeit der Fertigungszelle durch einen zeitbewerteten Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

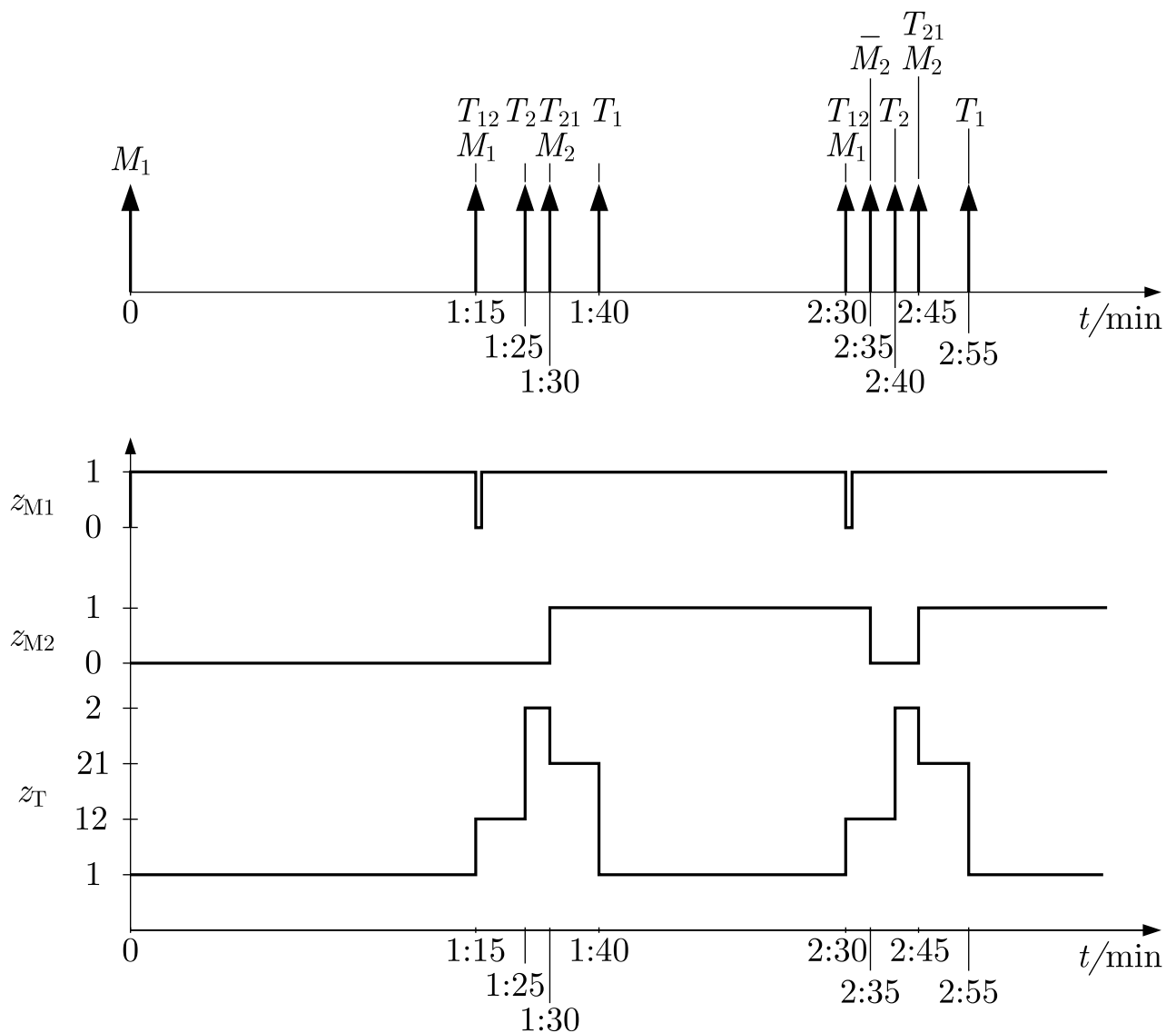


Abb. 9.5: Ereignisse, die bei der Arbeit der in Abb. 9.3 gezeigten Werkzeugmaschinen auftreten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

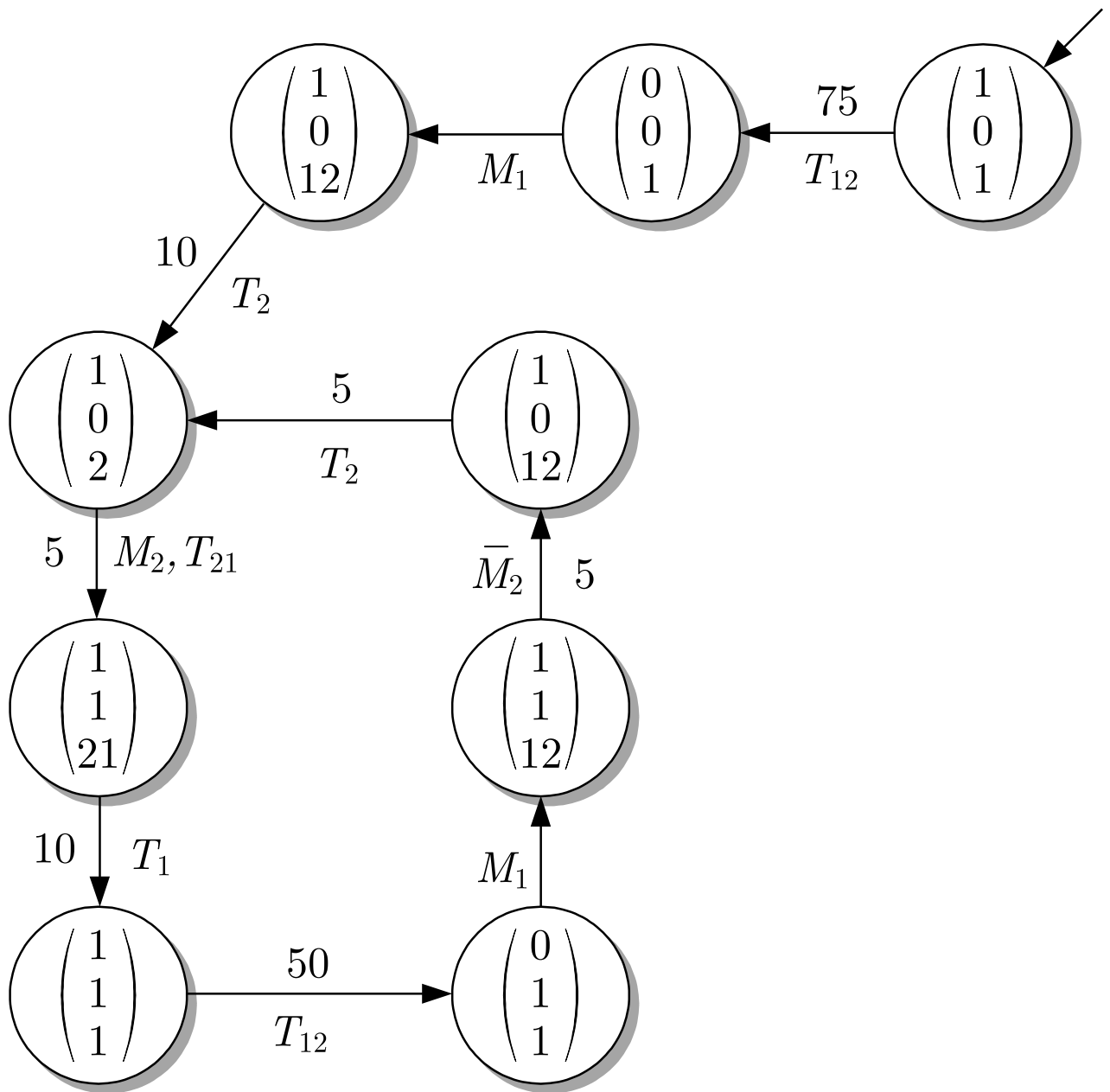


Abb. 9.6: Erweiterung des Modells der Fertigungszelle zum zeitbewerteten Σ -Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

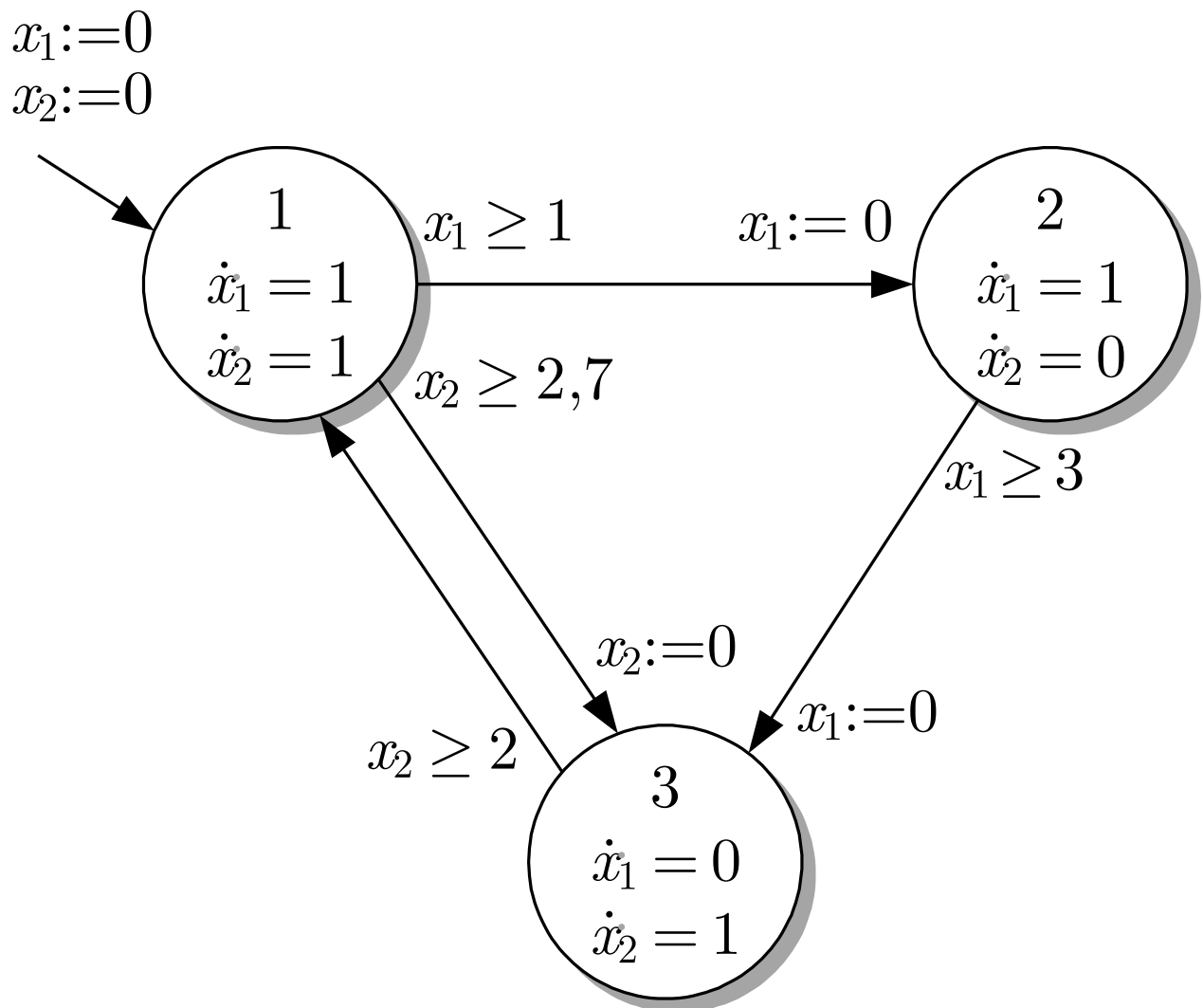


Abb. 9.7: Zeitbewerteter Automat mit zwei Uhren

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

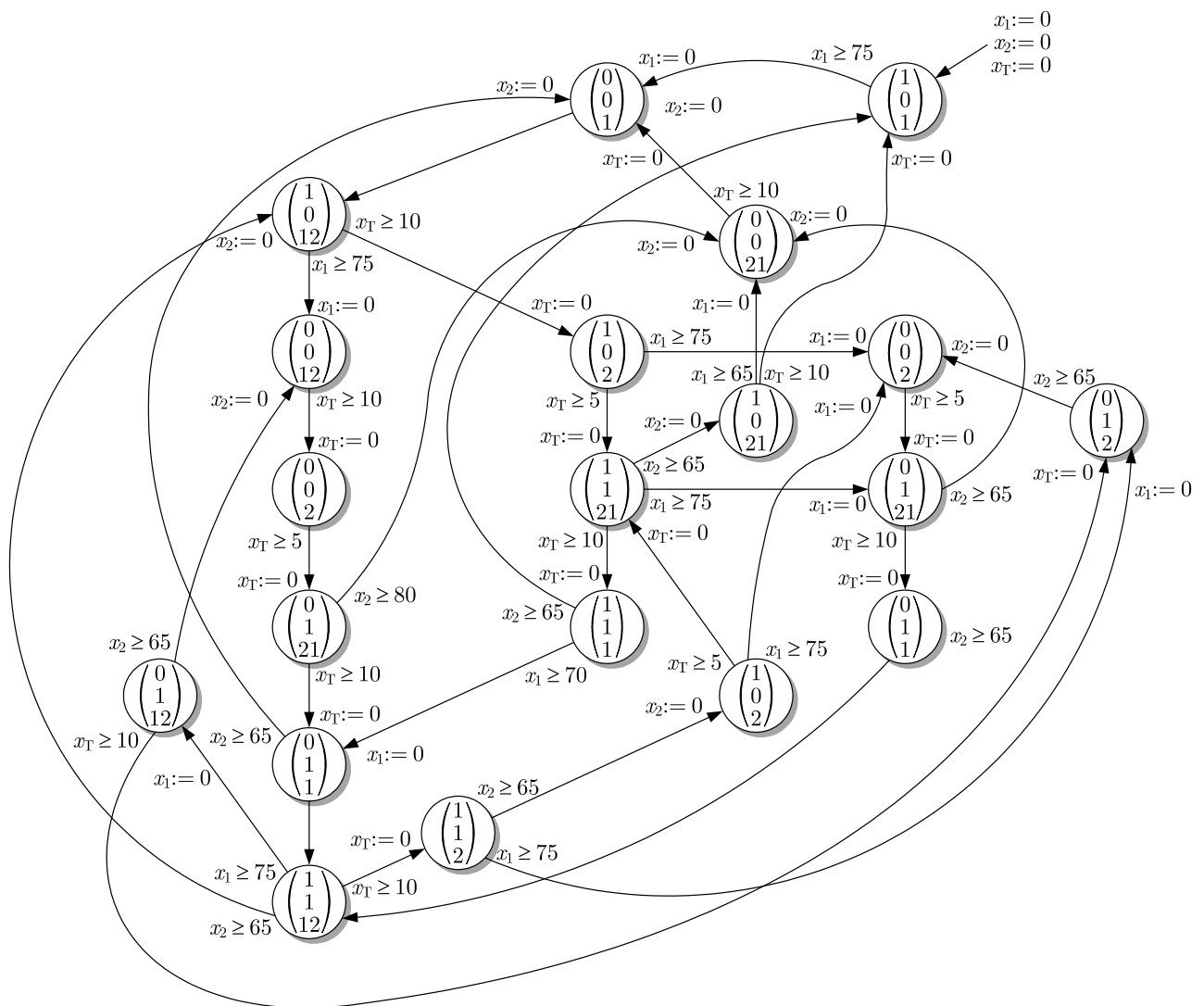
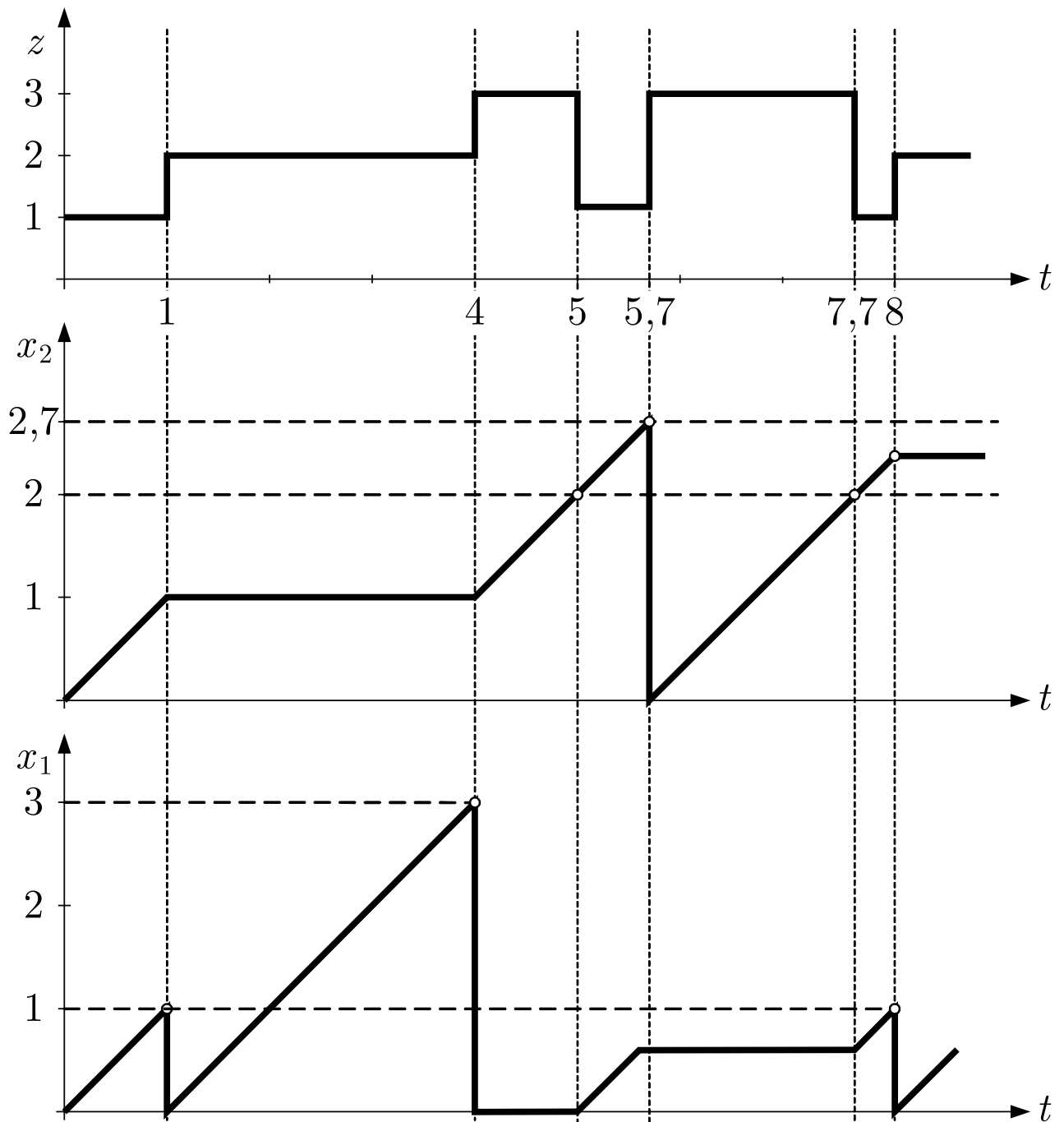


Abb. 9.8: Darstellung der Fertigungszelle durch einen zeitbewerteten Automaten mit drei Uhren

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. 9.9: Verhalten des zeitbewerteten Automaten aus
Abb. 9.7**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

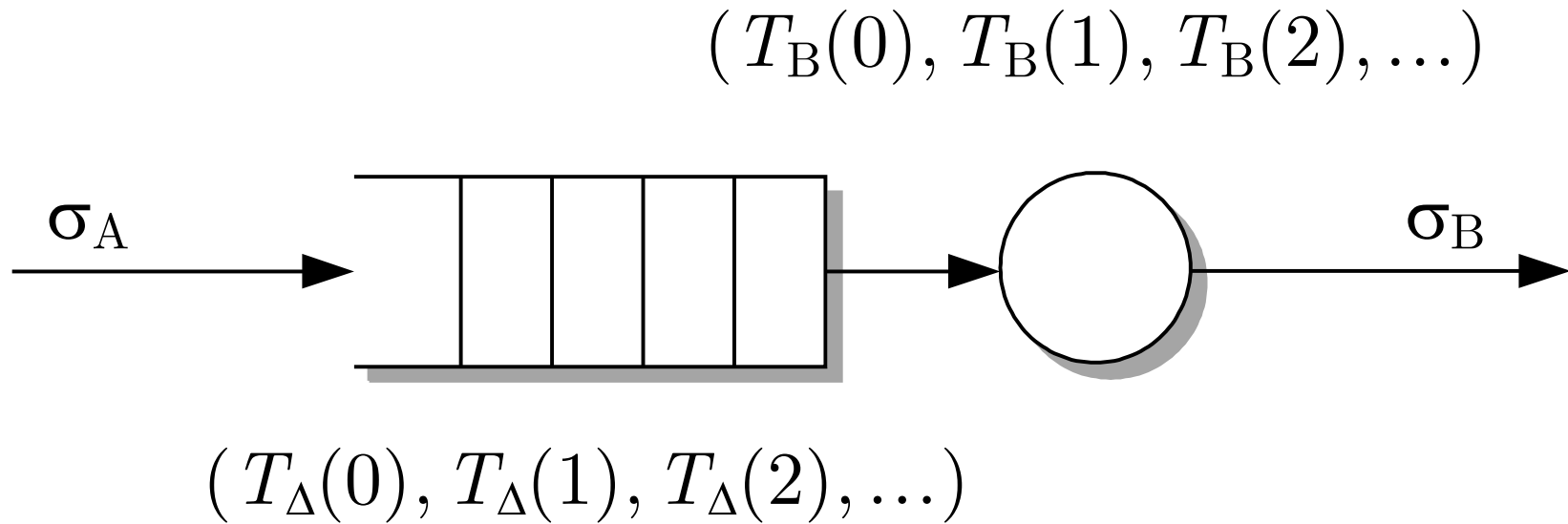


Abb. 9.10. Wartesystem mit zeitlichen Informationen über die Ankunft und die Bedienung von Kunden

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

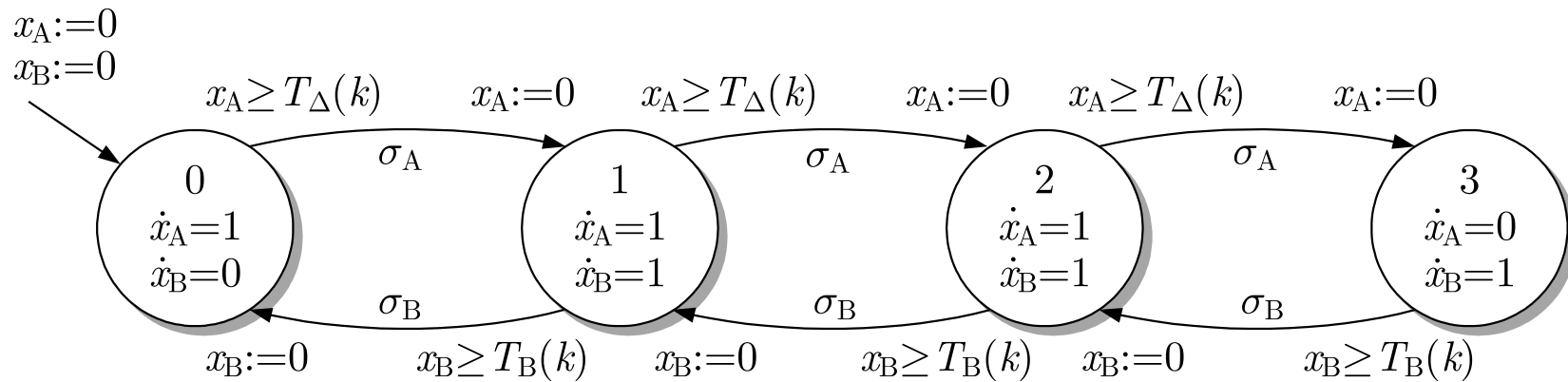


Abb. 9.11. Automatengraph des zeitbewerteten Automaten, der ein Wartesystem beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

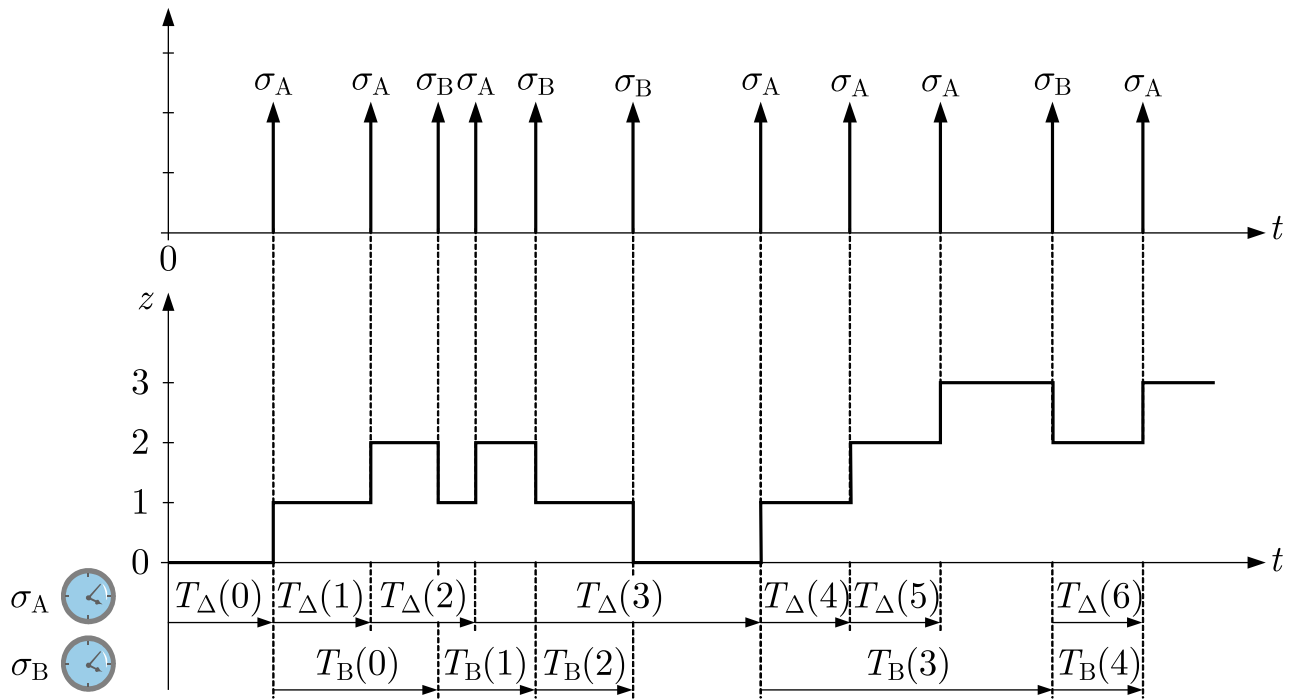


Abb. 9.12: Verhalten des Wartesystems

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

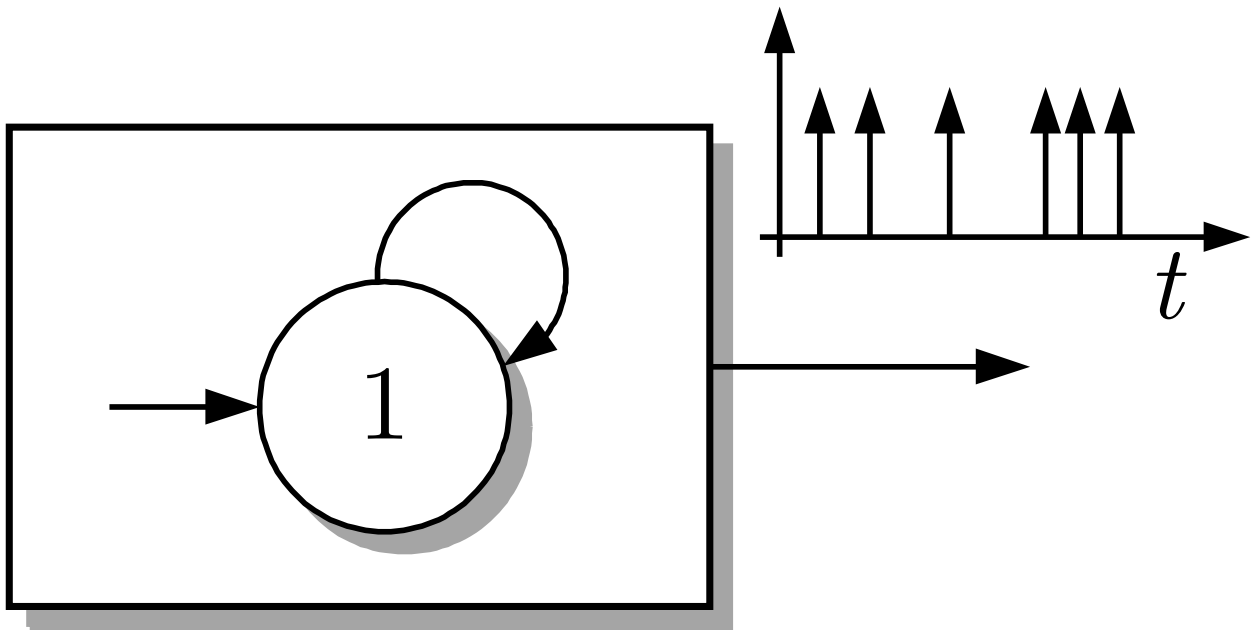


Abb. 9.13: Automatengraph eines Punktprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

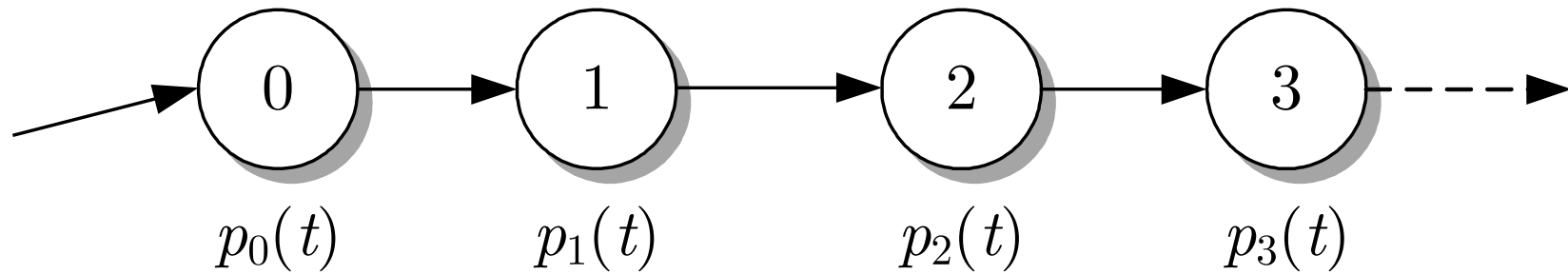


Abb. 9.14. Automatengraph eines Zählprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

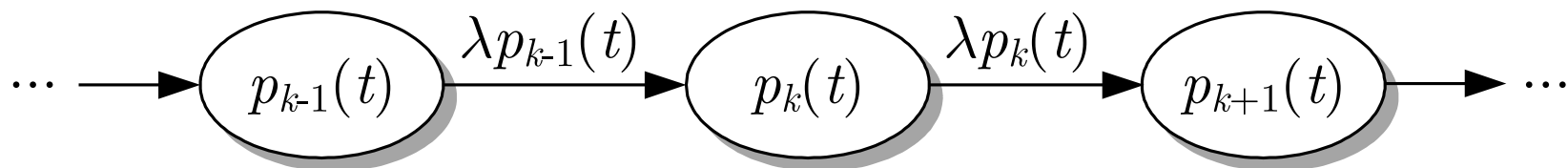


Abb. 9.15. Interpretation der Modellgleichungen des Poissonprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

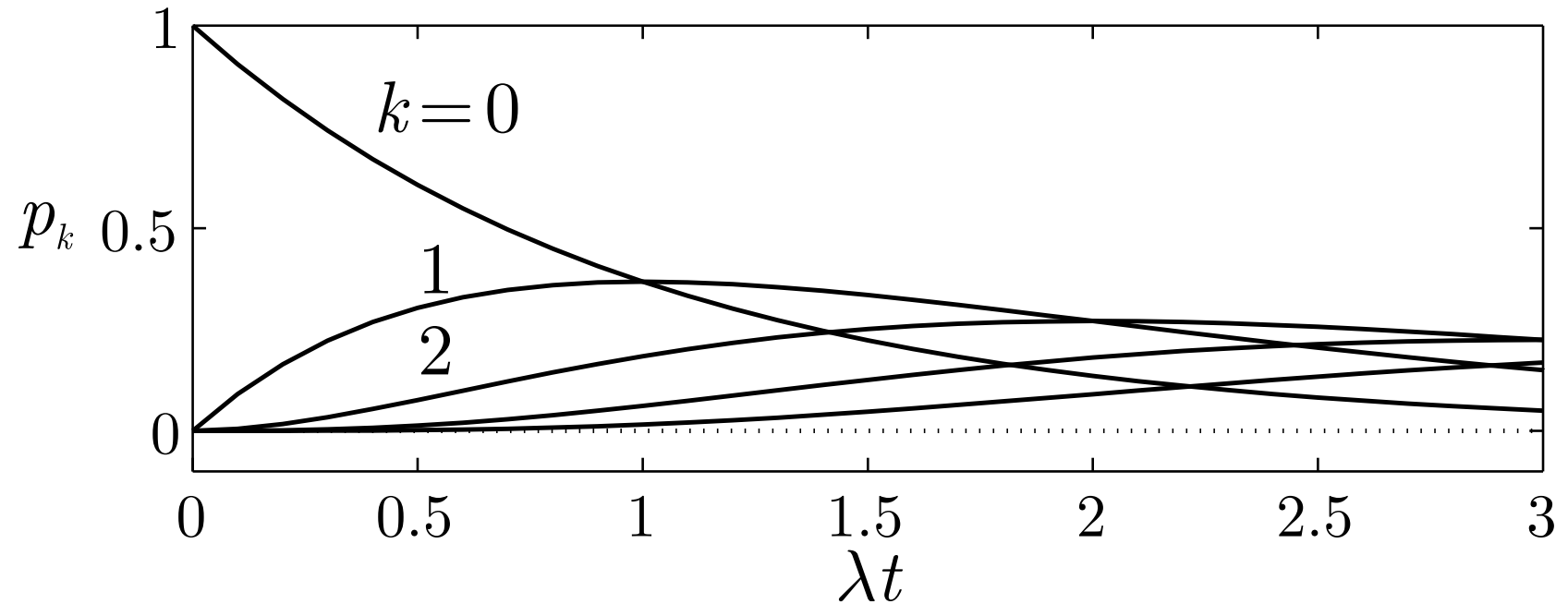


Abb. 9.16. Aufenthaltswahrscheinlichkeit $p_k(t)$, ($k = 0, 1, 2, 3, 4$) für einen Poissonprozess mit $\lambda = 1$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

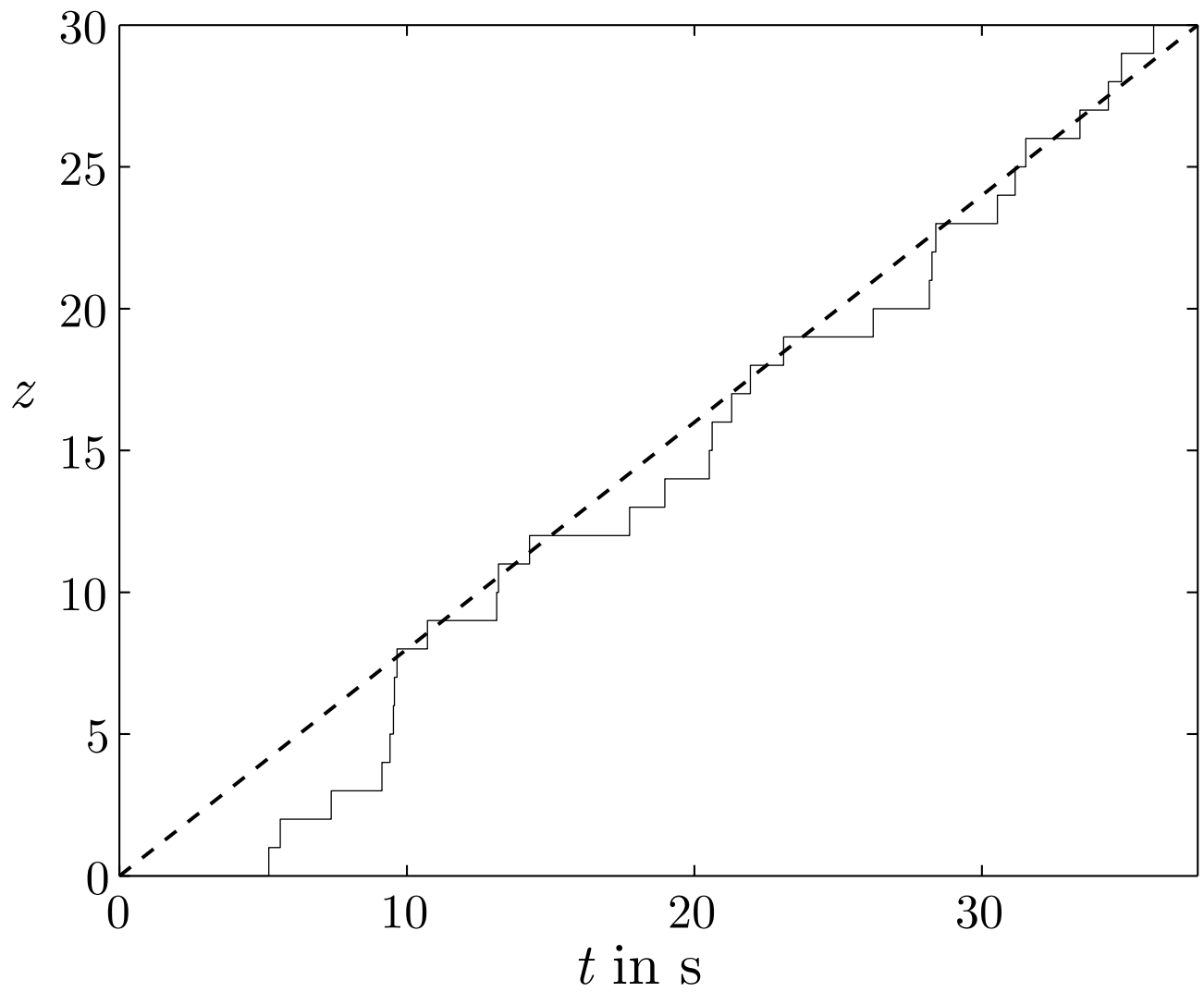


Abb. 9.17: Mittelwert und eine Realisierung eines Poissonprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

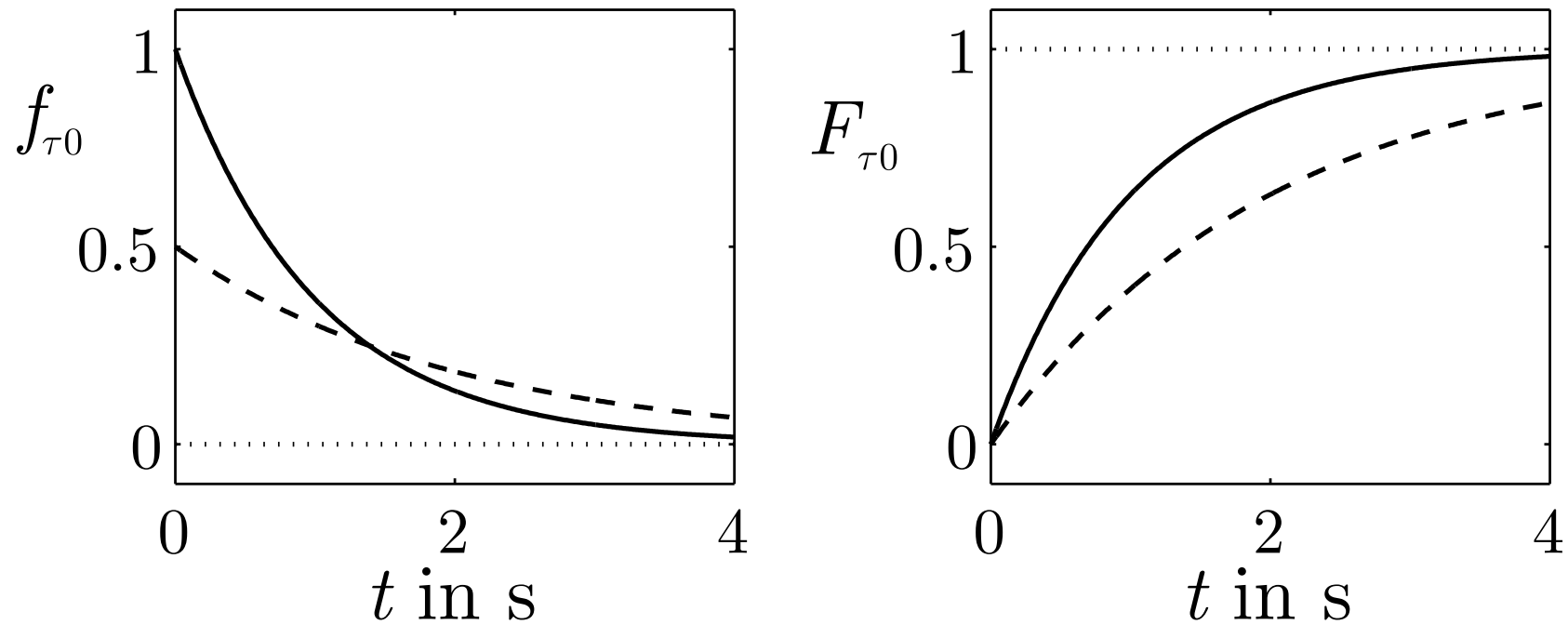


Abb. 9.18. Wahrscheinlichkeitsdichte (links) und Verteilungsfunktion (rechts) einer Exponentialverteilung für $\lambda = 1$ (durchgezogene Linie) und $\lambda = 0,5$ (gestrichelte Linie)

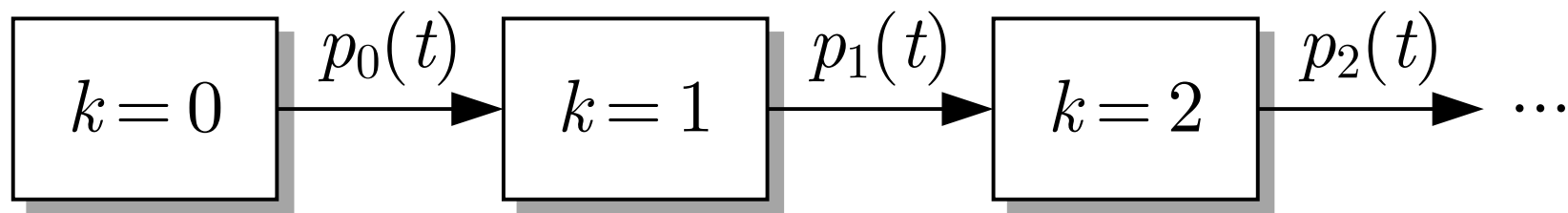


Abb. 9.19. Interpretation der Gln. (9.20), (9.21) als Modell einer Reihenschaltung von Teilsystemen erster Ordnung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

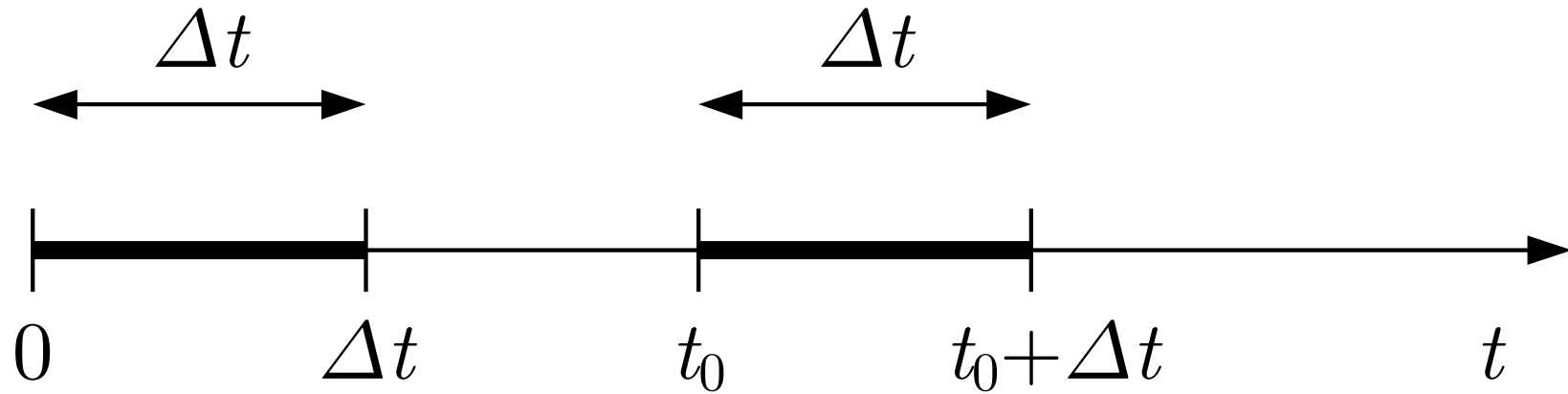


Abb. 9.20. Zeitintervalle, die beim Nachweis der Markoveigenschaft der Exponentialverteilung betrachtet werden

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

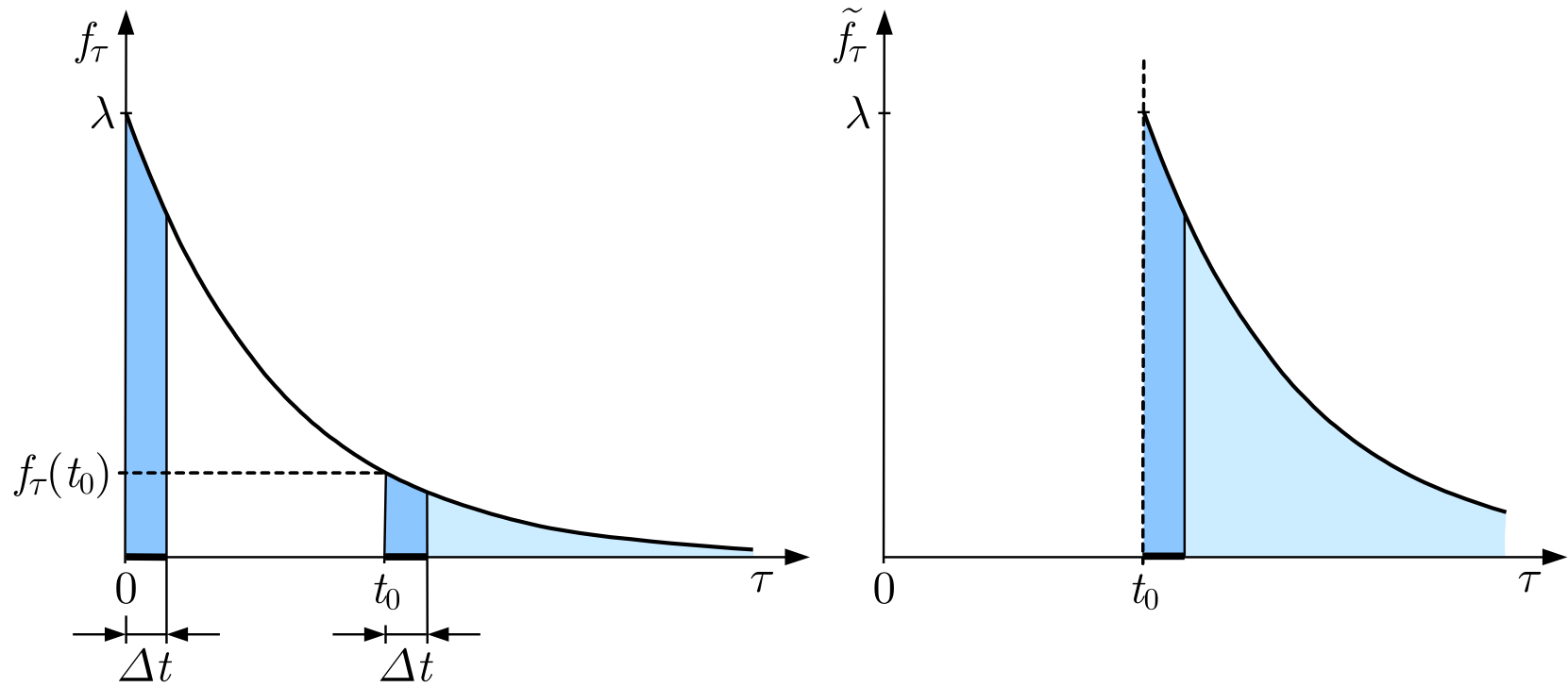
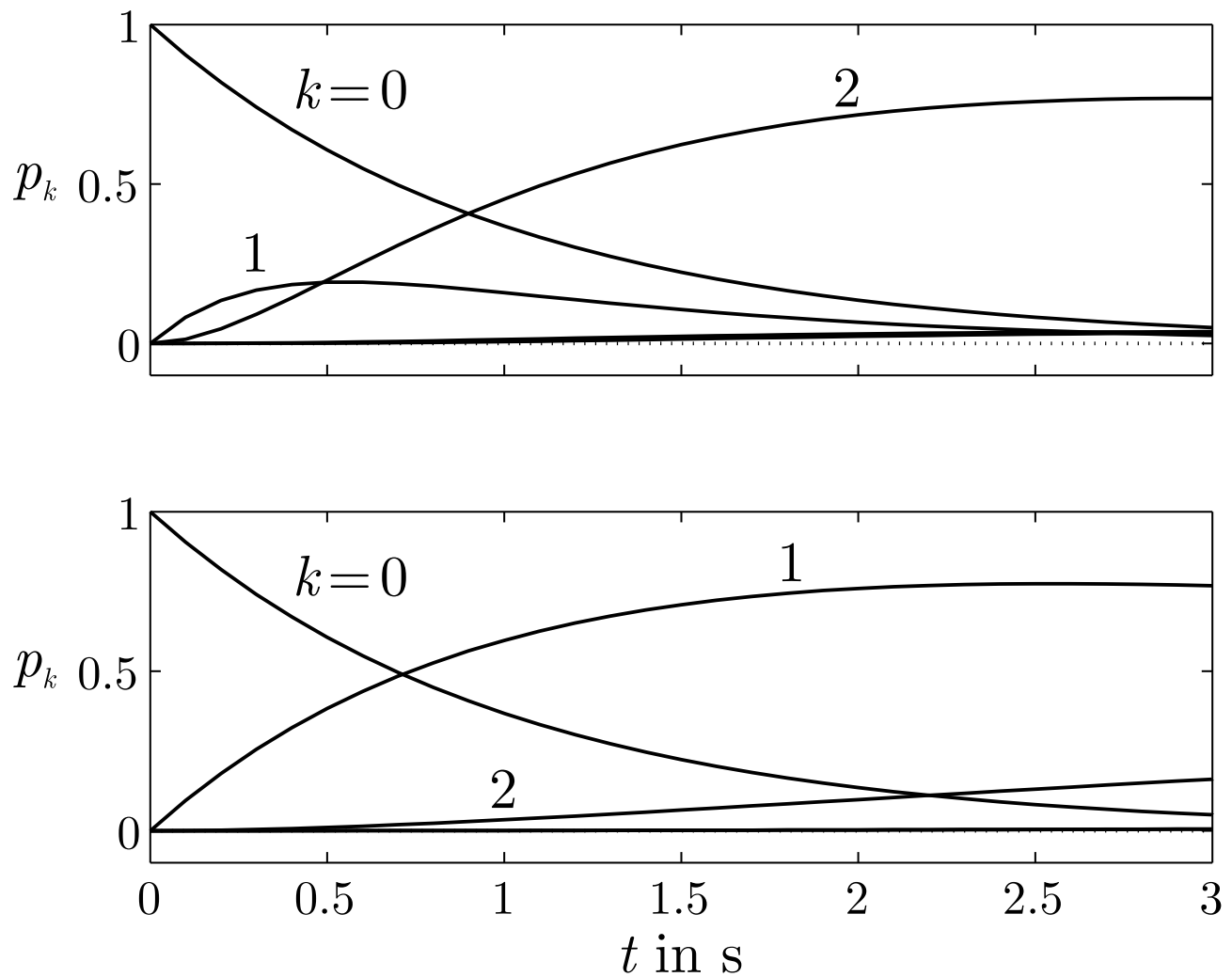


Abb. 9.21. Markoveigenschaft der Exponentialverteilung der Verweilzeit

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. 9.22: Aufenthaltswahrscheinlichkeit $p_k(t)$,
 ($k = 0, 1, 2, 3$) für Punktprozesse mit zustandsabhängiger
 Übergangsrate**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

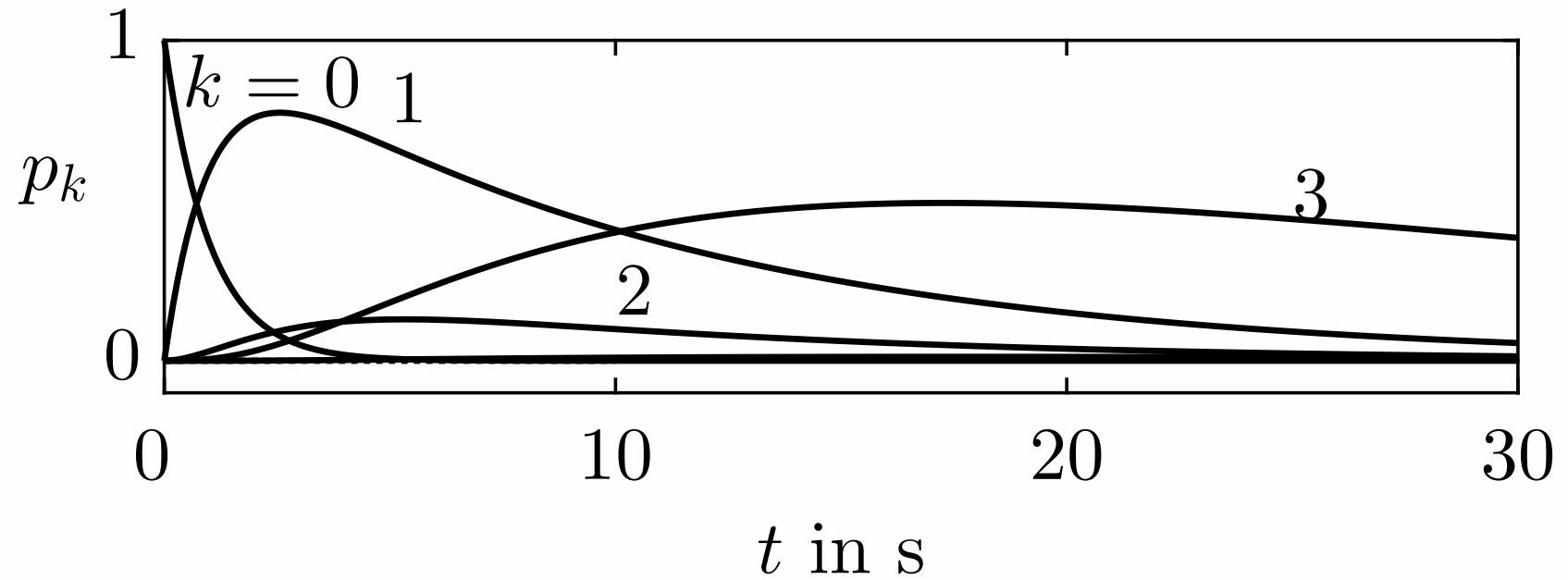


Abb. 9.23. Langzeitverhalten des Punktprozesses mit zustandsabhängiger Übergangsrate

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

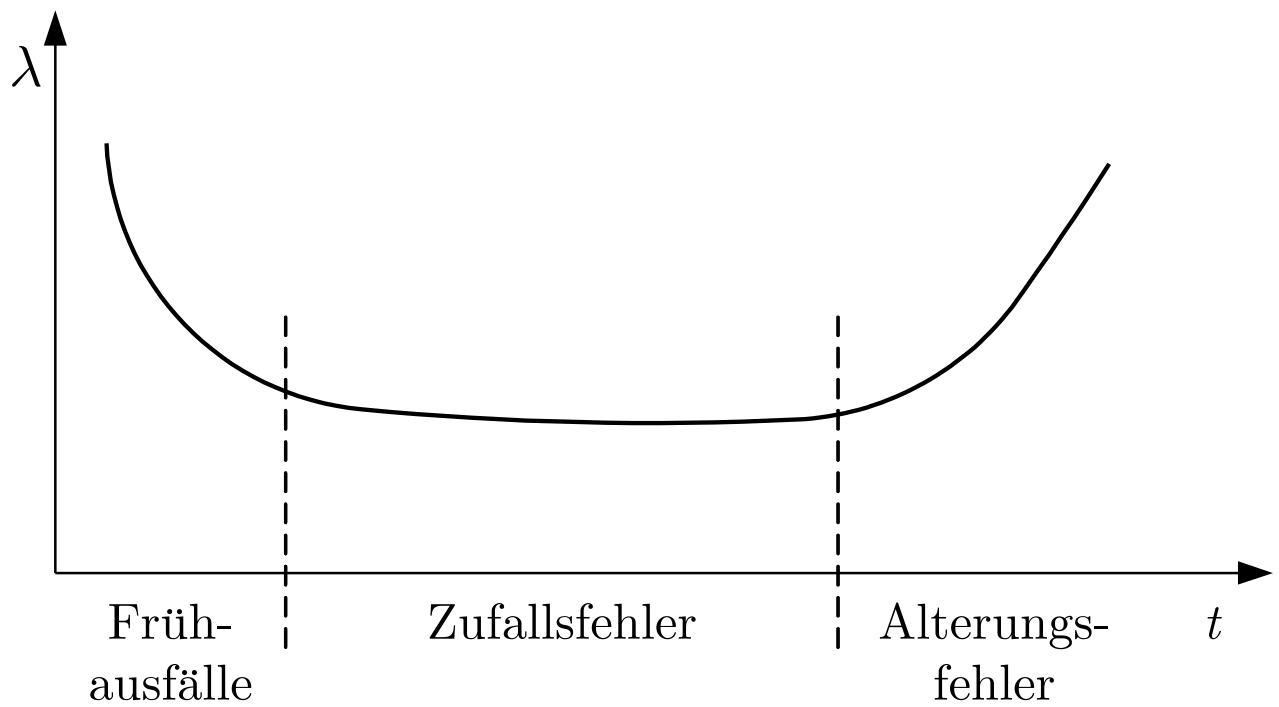


Abb. 9.24: Badewannenkurve der Übergangsrate $\lambda(t)$ in Zuverlässigkeitsmodellen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

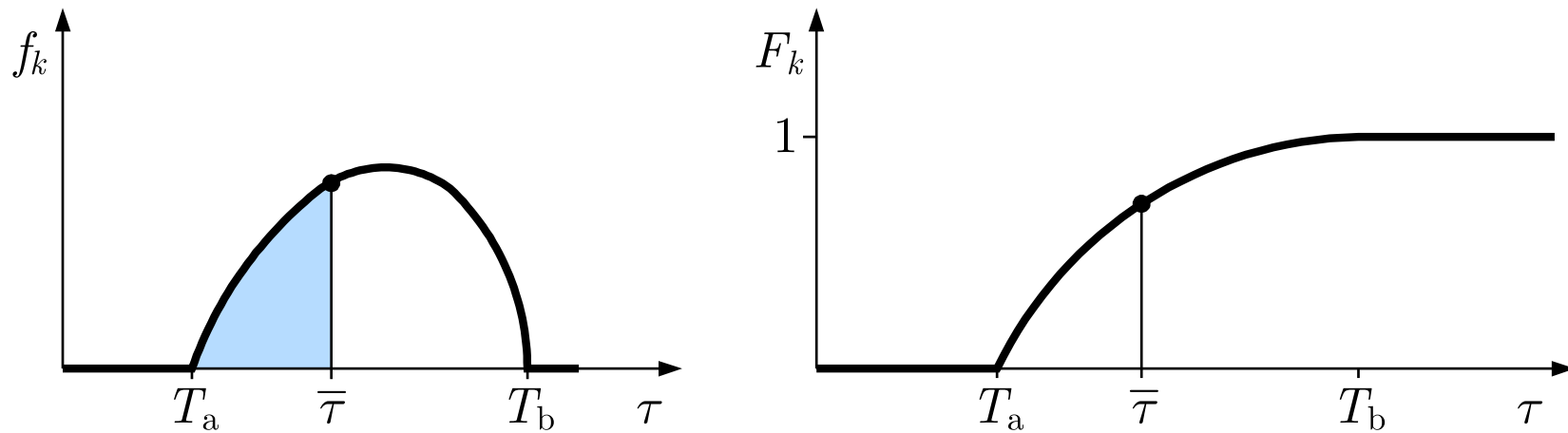


Abb. 9.25. Dichtefunktion (links) und Verteilungsfunktion (rechts) eines allgemeinen Punktprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

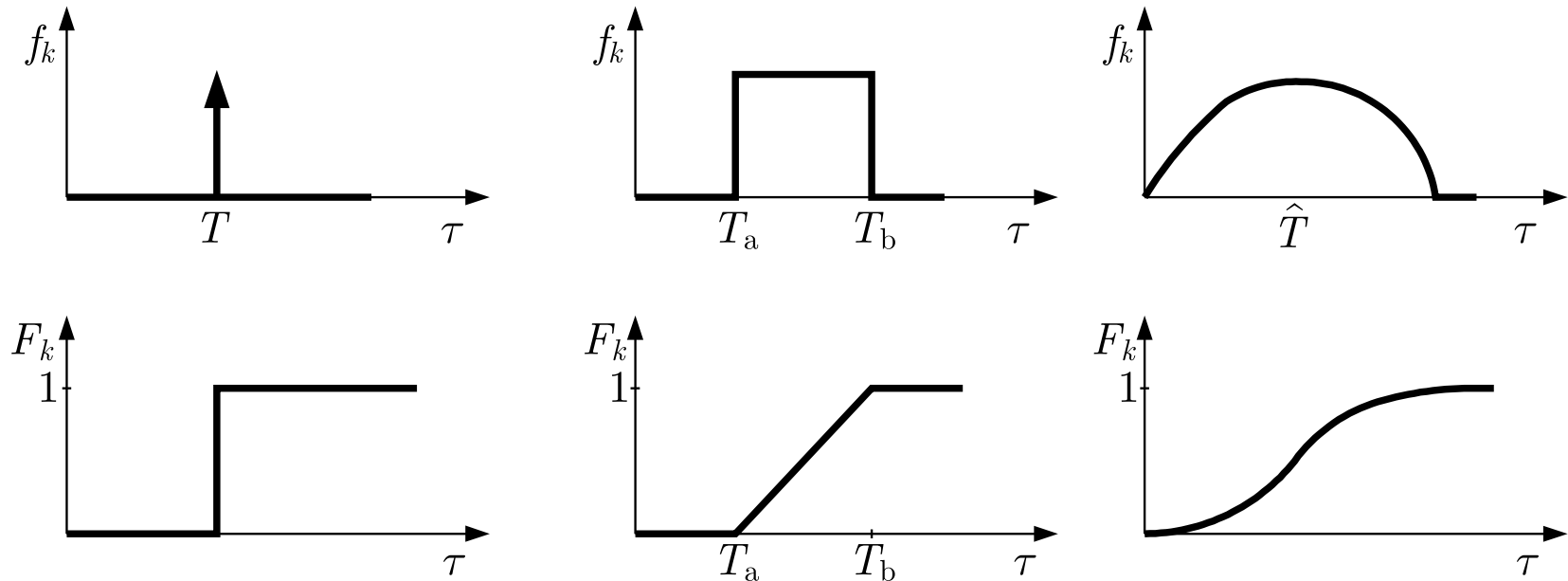


Abb. 9.26. Beispiele für Verteilungsdichtefunktionen $f_k(\tau)$ und Verteilungsfunktionen $F_k(\tau)$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

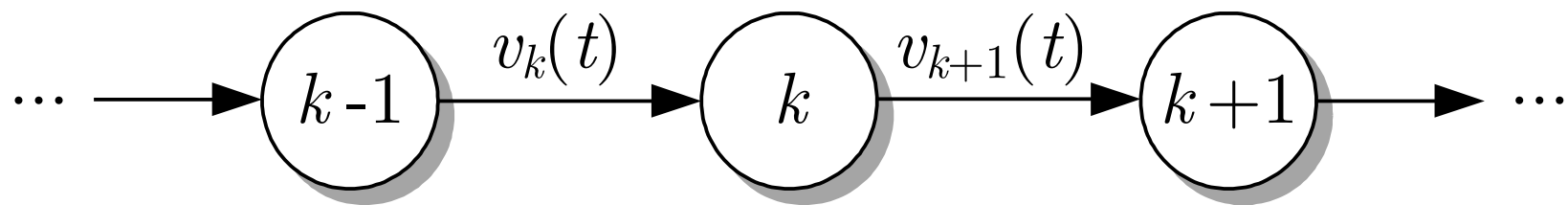


Abb. 9.27. Wahrscheinlichkeitsfluss beim allgemeinen Punktprozess

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

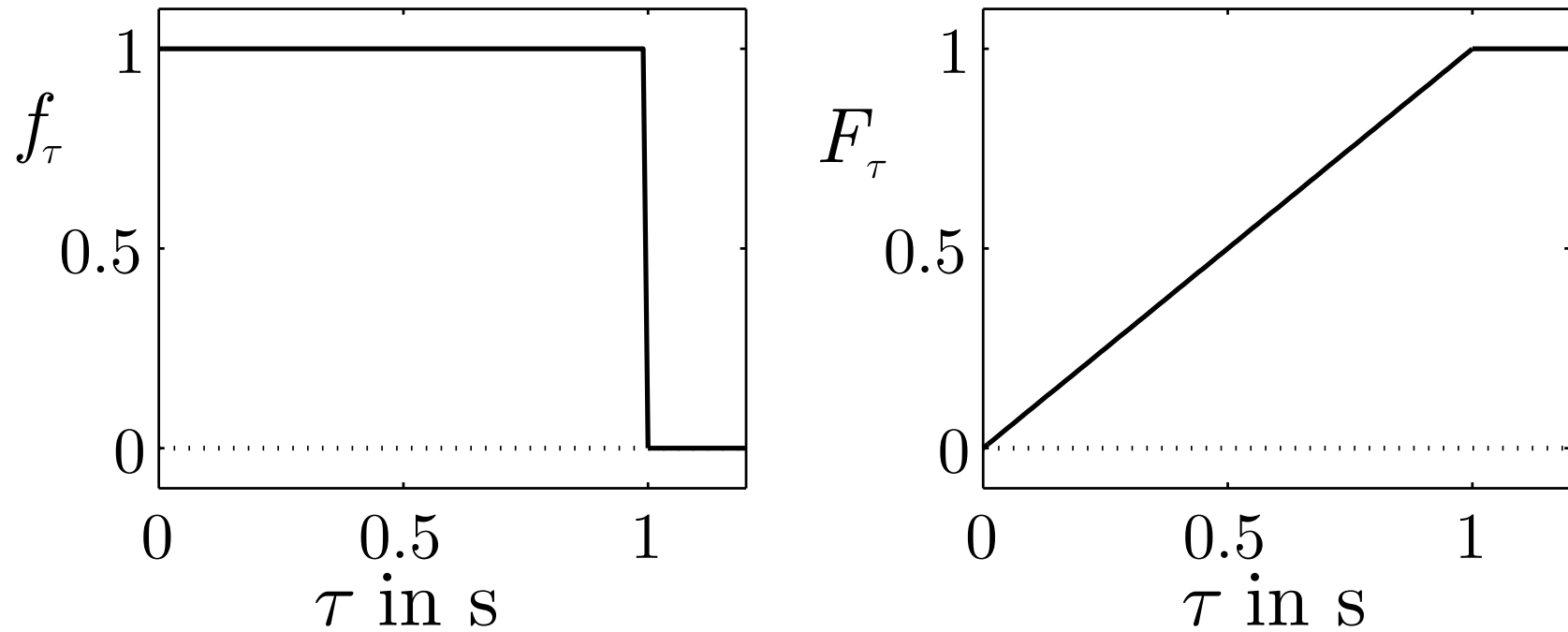


Abb. 9.28. Dichtefunktion (links) und Verteilungsfunktion (rechts) der Übertragungszeit

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

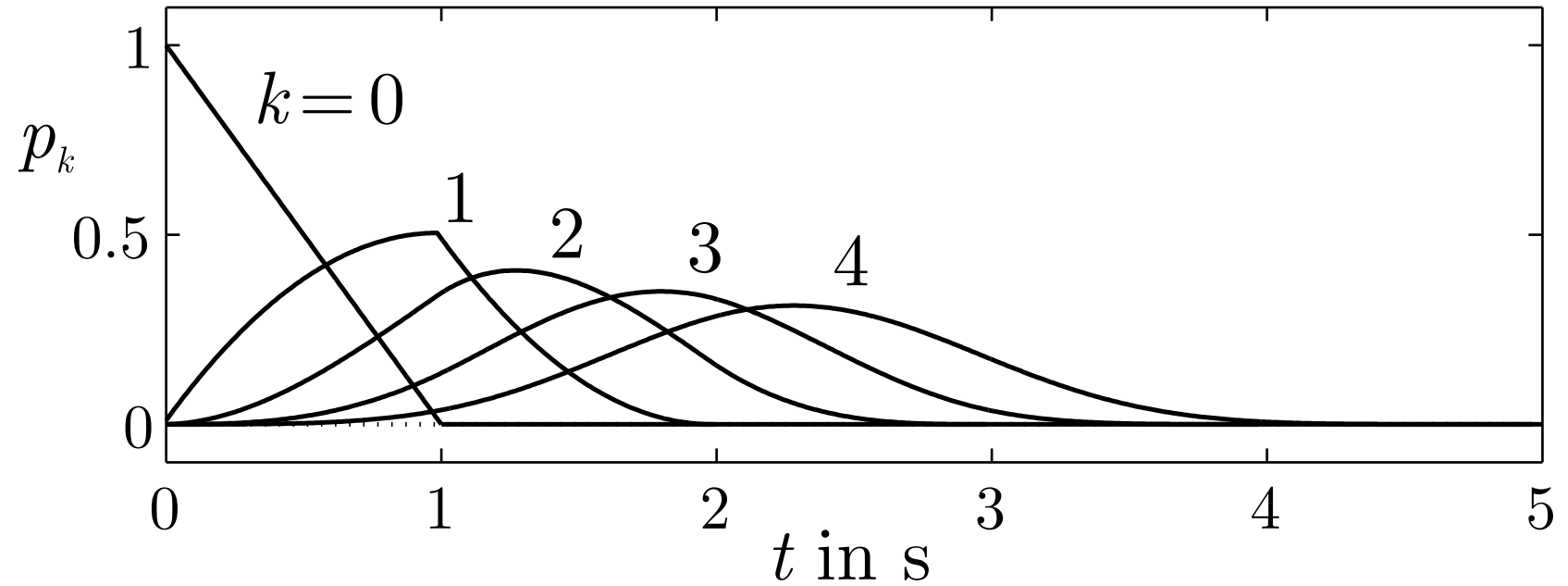


Abb. 9.29. Zustandswahrscheinlichkeit des Punktprozesses für die Zustände $k = 0, 1, 2, 3, 4$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

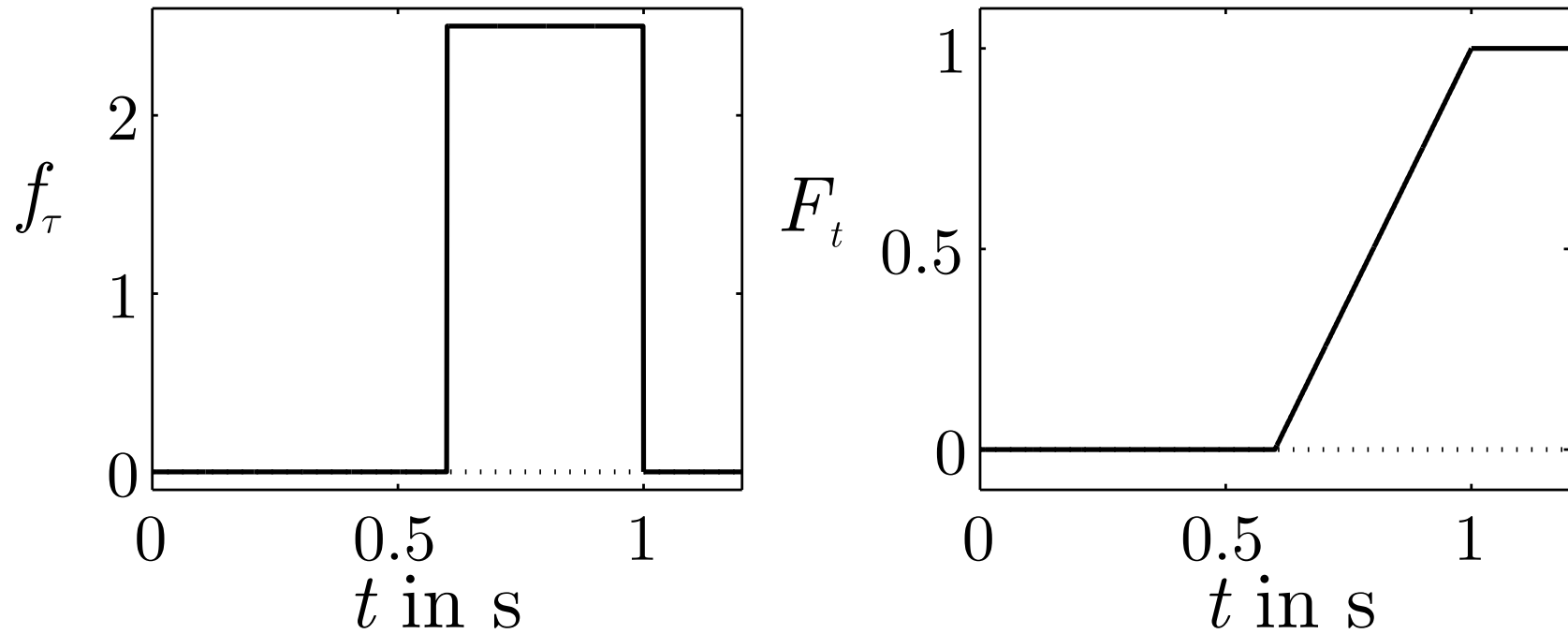


Abb. 9.30. Modifizierte Dichtefunktion (links) und Verteilungsfunktion (rechts) der Übertragungszeit

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

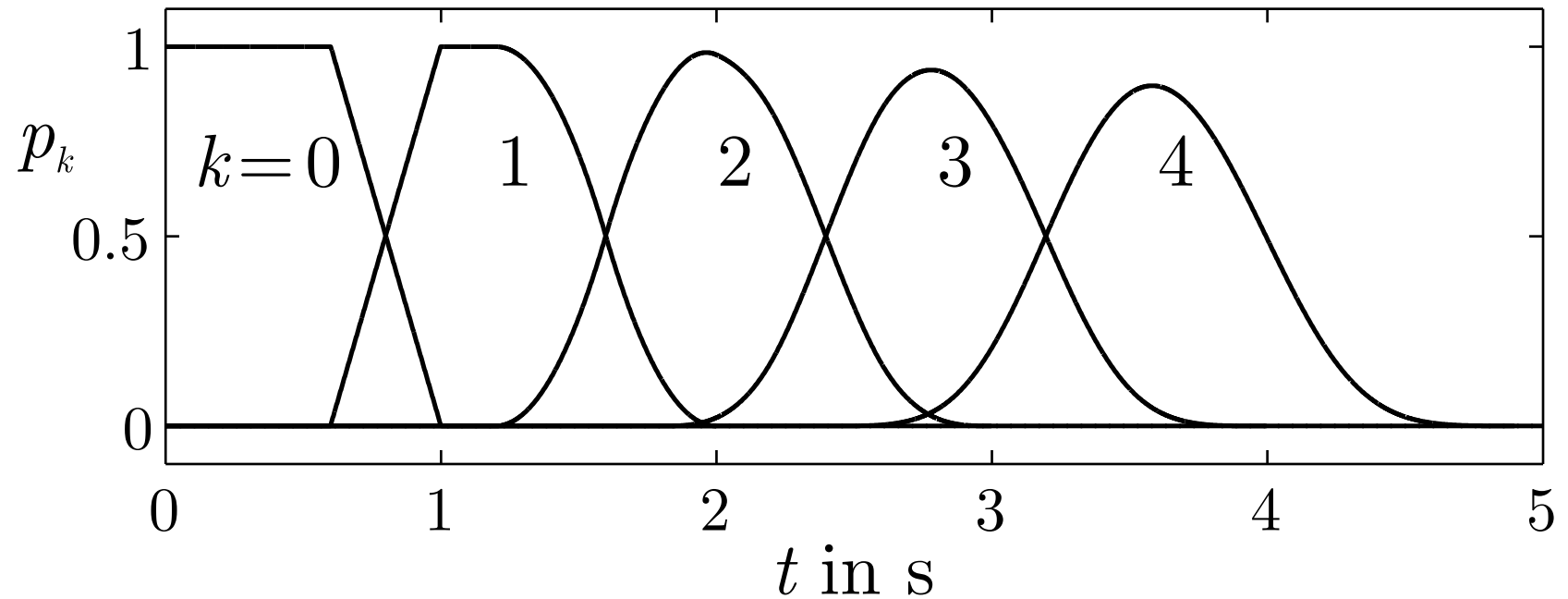


Abb. 9.31. Zustandswahrscheinlichkeit des Punktprozesses mit modifizierter Dichtefunktion für die Zustände $k = 0, 1, 2, 3, 4$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

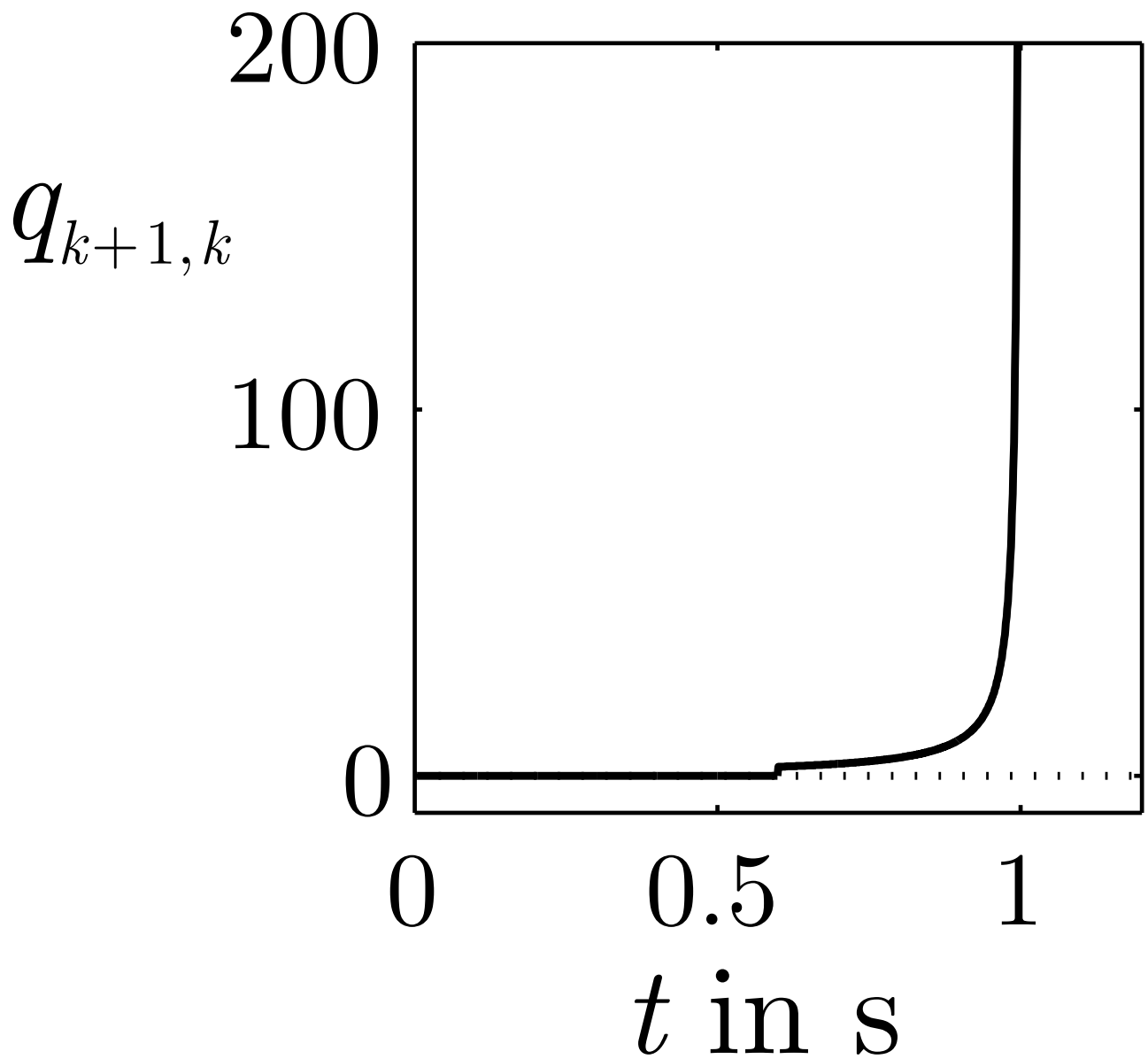


Abb. 9.32: Übergangsrate $q_{k+1,k}$ des Punktprozesses mit den Aufenthaltswahrscheinlichkeiten aus Abb. 9.31

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

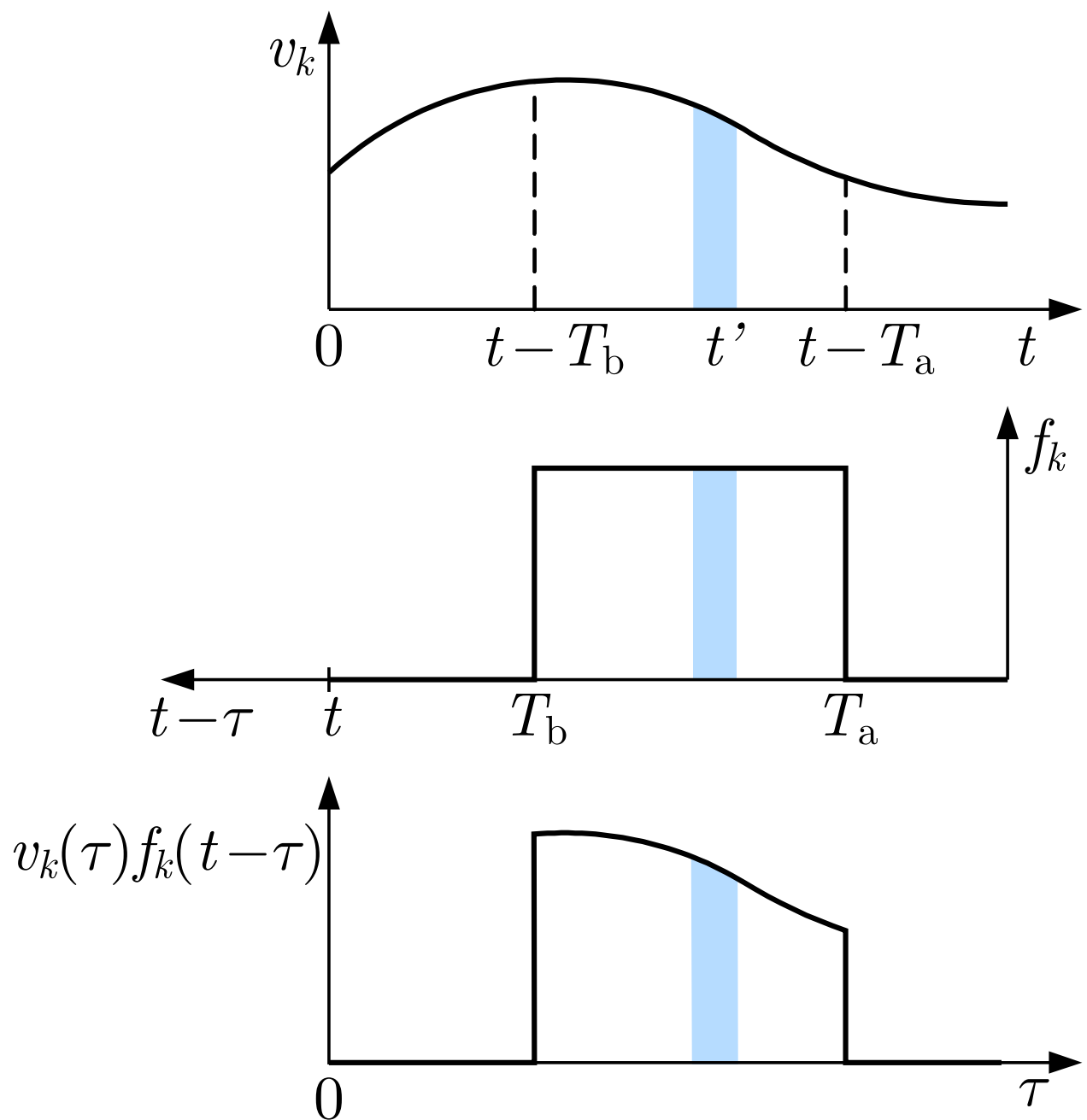


Abb. 9.33: Interpretation der Faltung $v_k * f_k$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

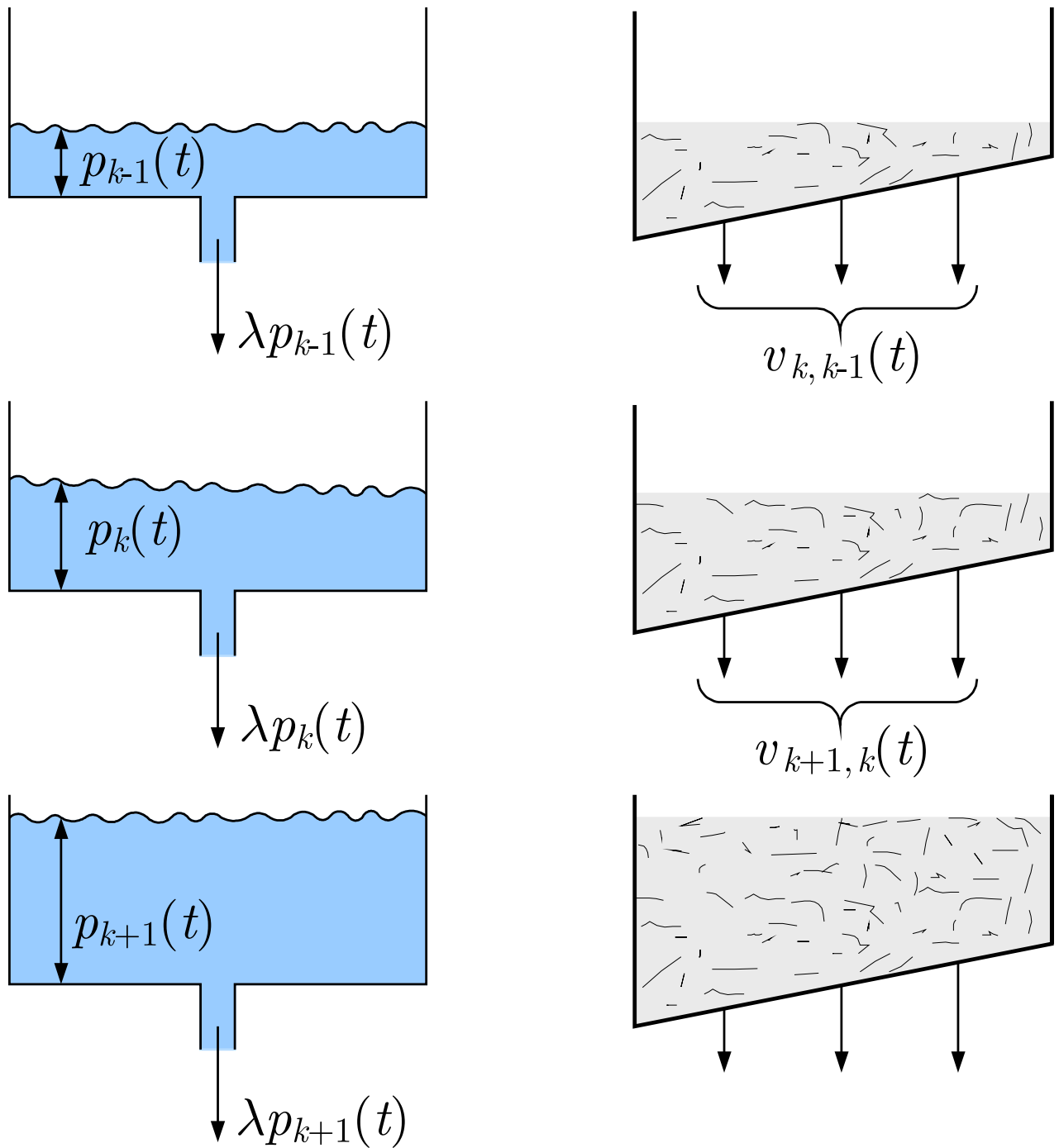


Abb. 9.34: Interpretation von Punktprozessen mit und ohne Markoveigenschaft

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

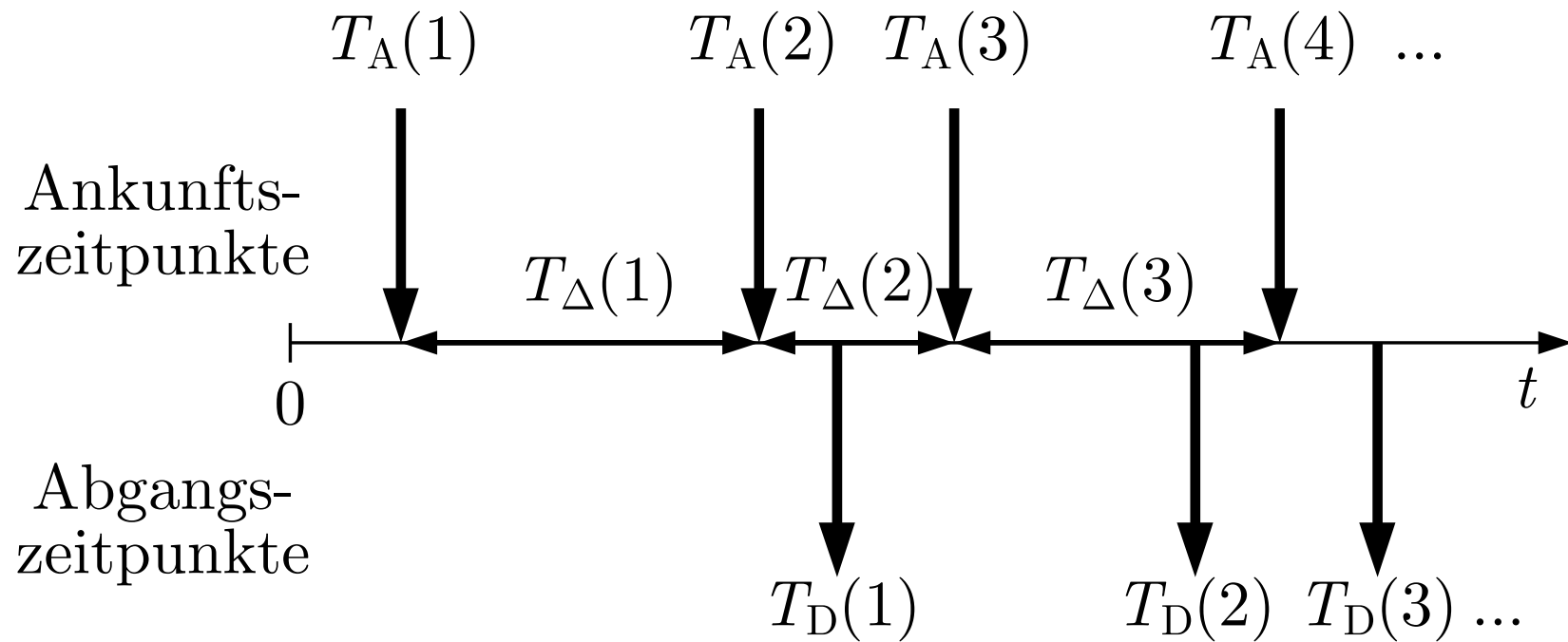


Abb. 9.35. Zeiten zur Beschreibung eines Wartesystems

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

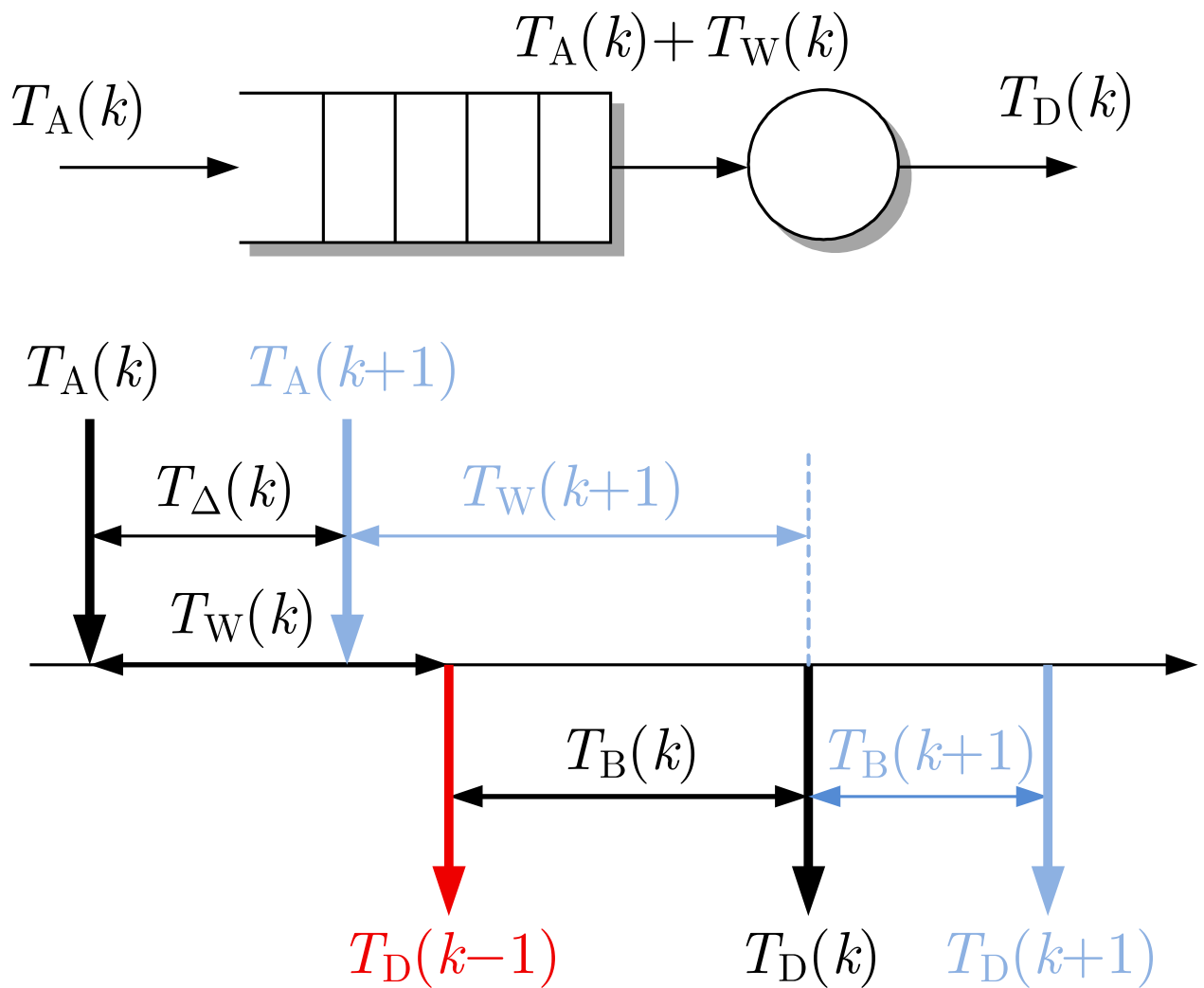


Abb. 9.36: Zeiten für den k -ten und den $(k+1)$ -ten Kunden

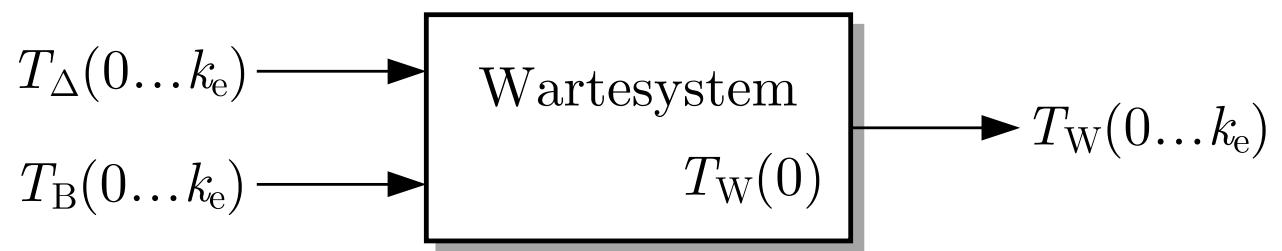


Abb. 9.37: E/A-Darstellung des Wartesystems

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

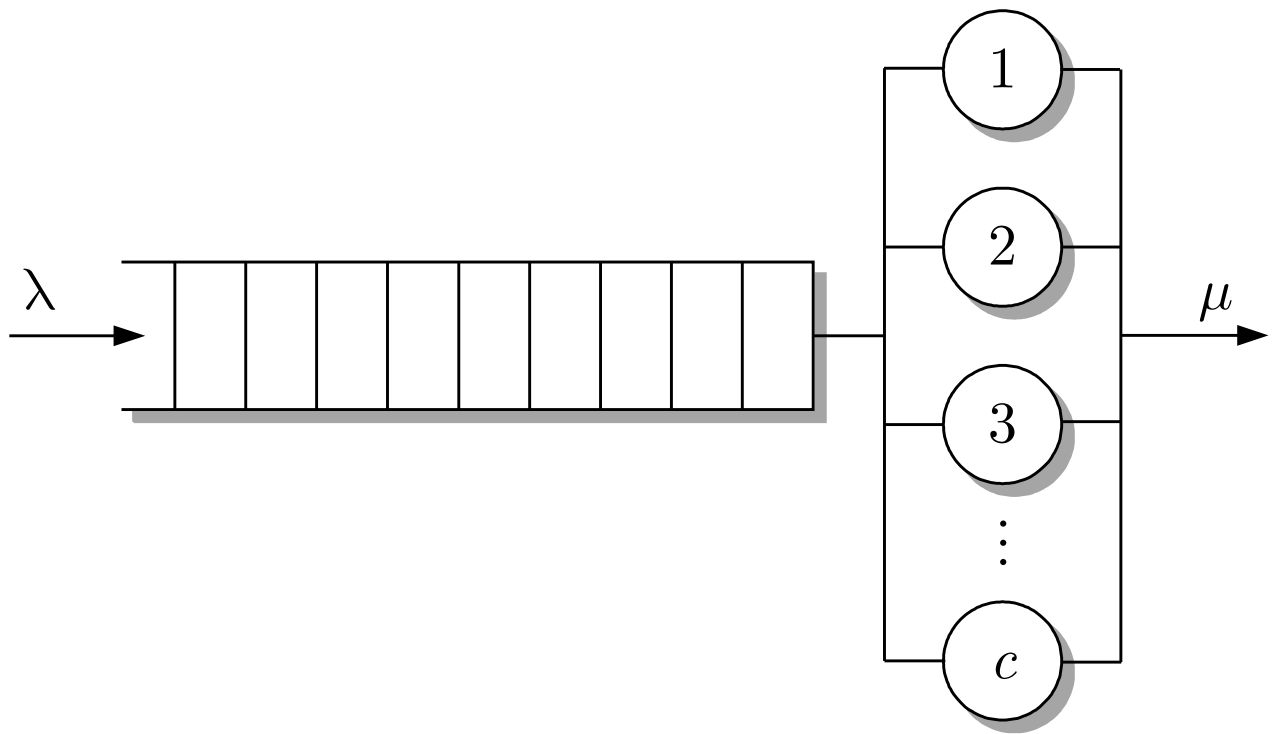


Abb. 9.38: Warteschlange vor c Bedieneinheiten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

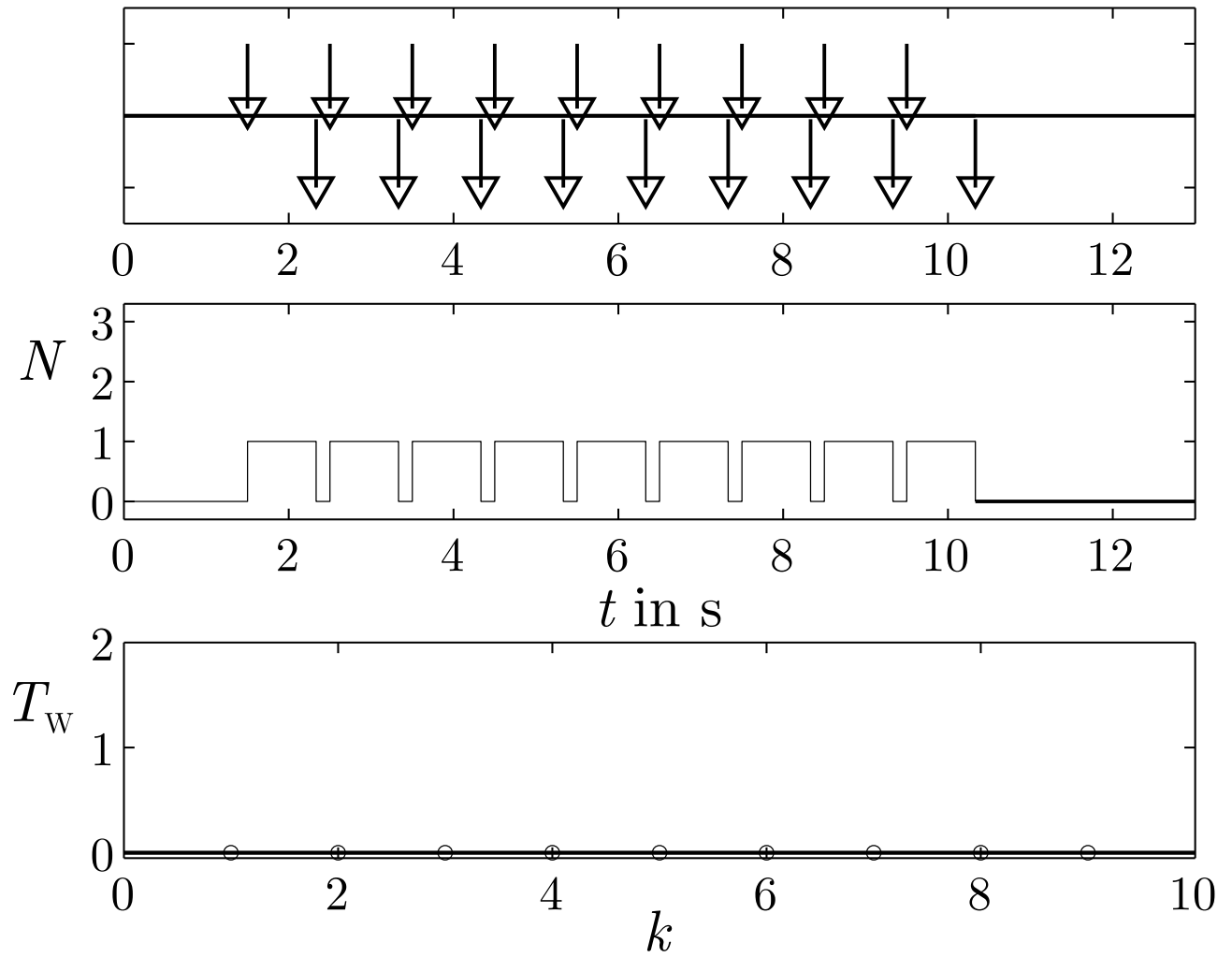


Abb. 9.39: Verhalten eines Wartesystems mit
 $\lambda = 1 \frac{1}{s}, \mu = 1,2 \frac{1}{s}$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

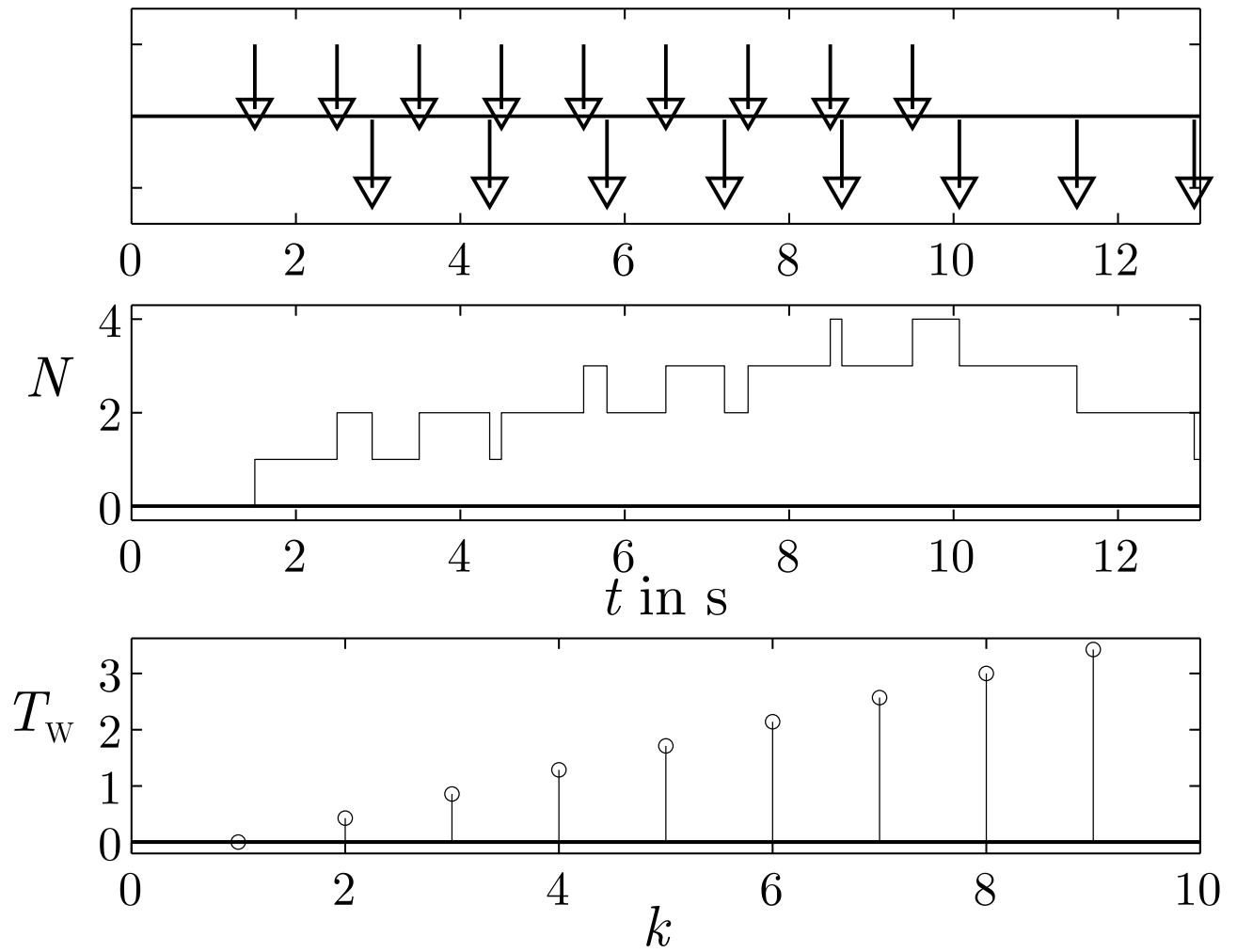


Abb. 9.40: Verhalten eines Wartesystems mit
 $\lambda = 1 \frac{1}{s}, \mu = 0,7 \frac{1}{s}$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

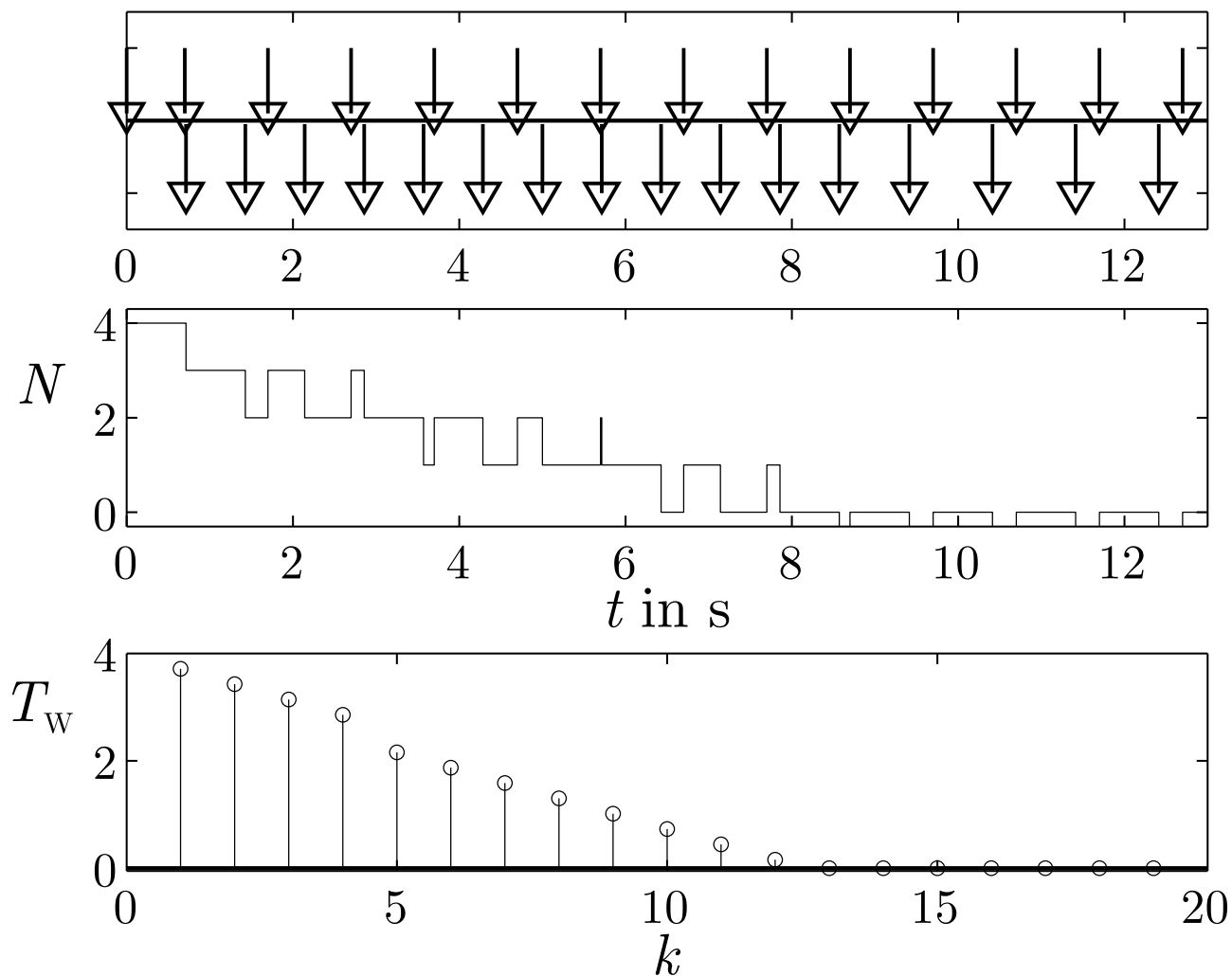
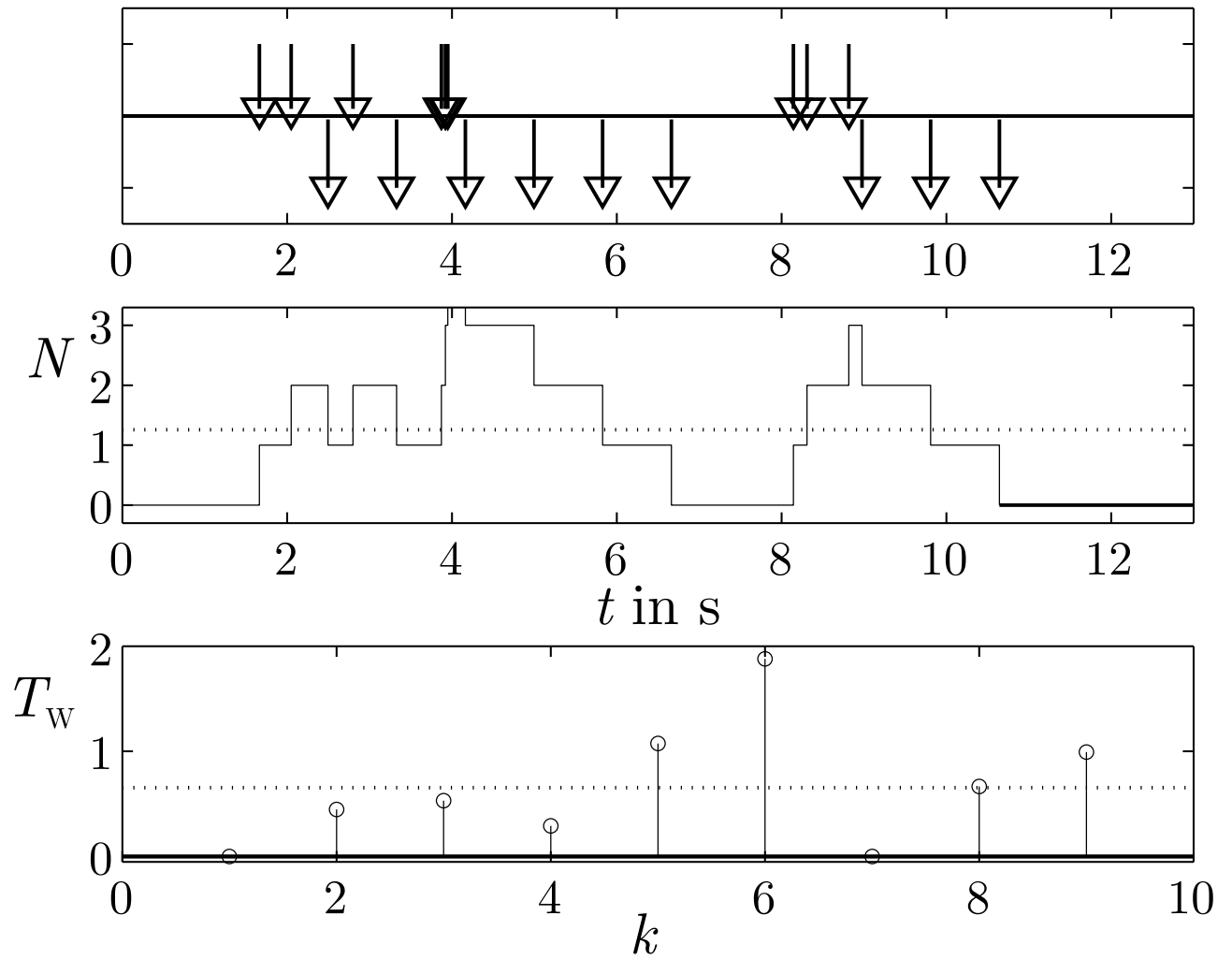


Abb. 9.41: Verhalten eines Wartesystems mit $\lambda = 1 \frac{1}{s}$, $\mu = 1,4 \frac{1}{s}$, wenn sich zur Zeit $t = 0$ vier Kunden im Wartesystem befinden

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. 9.42: Wartesystem mit stochastischen
Ankunftszeiten ($\lambda = 1 \frac{1}{s}, \mu = 1,2 \frac{1}{s}$)**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

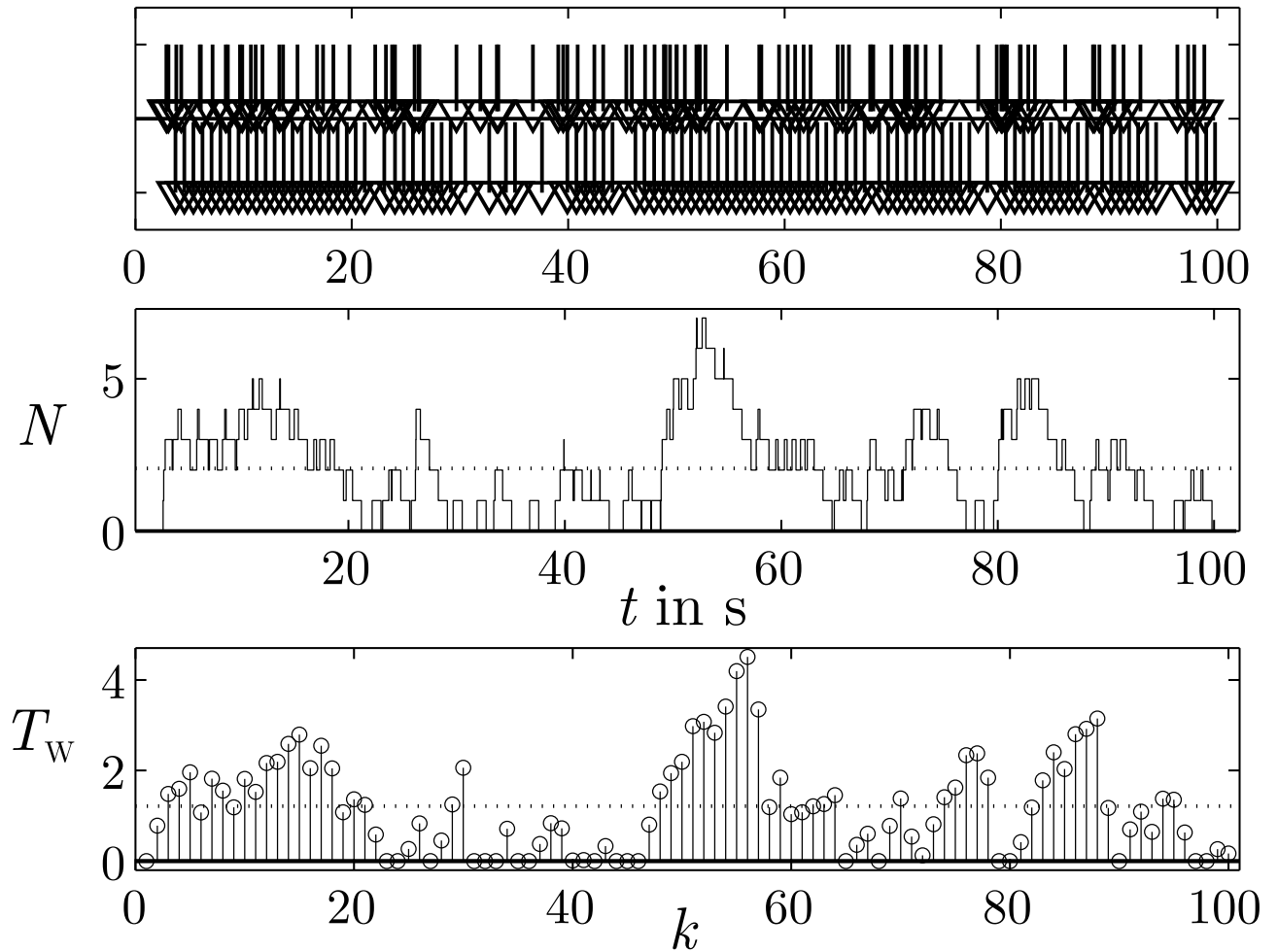


Abb. 9.43: Verhalten des Wartesystems bei 100 Kunden
 $(\lambda = 1 \frac{1}{s}, \mu = 1,2 \frac{1}{s})$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

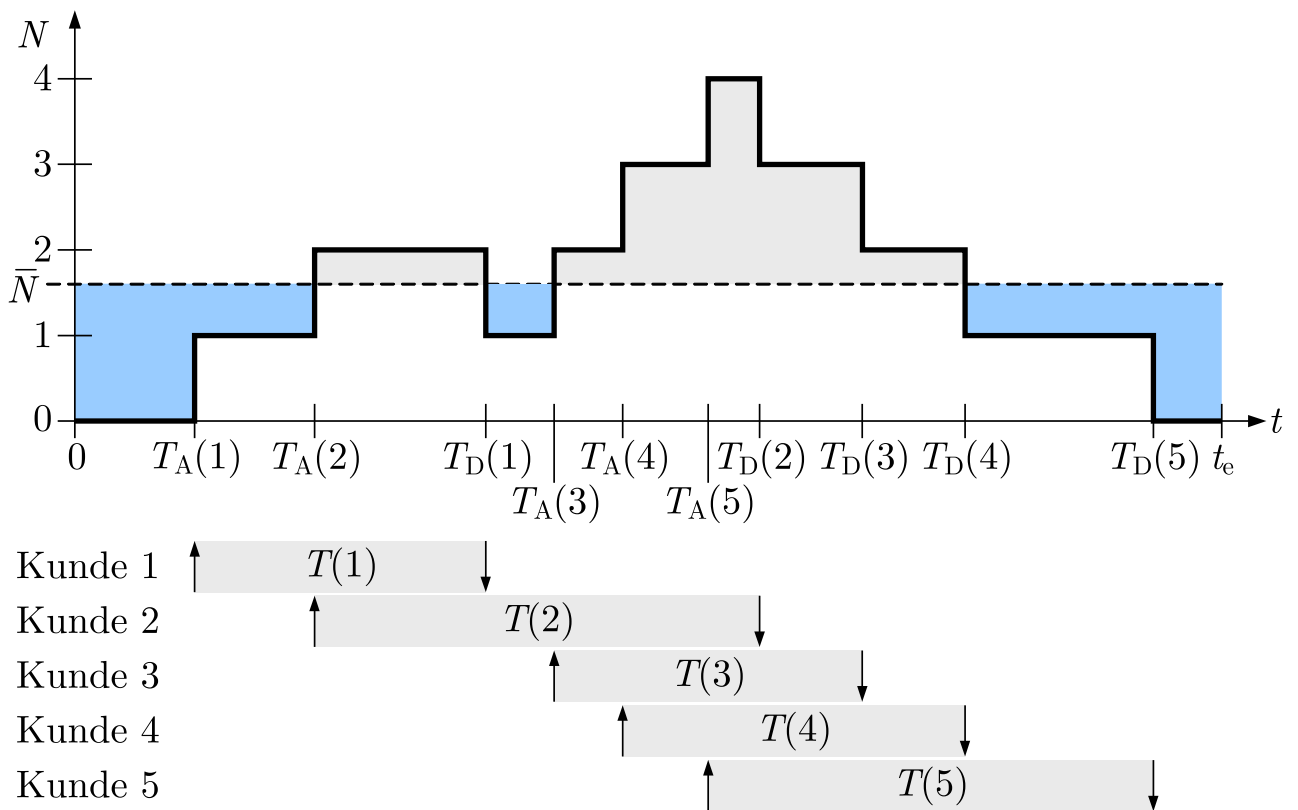


Abb. 9.44: Veranschaulichung des Gesetzes von Little

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

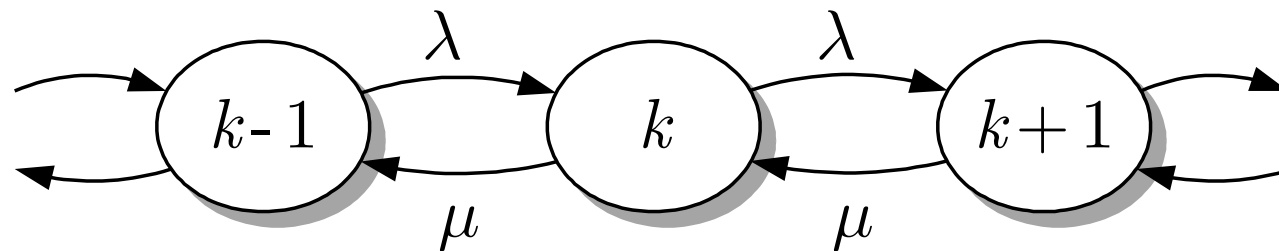
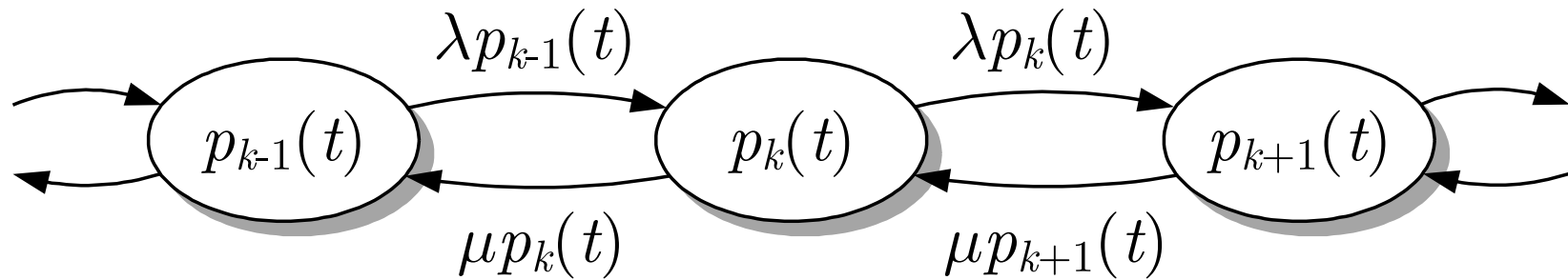


Abb. 9.45. Darstellung des Wartesystems als Balance von Wahrscheinlichkeitsverteilungen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

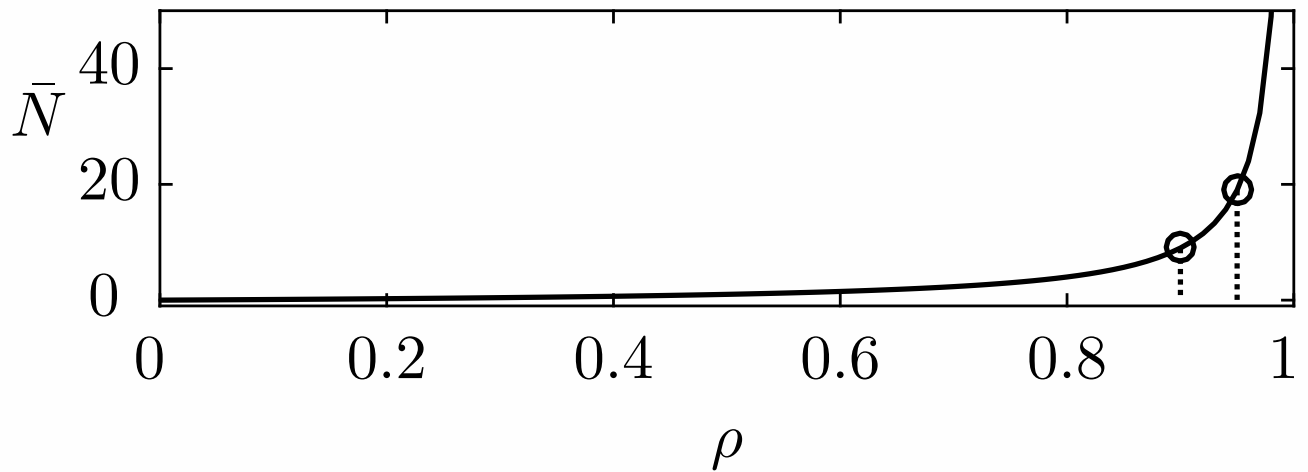


Abb. 9.46: Mittlere Anzahl von Kunden in Abhängigkeit von der Verkehrsrate

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

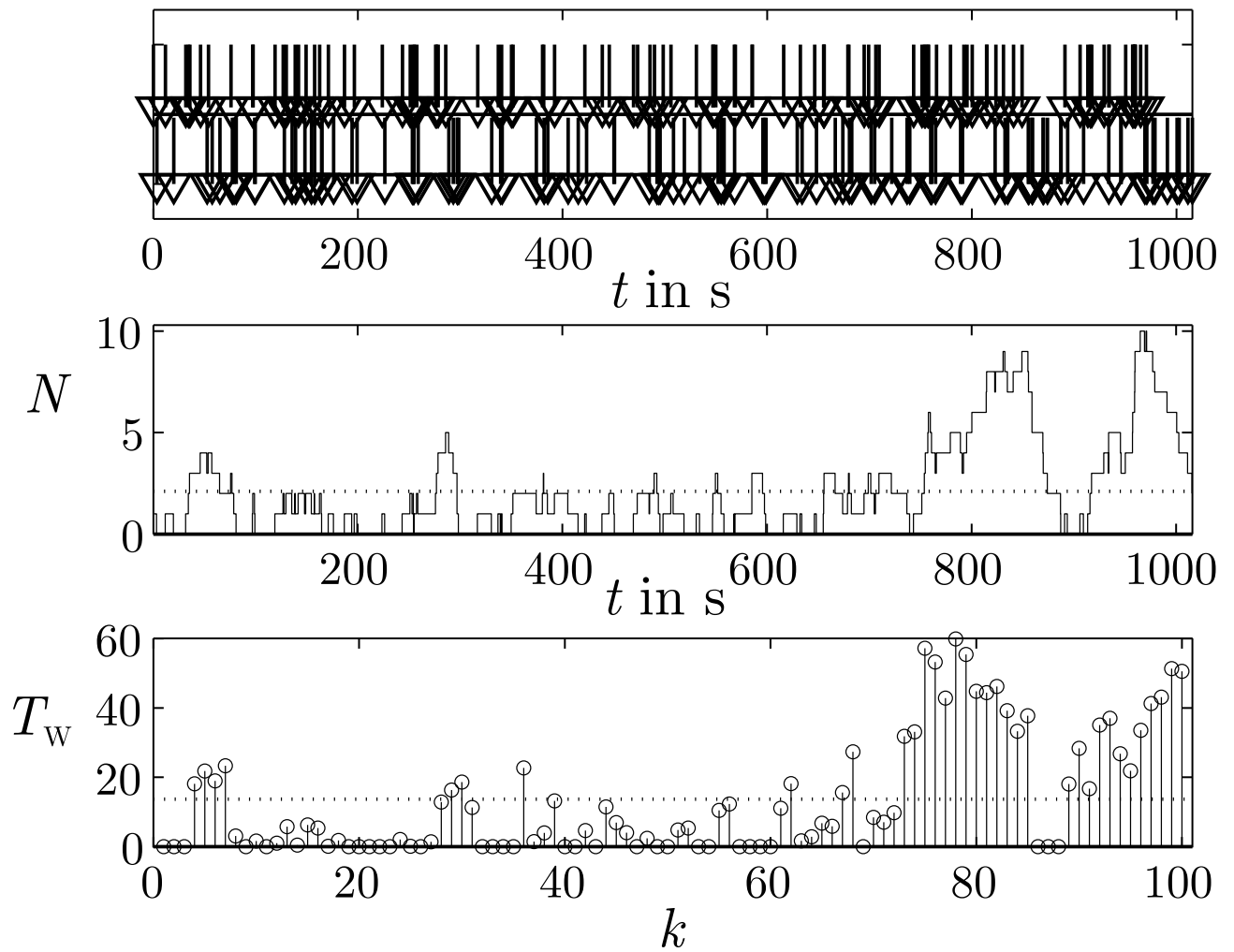


Abb. 9.47: Verhalten der Mautstation

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

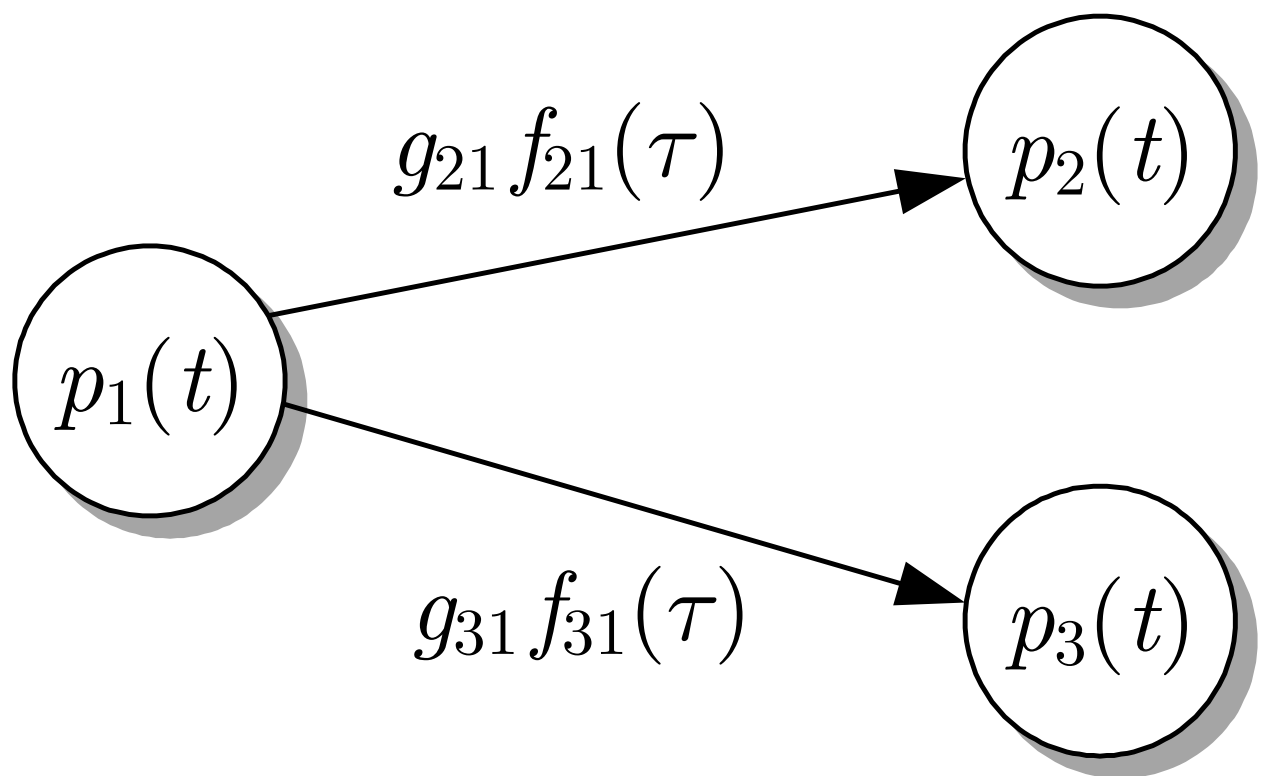


Abb. 10.1: Grundprinzip der Modellierung nichtdeterministischer Zustandsübergänge

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

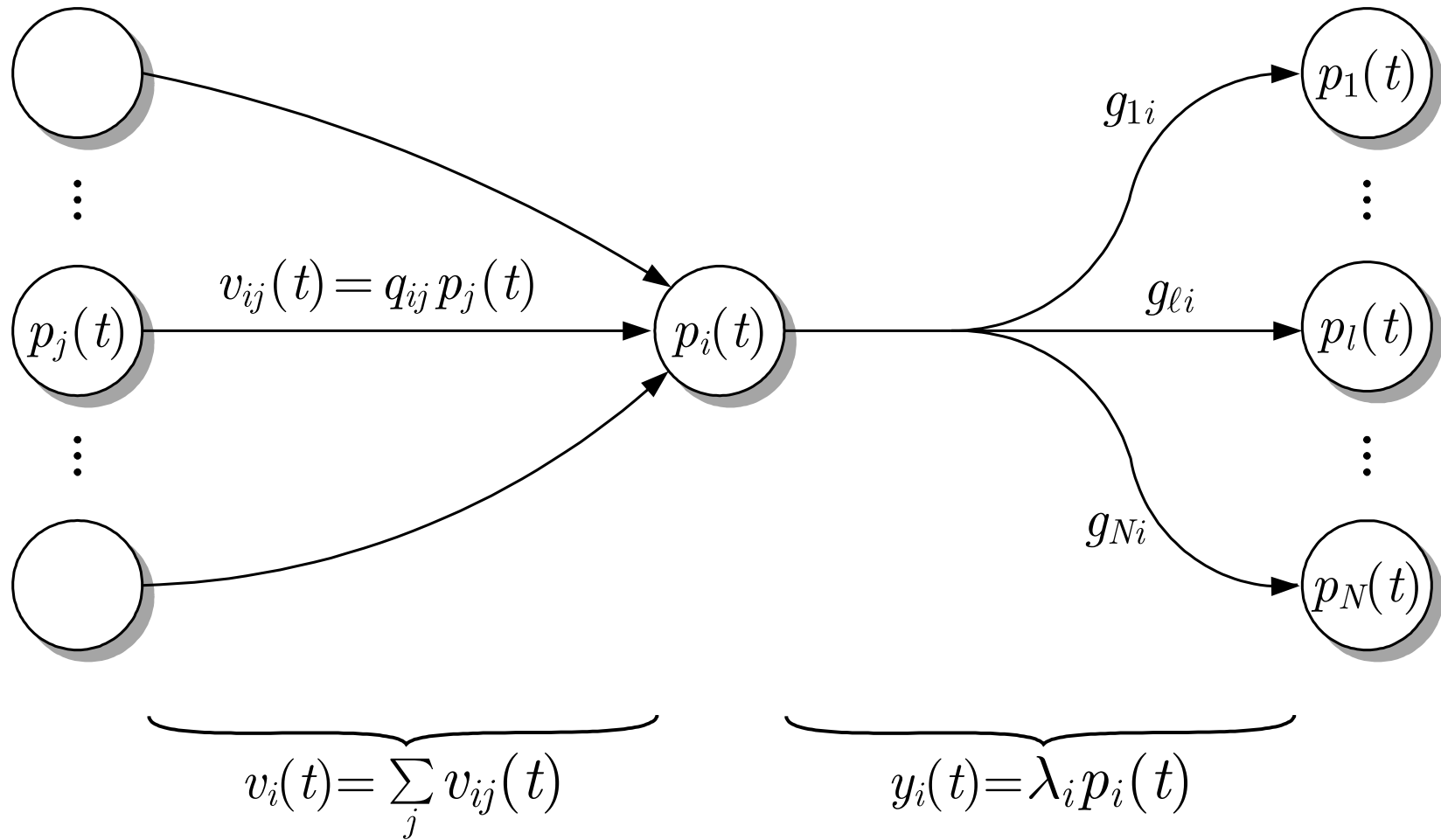


Abb. 10.2. Veranschaulichung der Grundgleichung kontinuierlicher Markovketten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

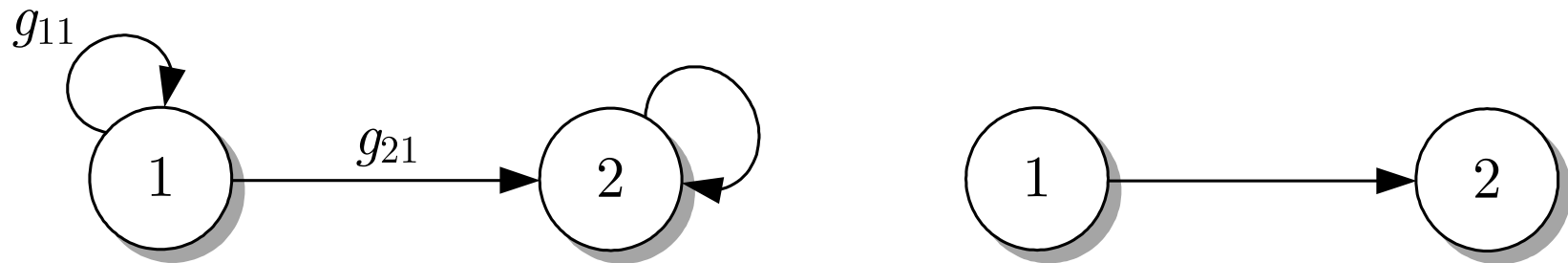


Abb. 10.3. Vergleich der Automatengraphen einer diskreten Markovkette (links) und einer kontinuierlichen Markovkette (rechts)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

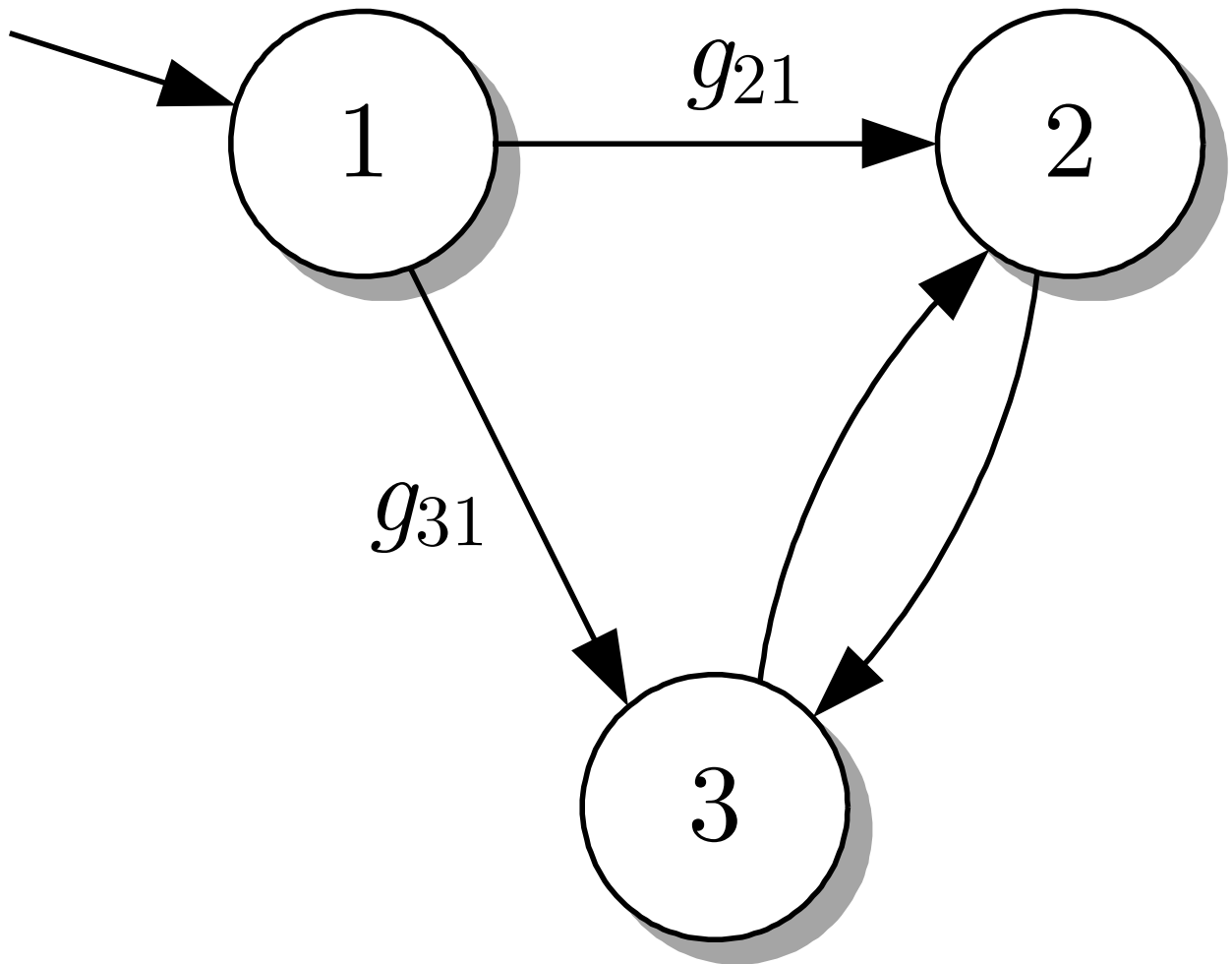


Abb. 10.4: Kontinuierliche Markovkette mit drei Zuständen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

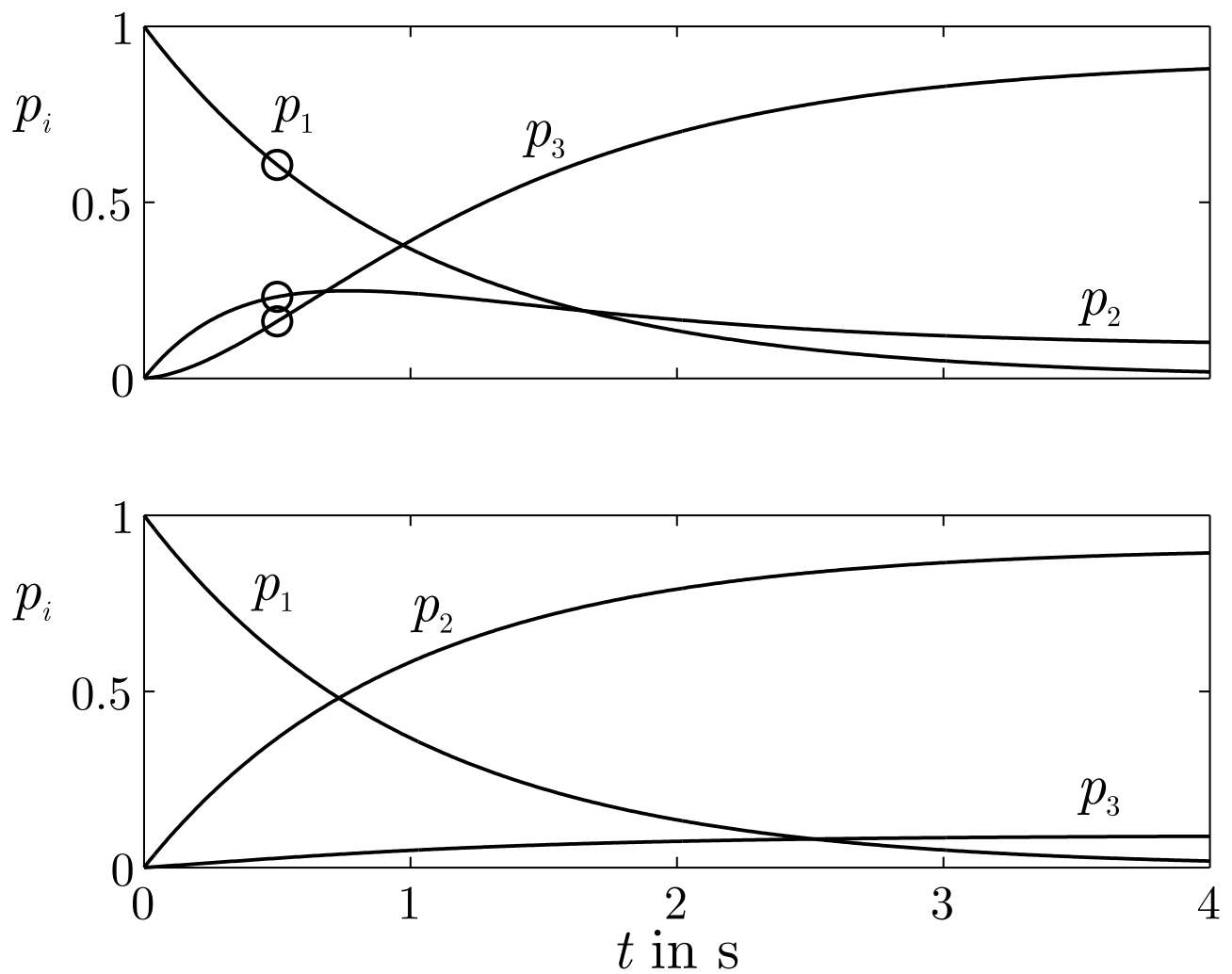


Abb. 10.5: Verhalten einer kontinuierlichen Markovkette mit den Parametern aus Gl. (10.17) (oben) und (10.18) (unten)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

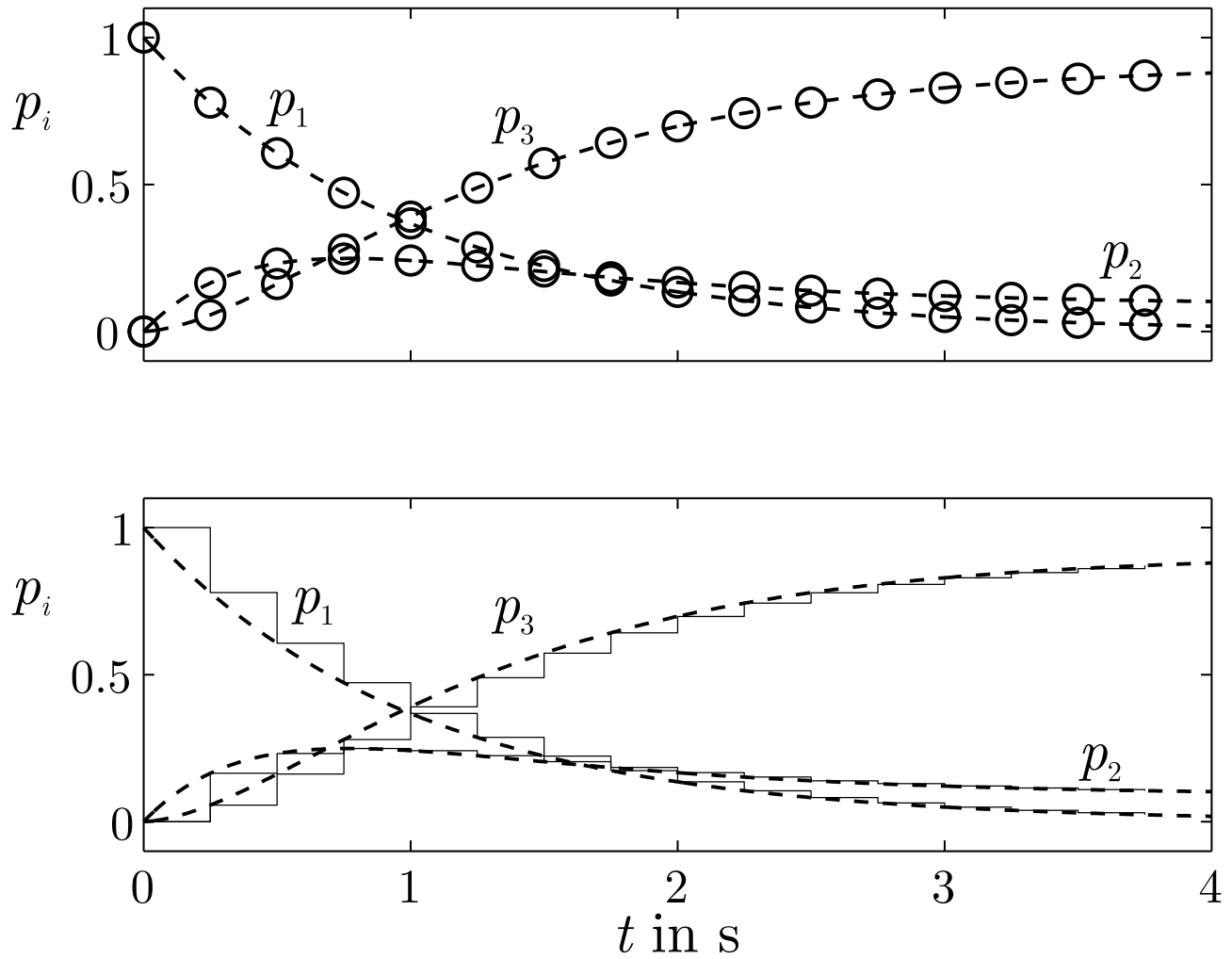


Abb. 10.6: Diskrete Darstellung einer kontinuierlichen Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

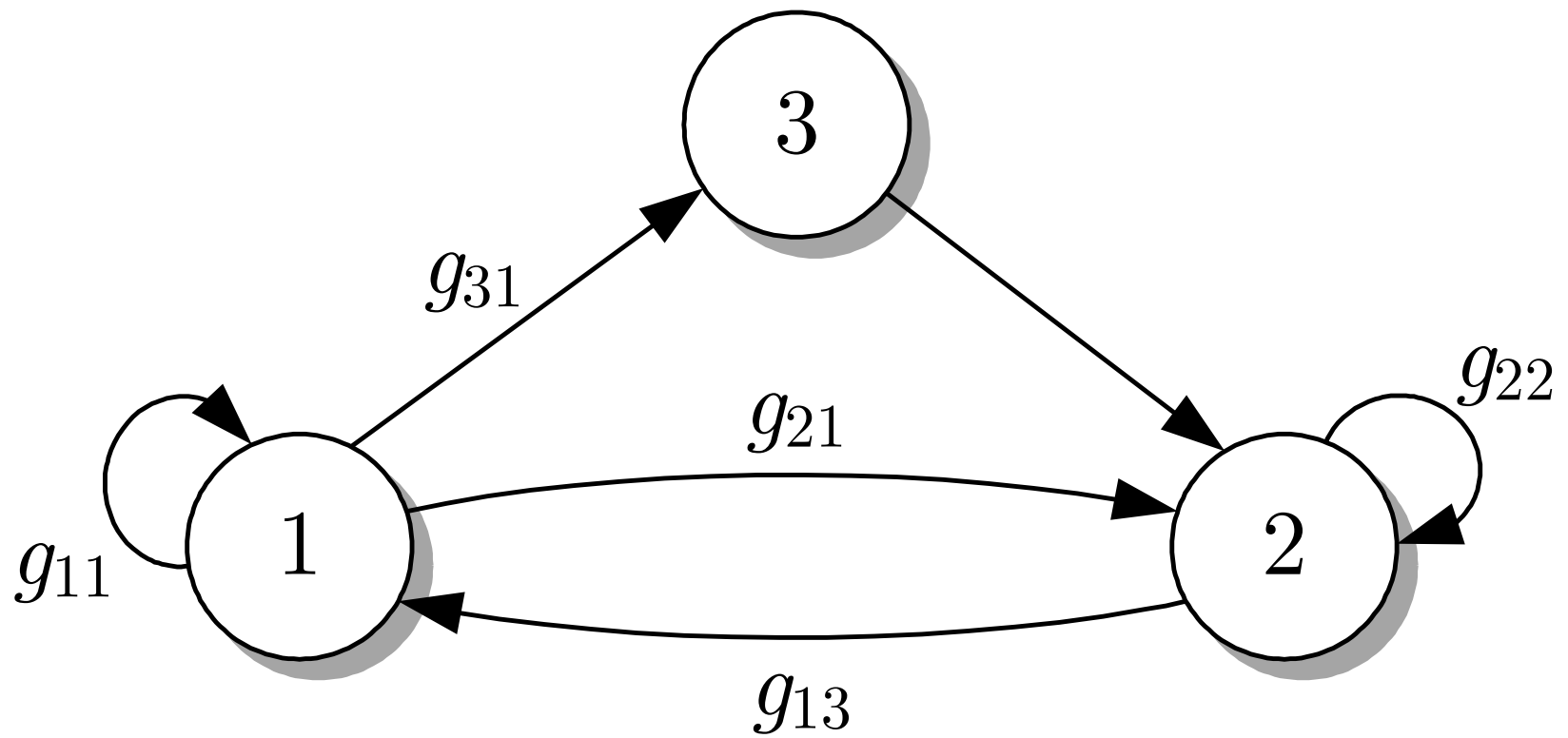


Abb. 10.7. Graph einer diskreten Markovkette

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

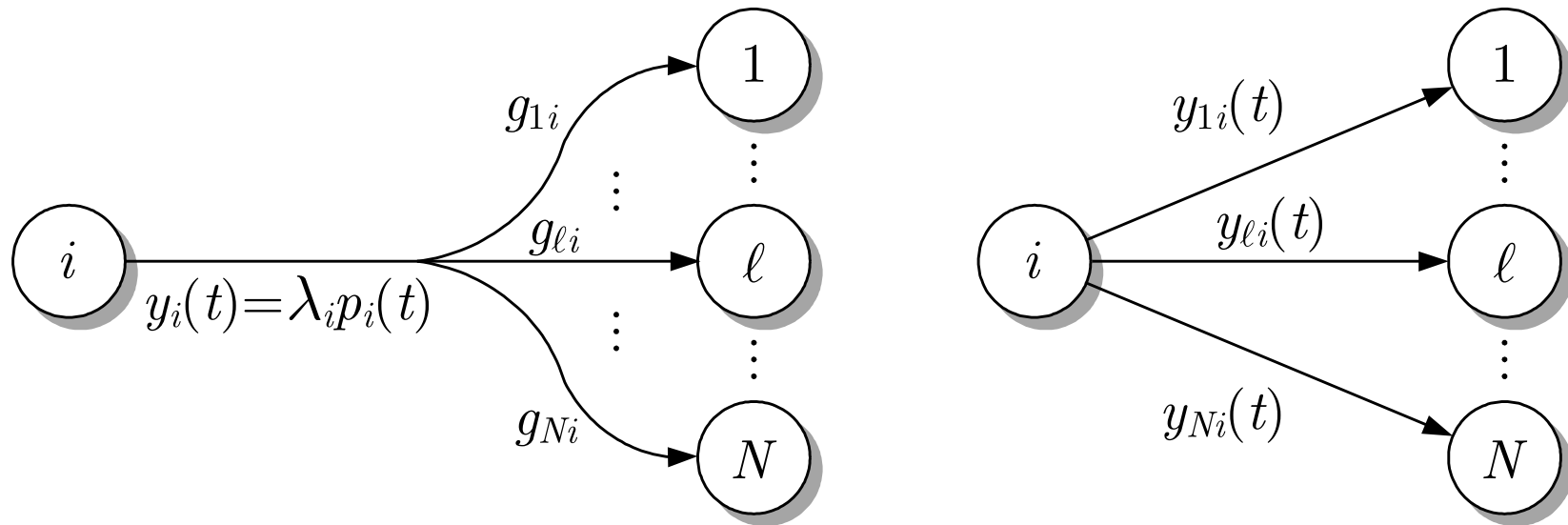


Abb. 10.8. Vergleich von kontinuierlicher Markovkette und Semi-Markovprozess

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

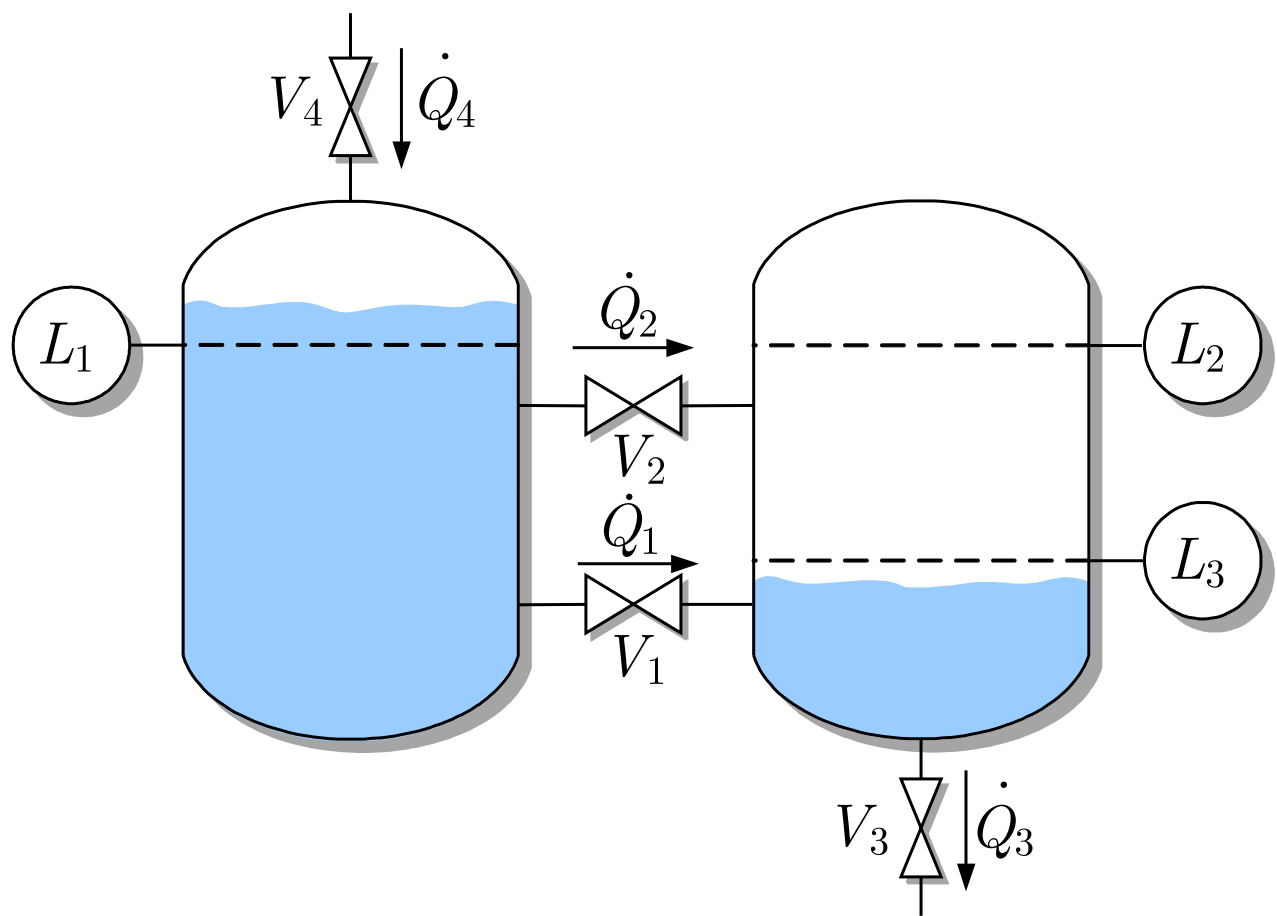


Abb. 10.9: Ausschnitt aus einem Batchprozess

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

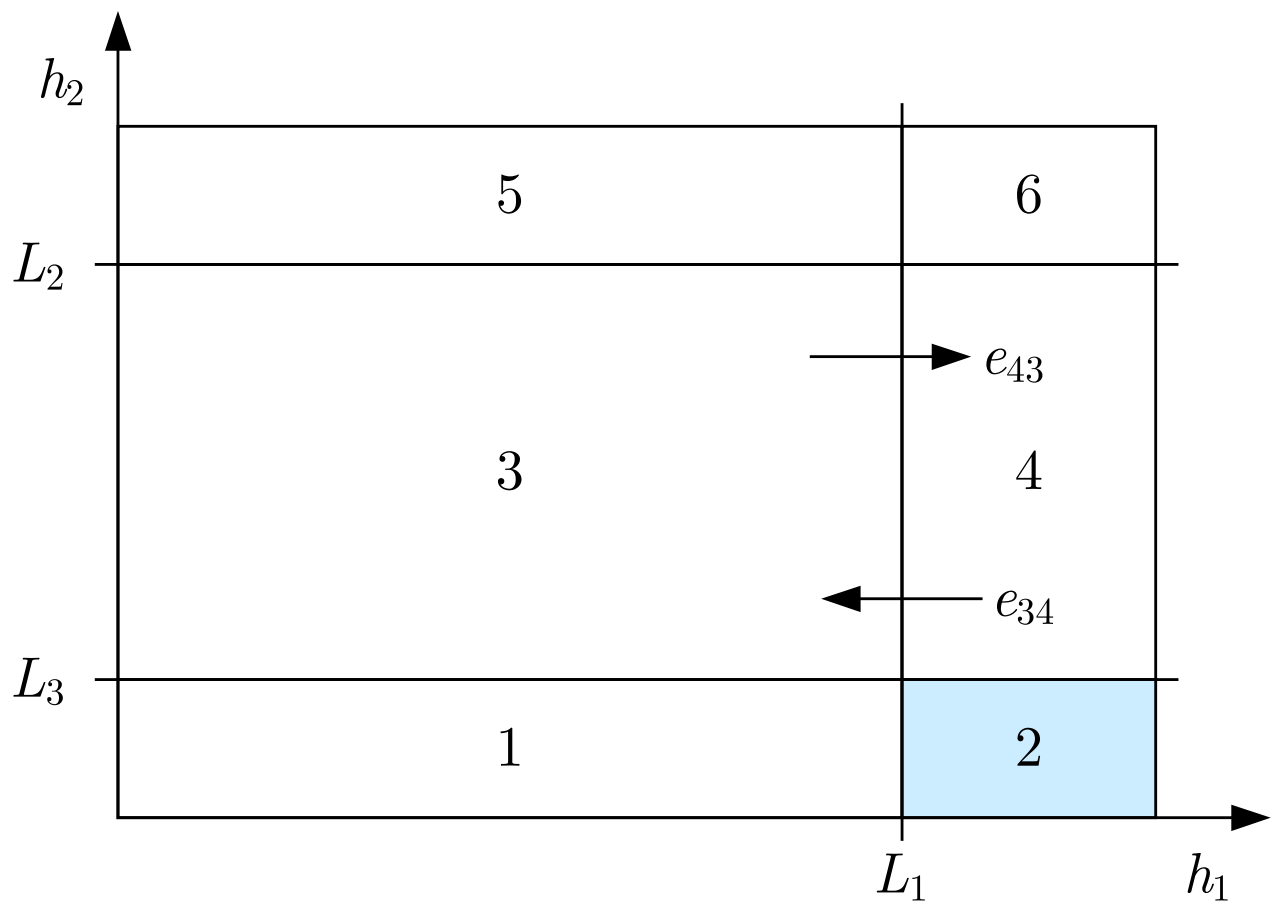


Abb. 10.10: Partitionierter h_1/h_2 -Signalraum

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

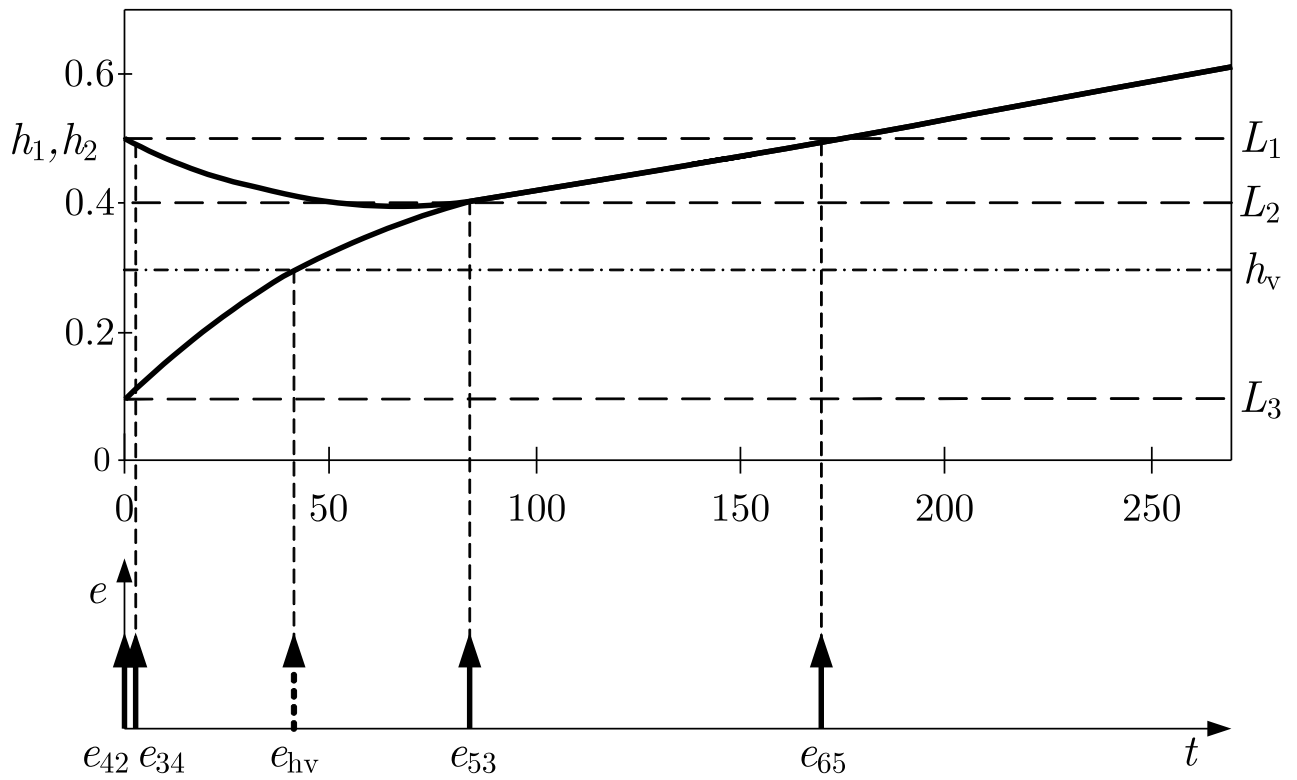


Abb. 10.11: Kontinuierliche und ereignisdiskrete Trajektorie des Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

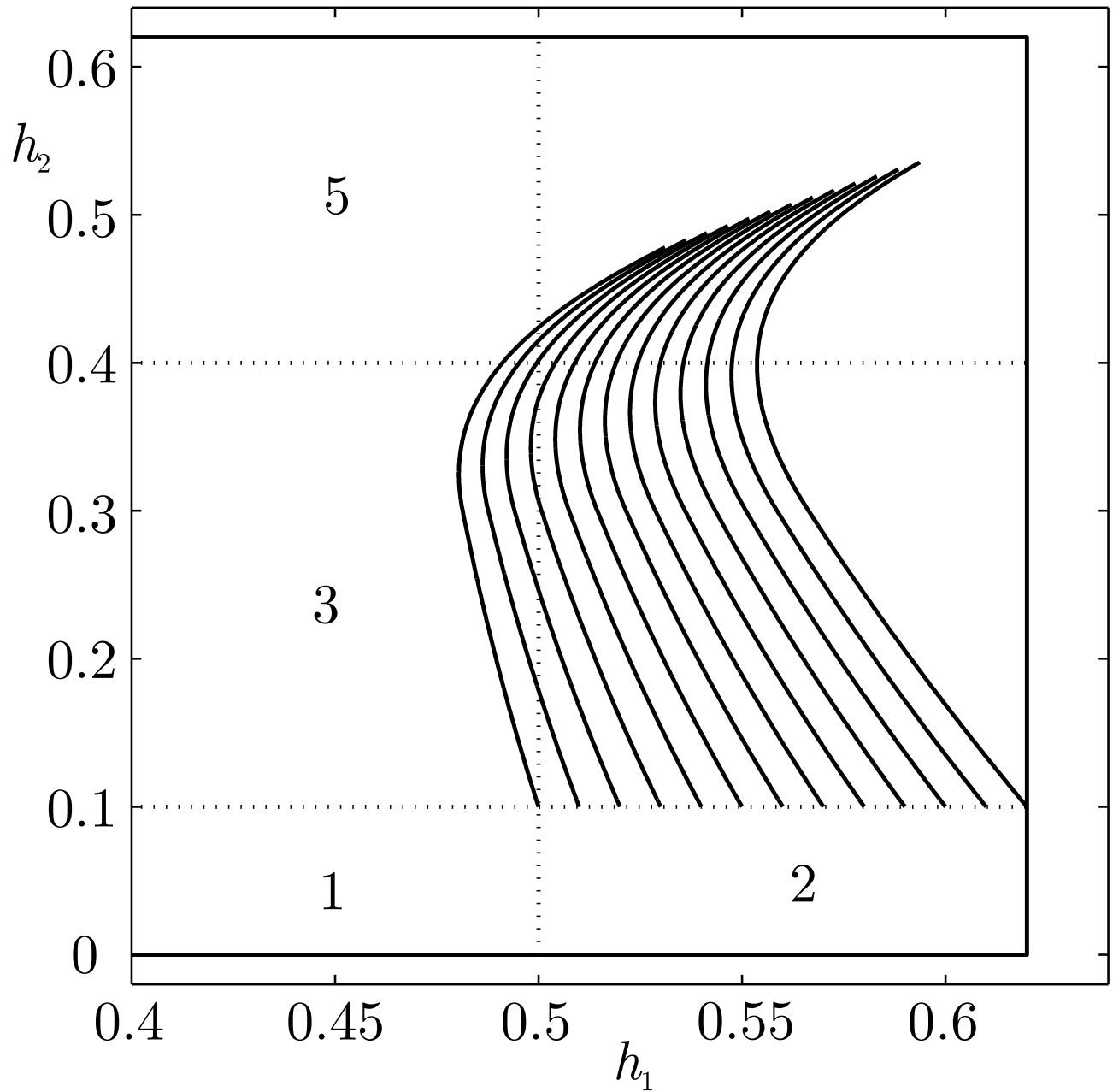


Abb. 10.12: Trajektorienbündel nach dem Ereignis e_{42}

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

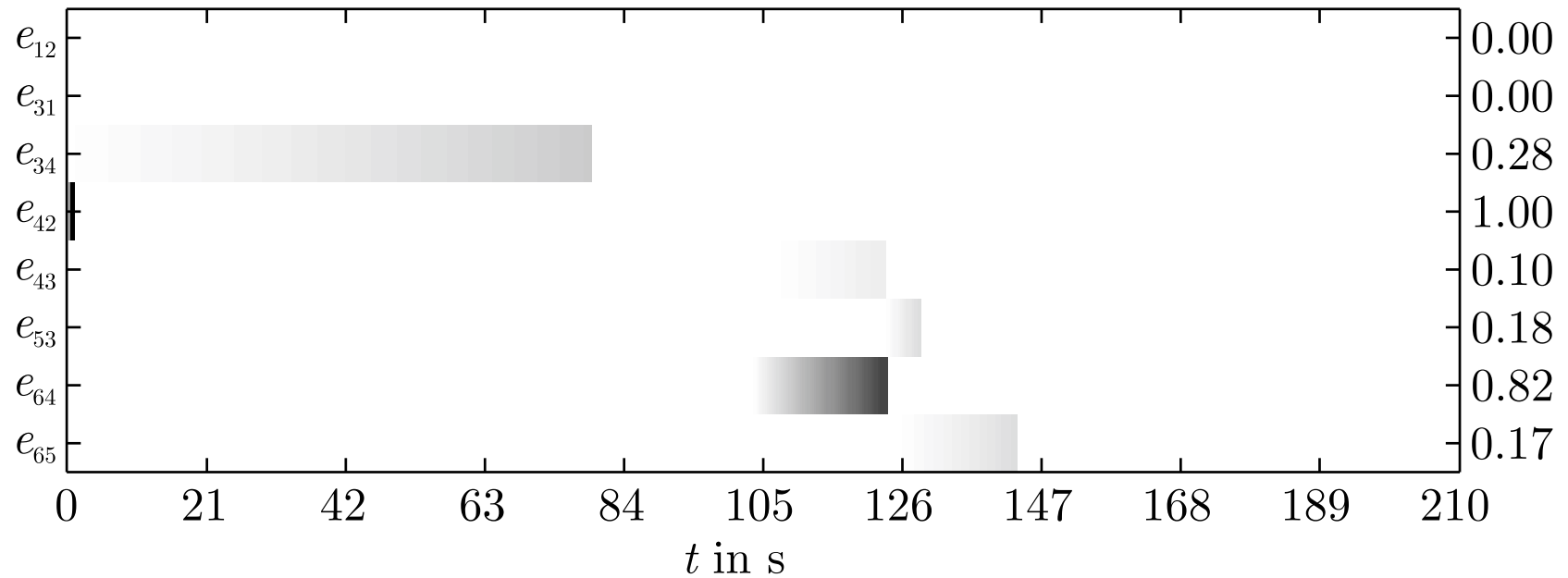


Abb. 10.13. Grafische Darstellung der statistischen Eigenschaften des Behältersystems nach dem Ereignis e_{42}

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

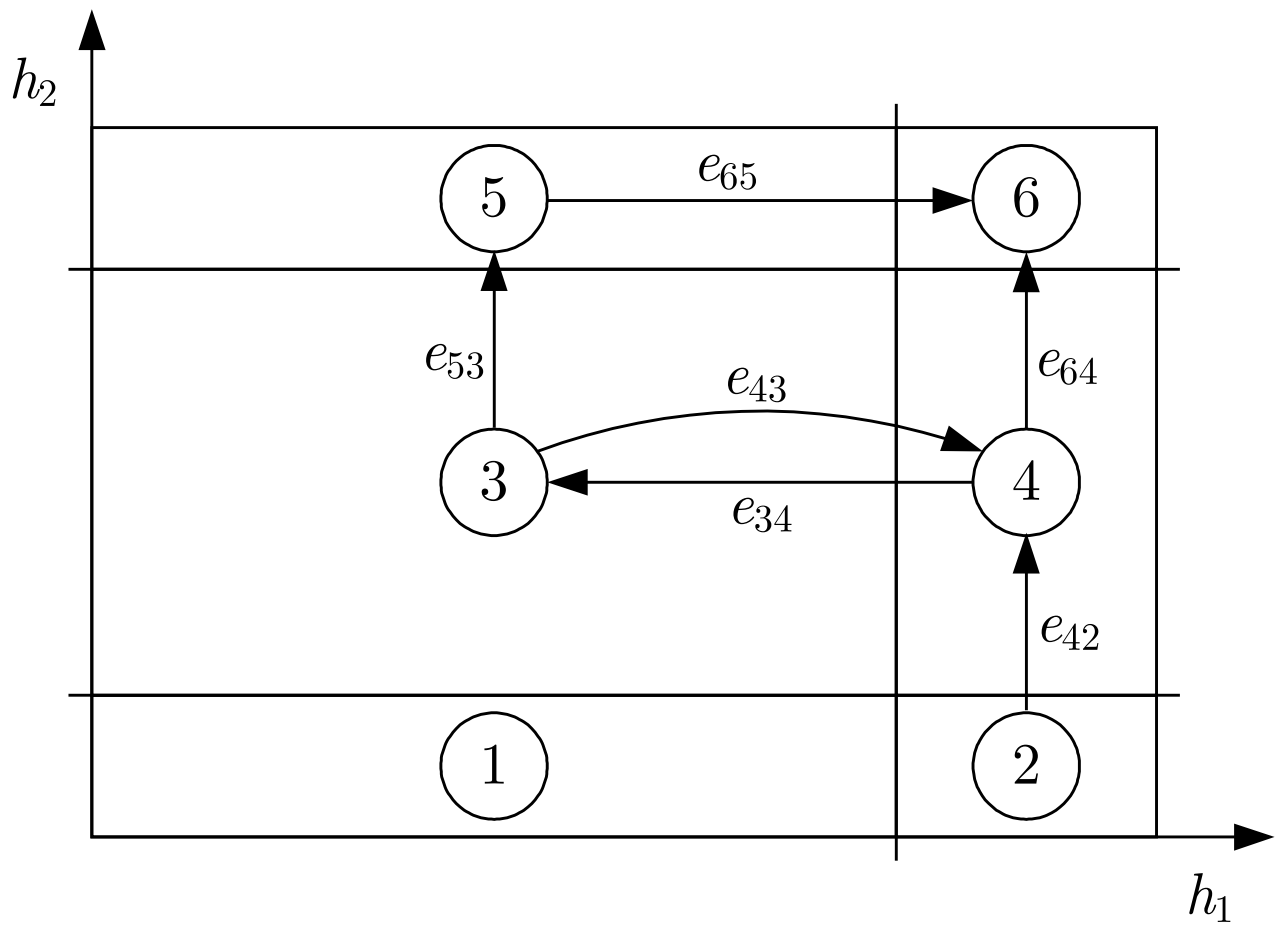


Abb. 10.14: Automatengraph des Semi-Markovprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

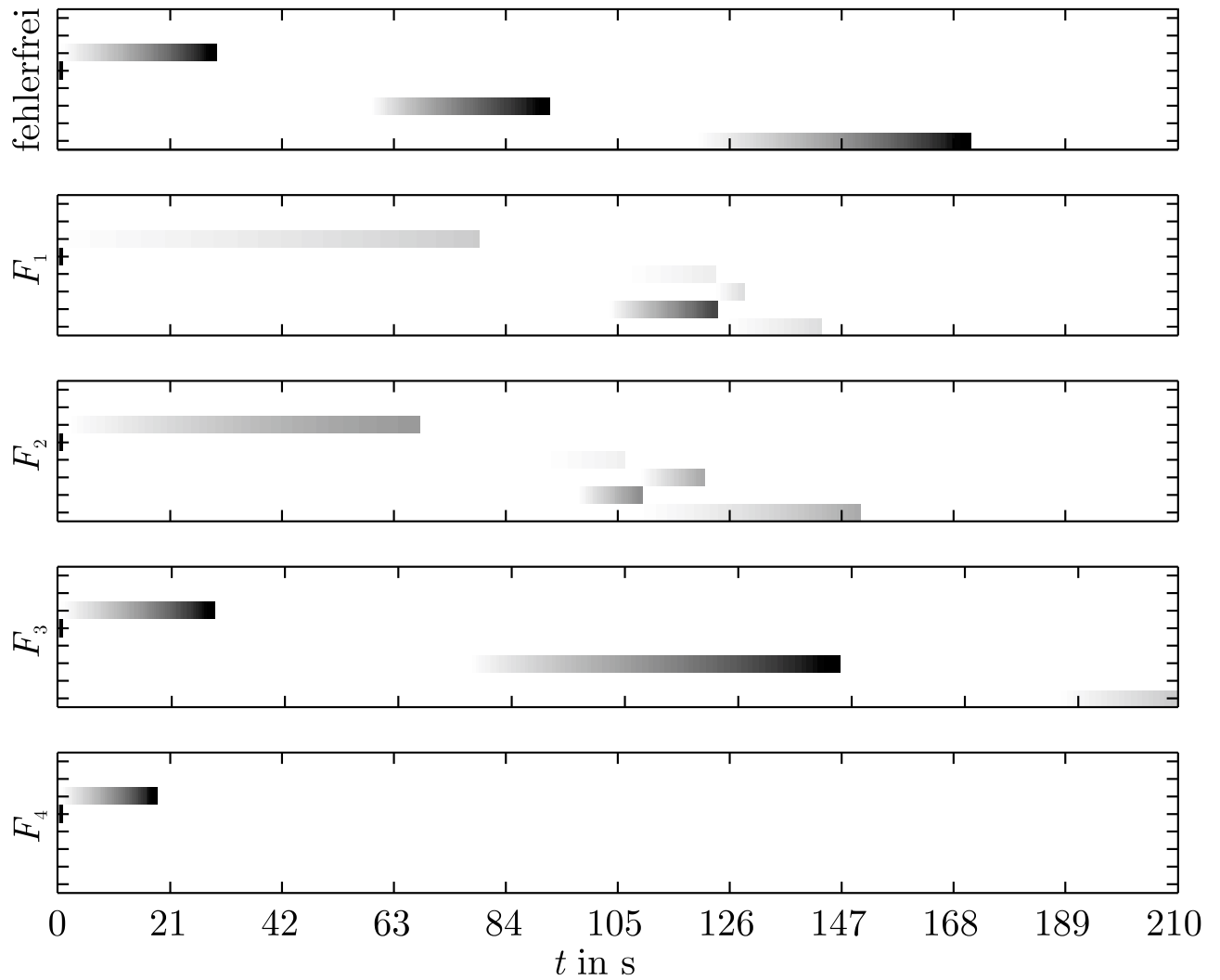


Abb. 10.15: Vergleich des Verhaltens des fehlerfreien und fehlerbehafteten Systems

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

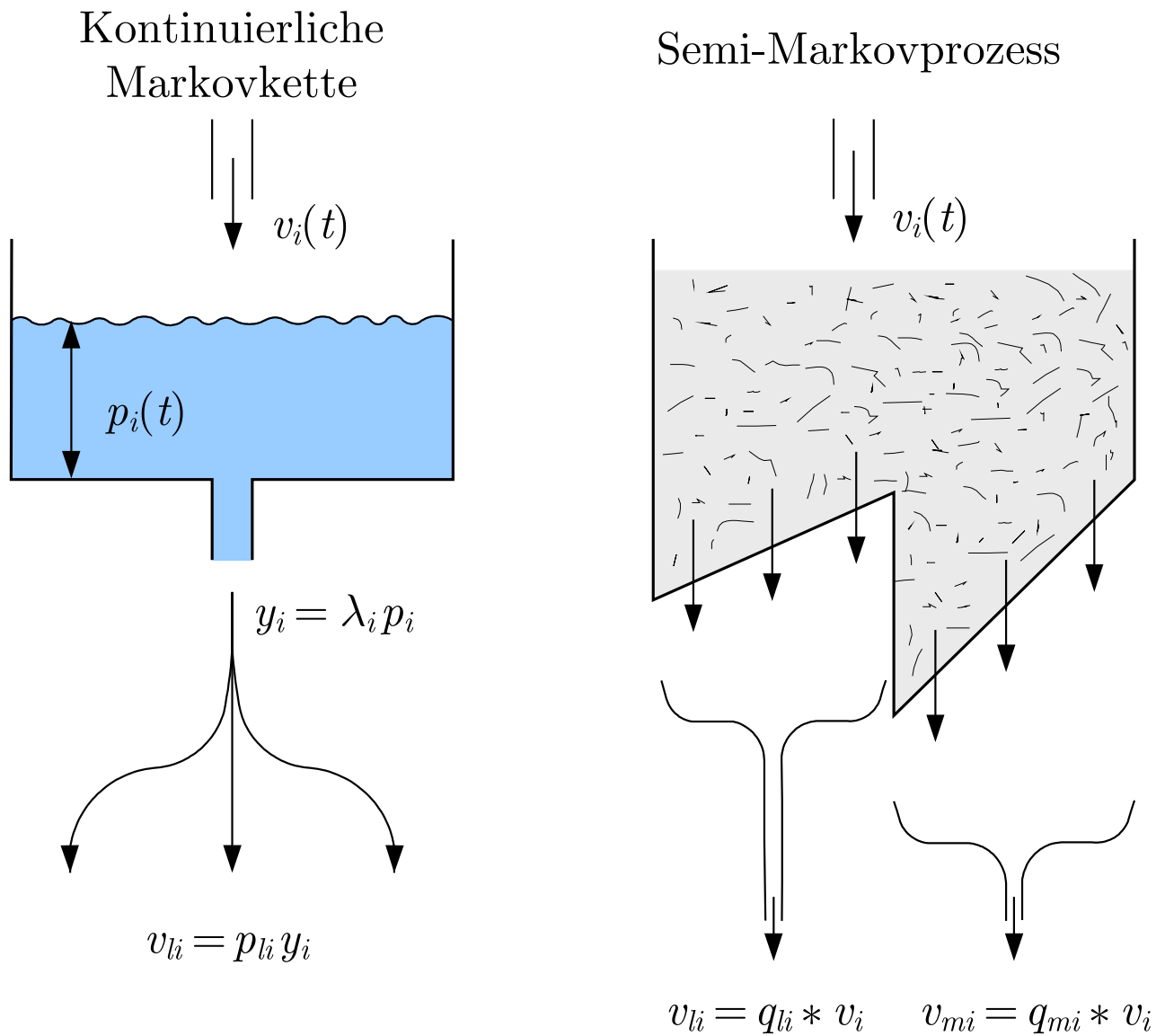


Abb. 10.16: Vergleich von kontinuierlicher Markovkette und Semi-Markovprozess

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

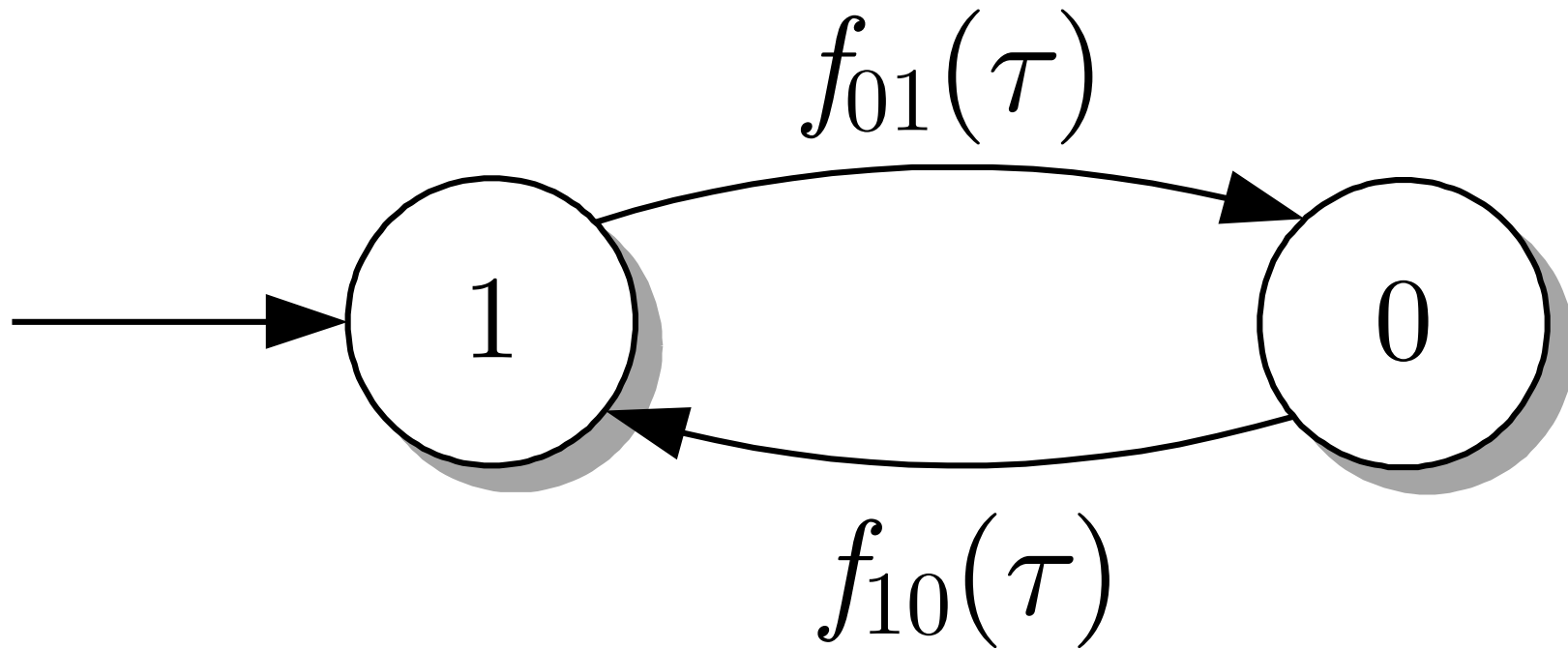


Abb. 10.17. Semi-Markovprozess zur Beschreibung der Zuverlässigkeit

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

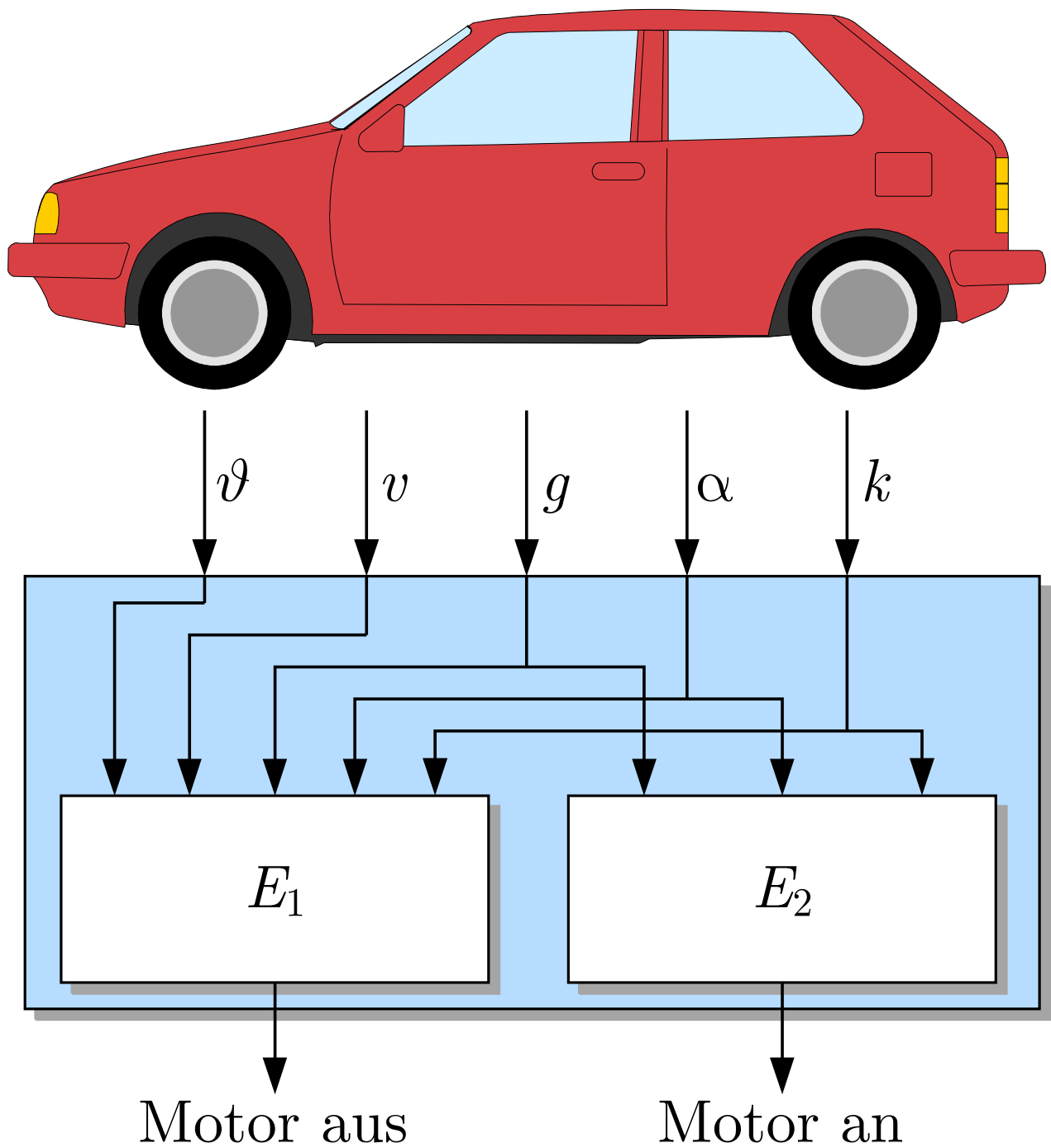
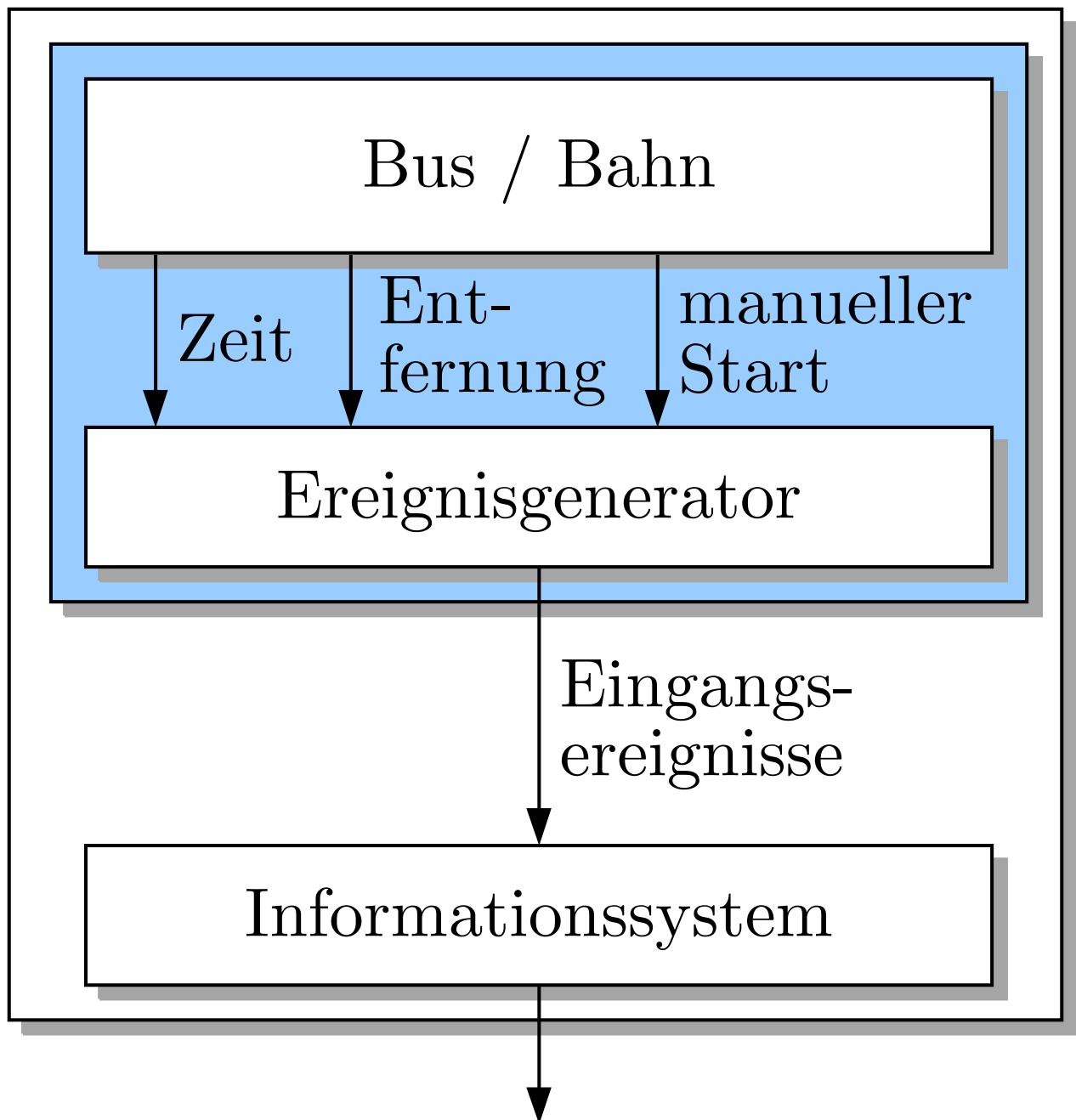


Abb. A.1: Struktur der Start-Stopp-Automatik

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Ausgangsergebnis:
Angabe der nächsten Haltestelle

**Abb. A.2: Blockschaltbild eines
Fahrgastinformationssystems**

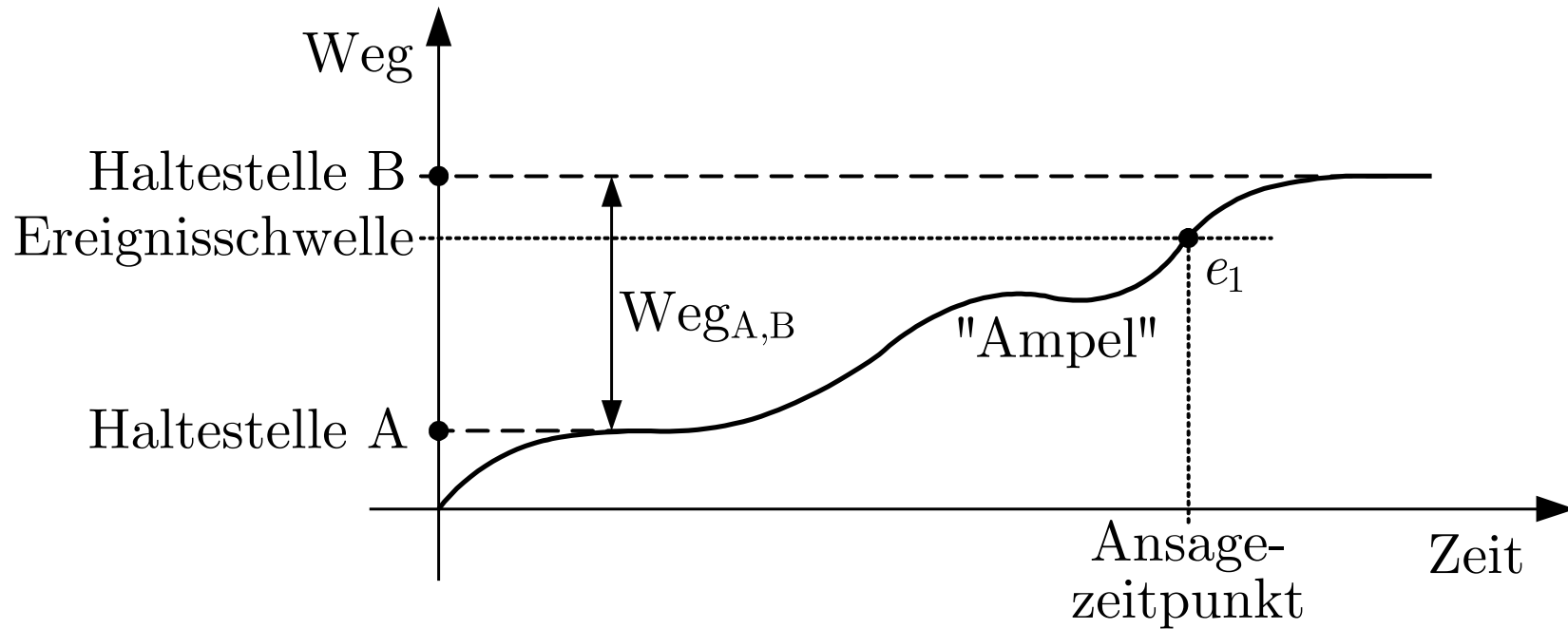


Abb. A.3. Weg-Zeit-Diagramm einer Straßenbahn

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

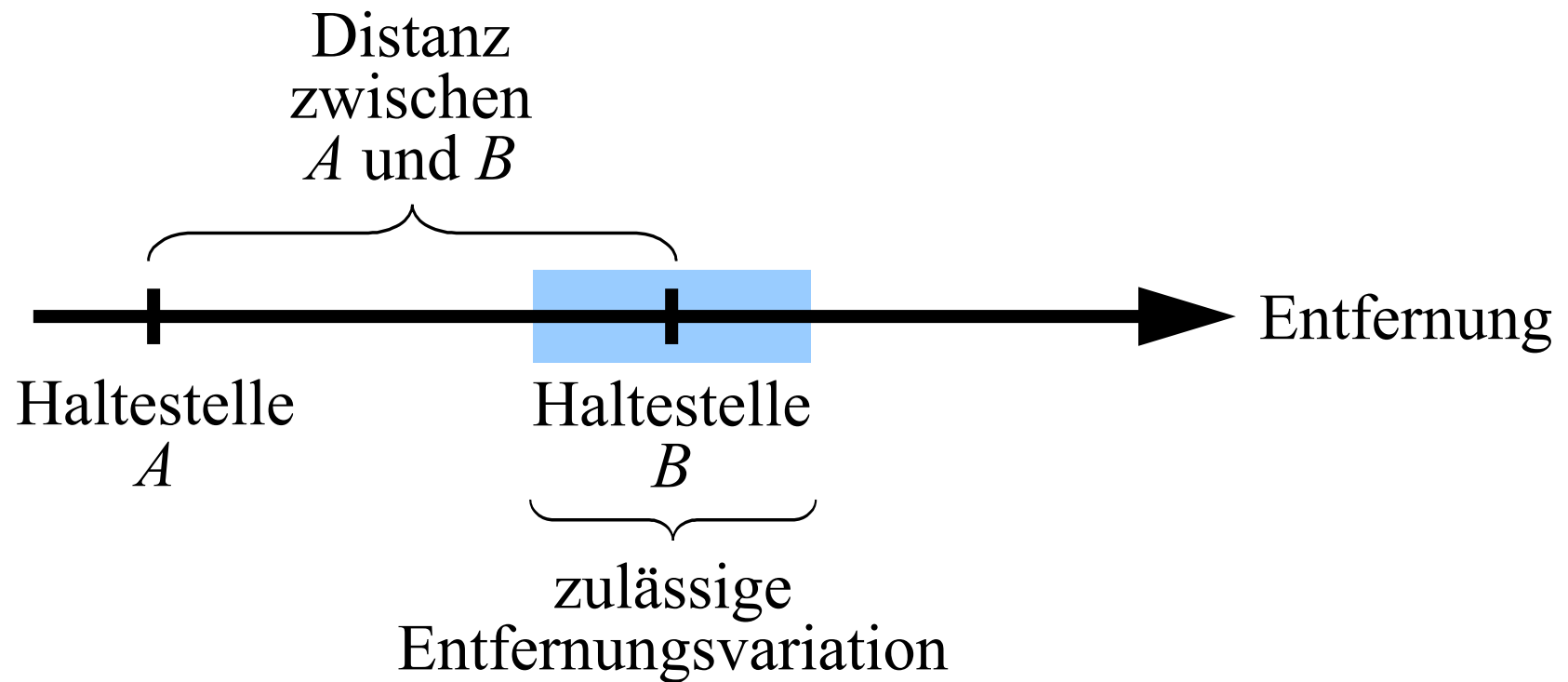


Abb. A.4. Auswertung des Entfernungssignals durch das Informationssystem

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

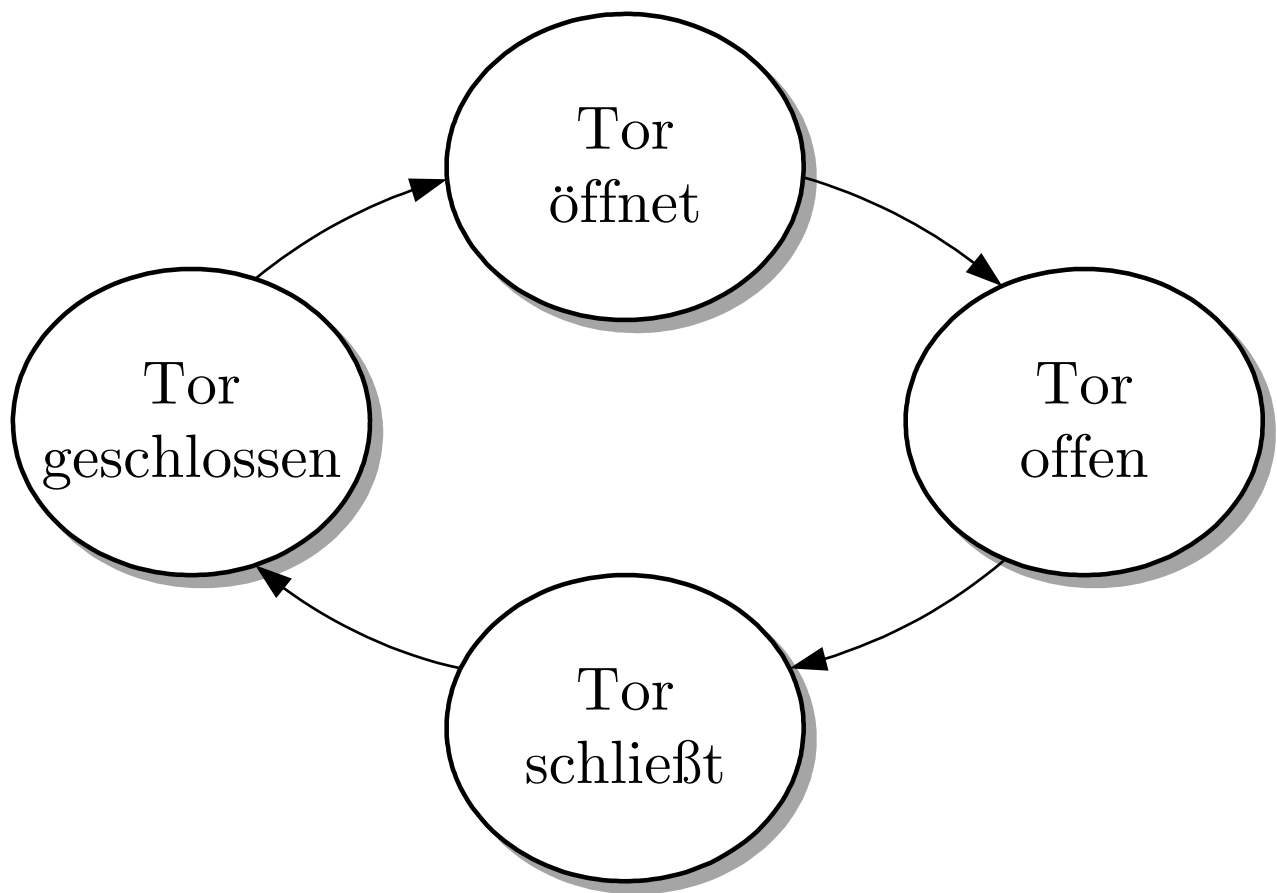


Abb. A.5: Modell des Garagentors (I)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

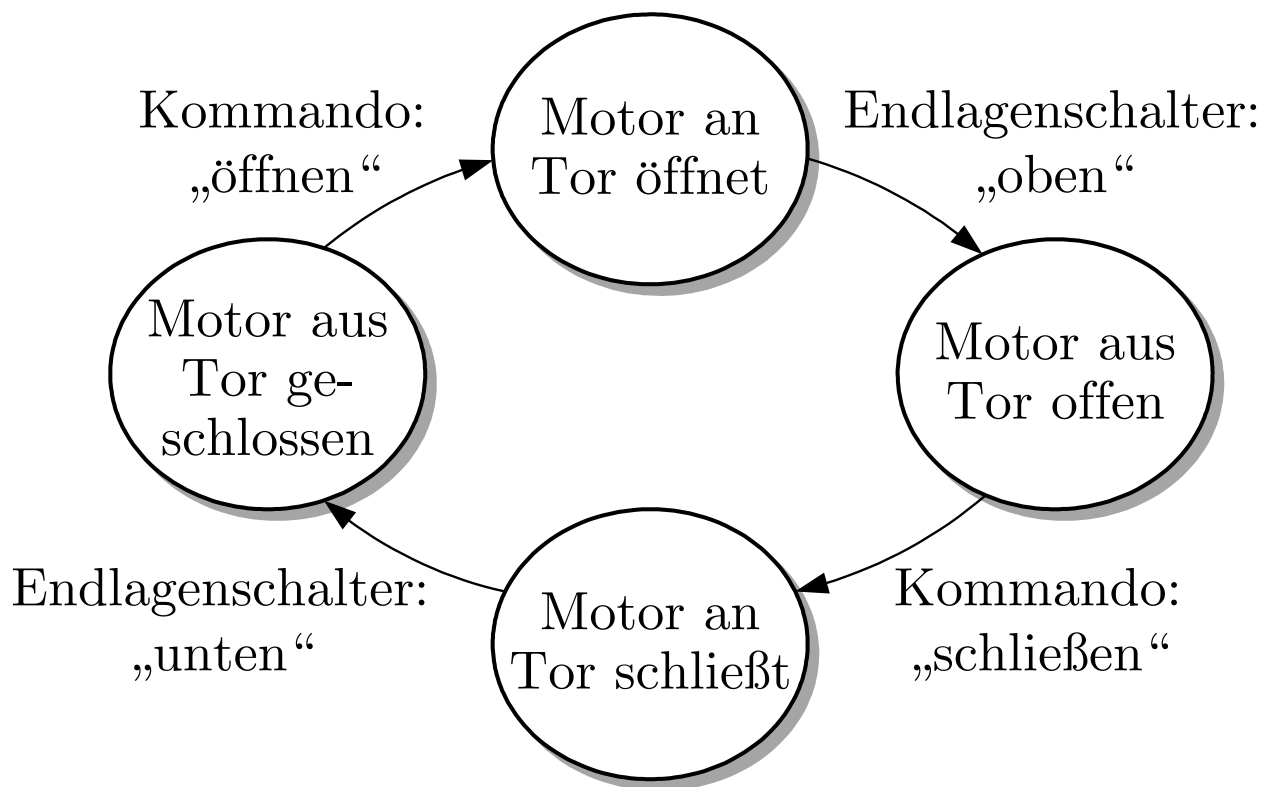


Abb. A.5: Modell des Garagentors (II)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

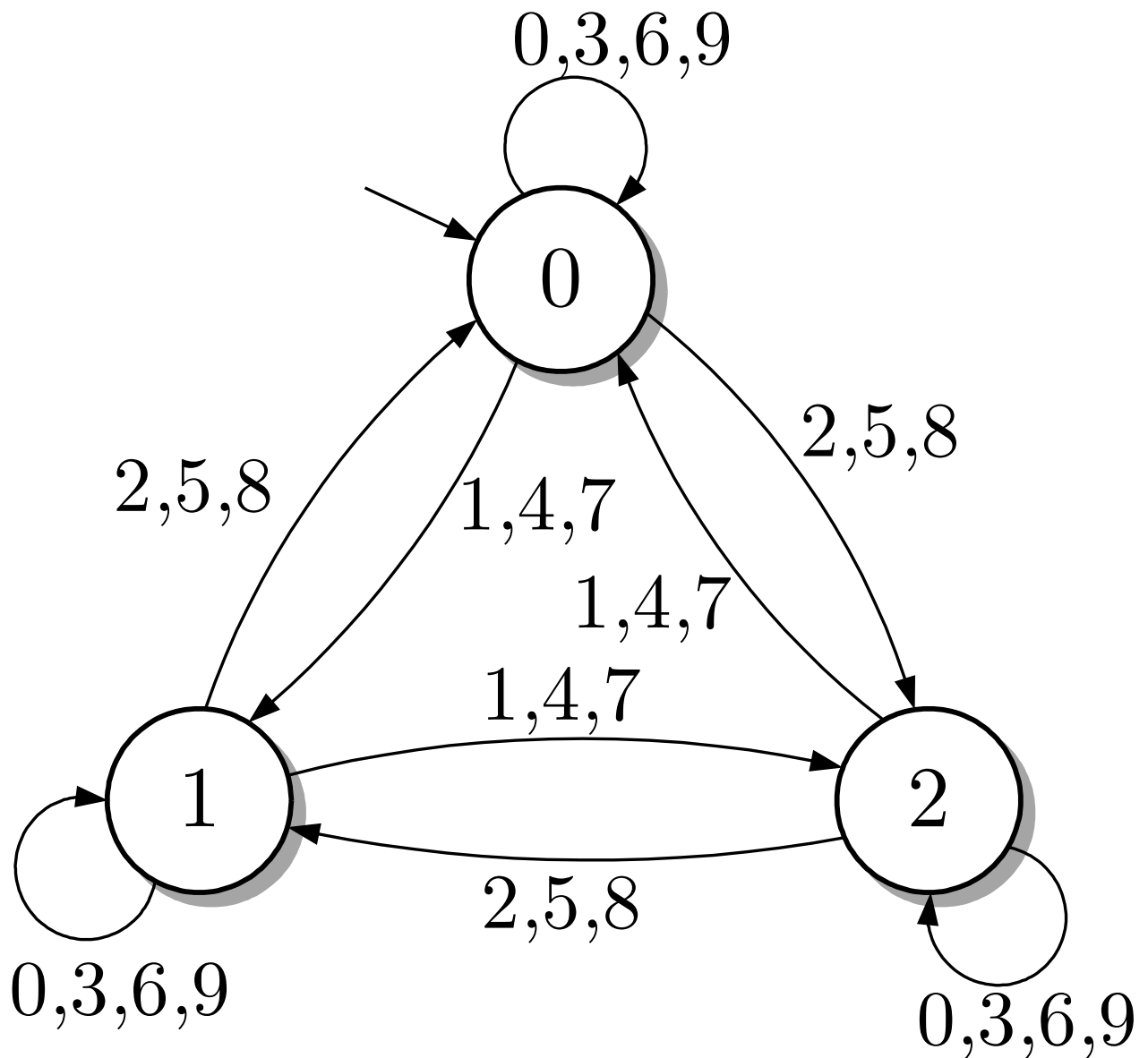


Abb. A.6: Automat, dessen Zustand den Rest einer Zahl bei der Division durch drei angibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

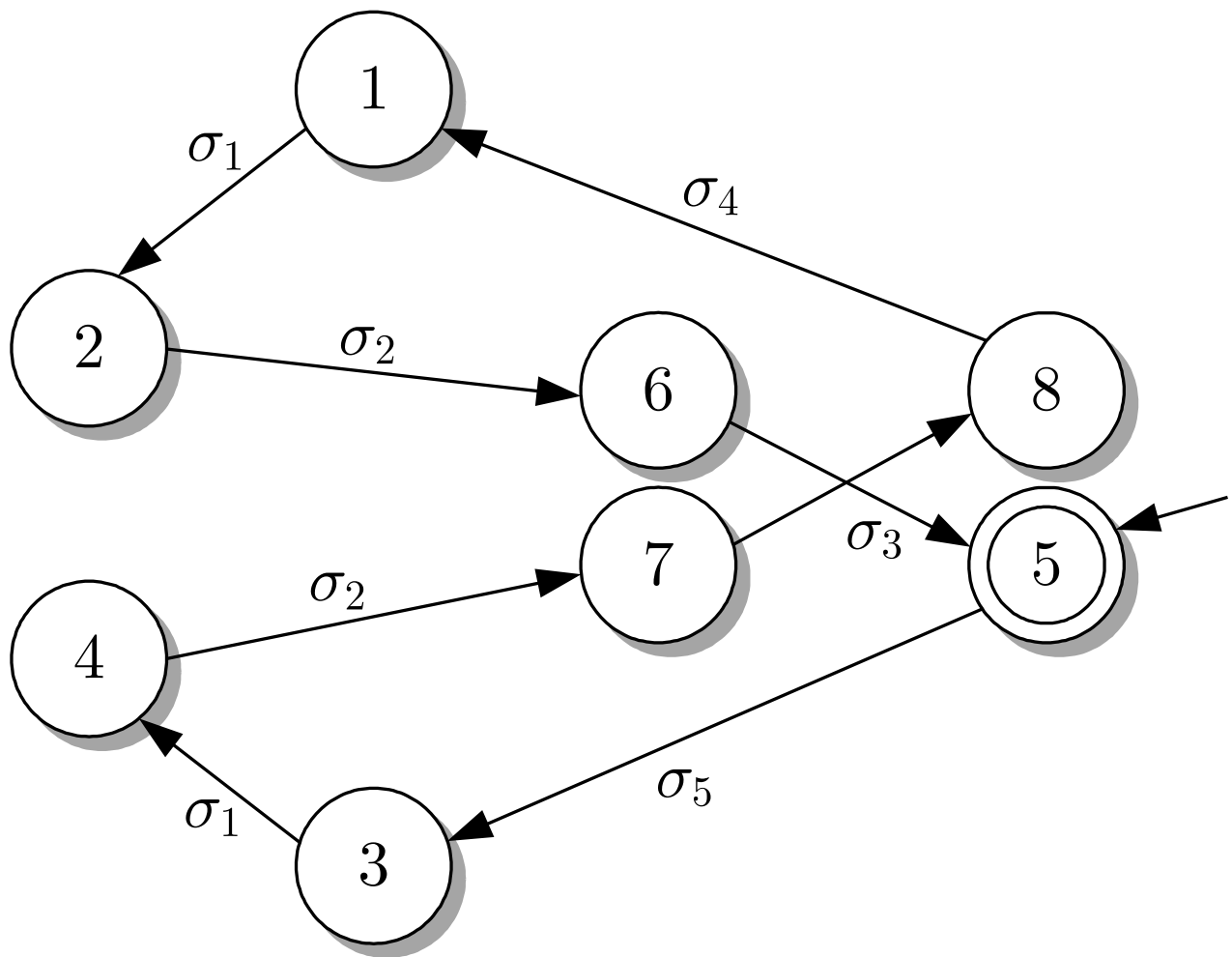


Abb. A.7: Erweitertes Modell des Roboters

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

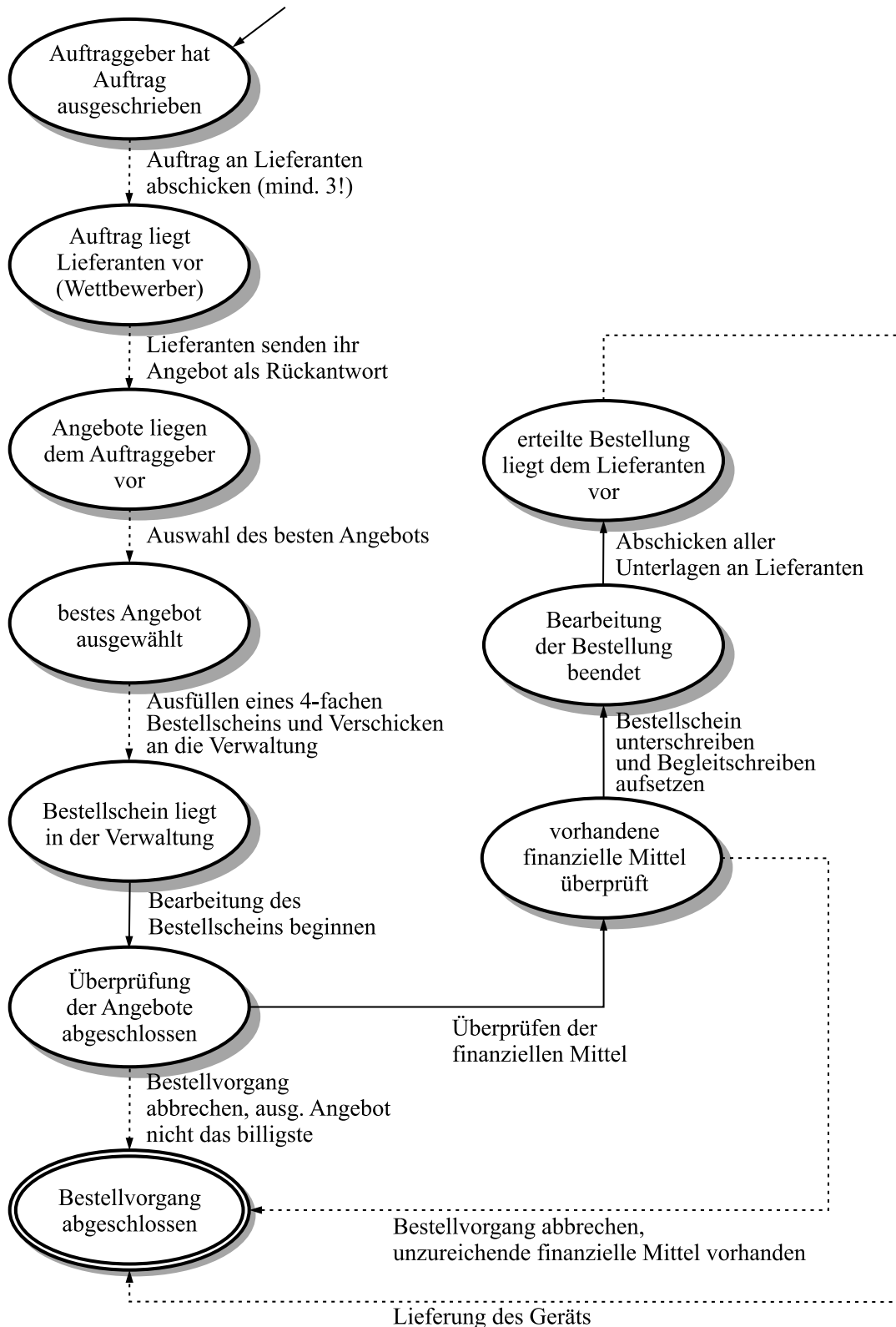


Abb. A.8. Ereignisdiskrete Beschreibung eines Bestellvorgangs

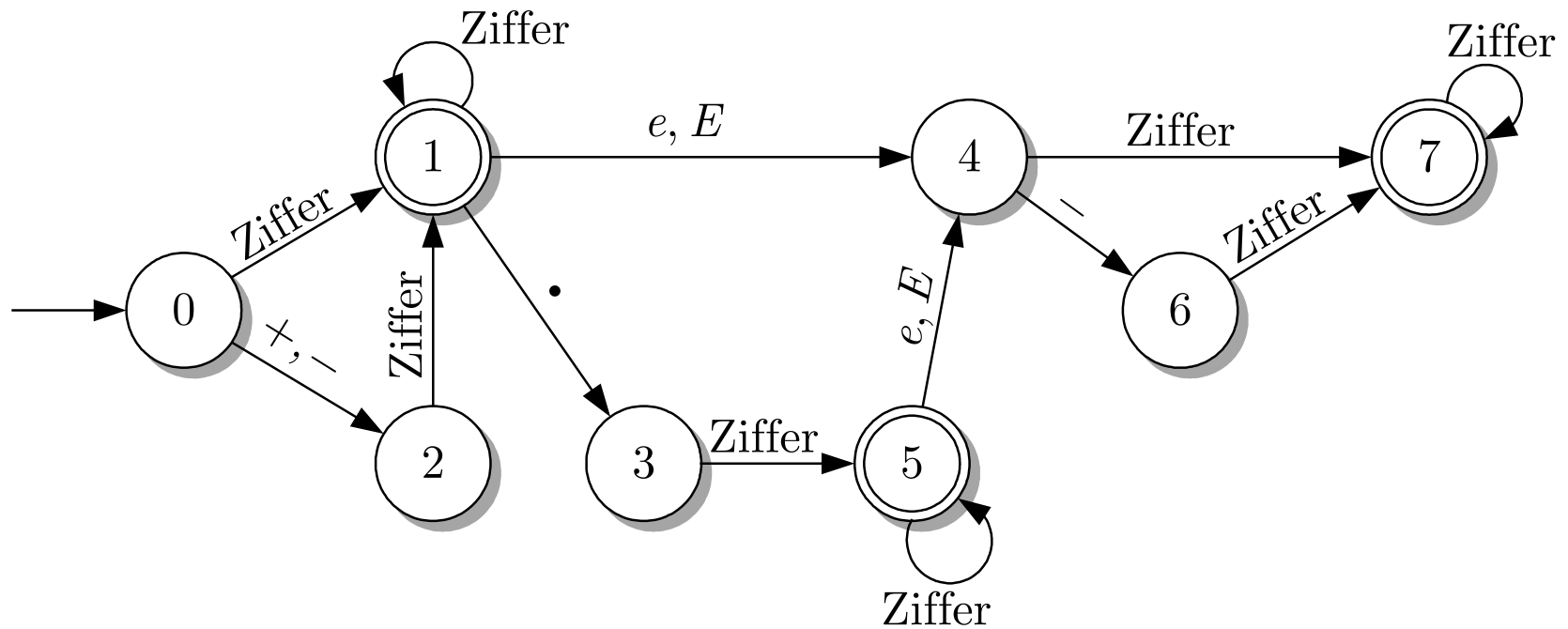


Abb. A.9. Fließkommaakzeptor

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

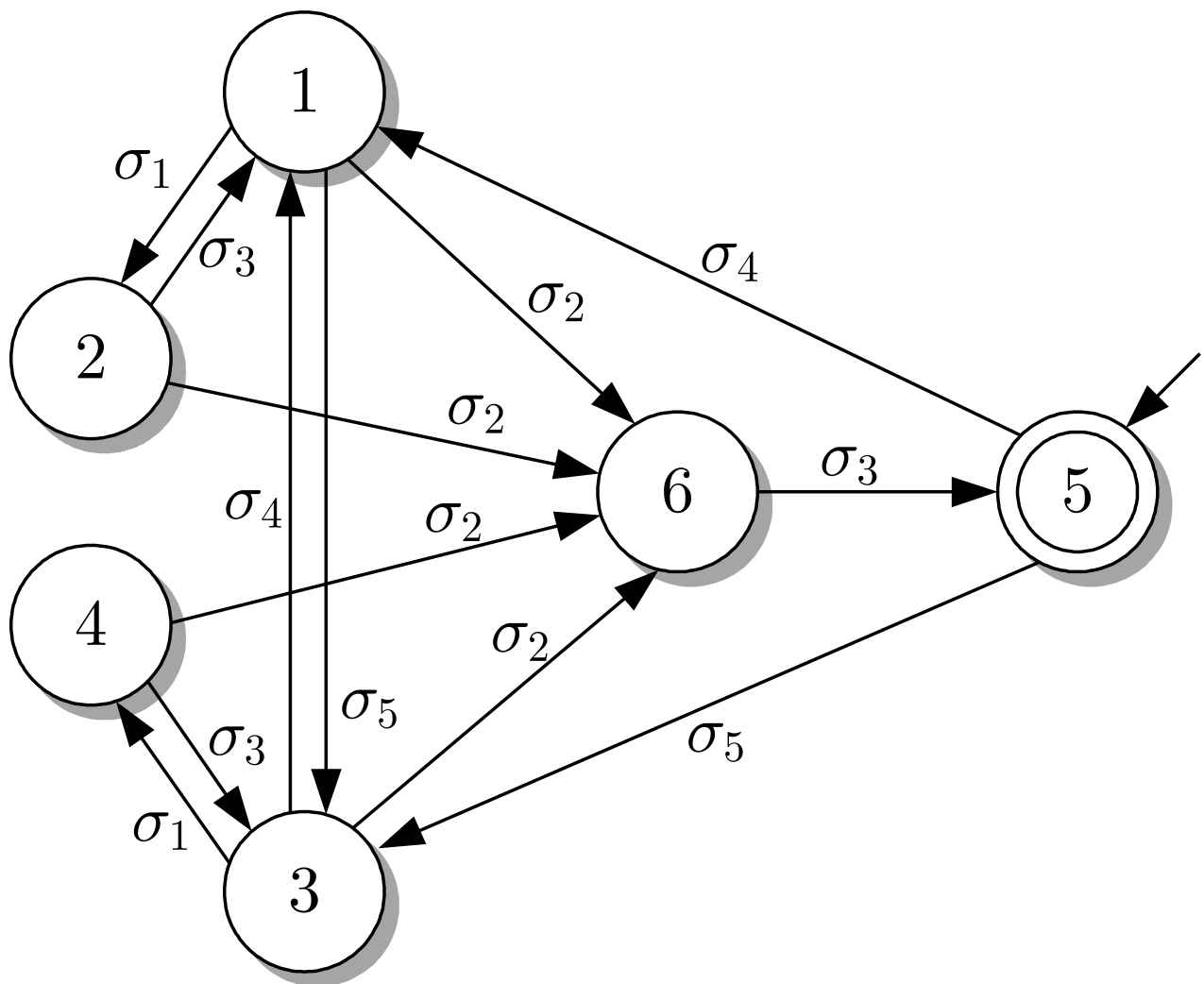


Abb. A.10: Bewegungsmöglichkeiten des Roboters

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

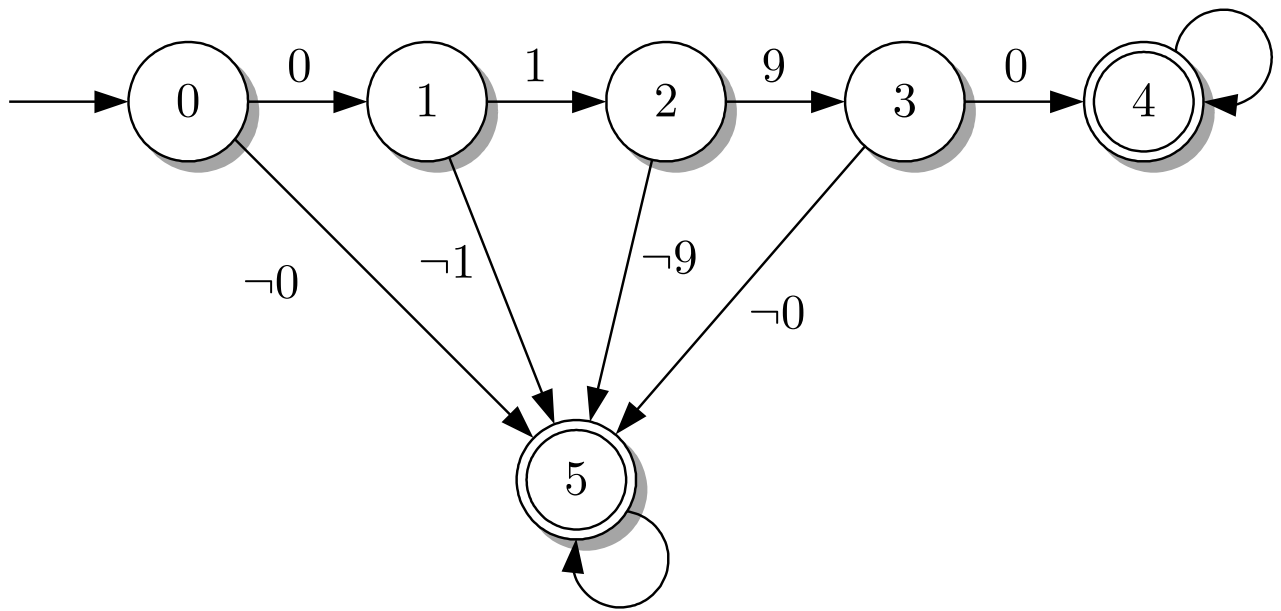
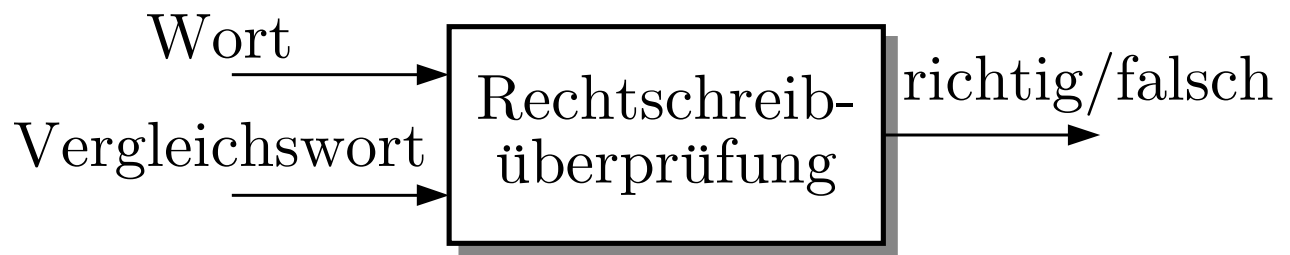


Abb. A.11: Graph eines Automaten, der erkennt, dass eine Ziffernfolge mit 0190 beginnt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. A.12: Blockschaltbild der
Rechtschreibüberprüfung**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

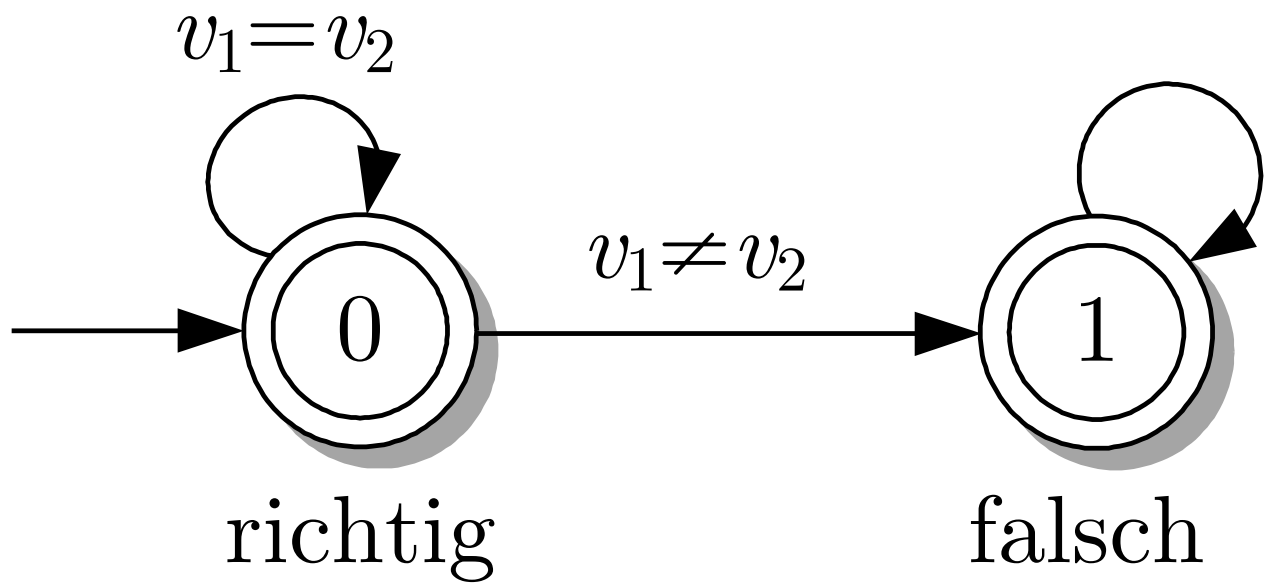


Abb. A.12: Automat der Rechtschreibüberprüfung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

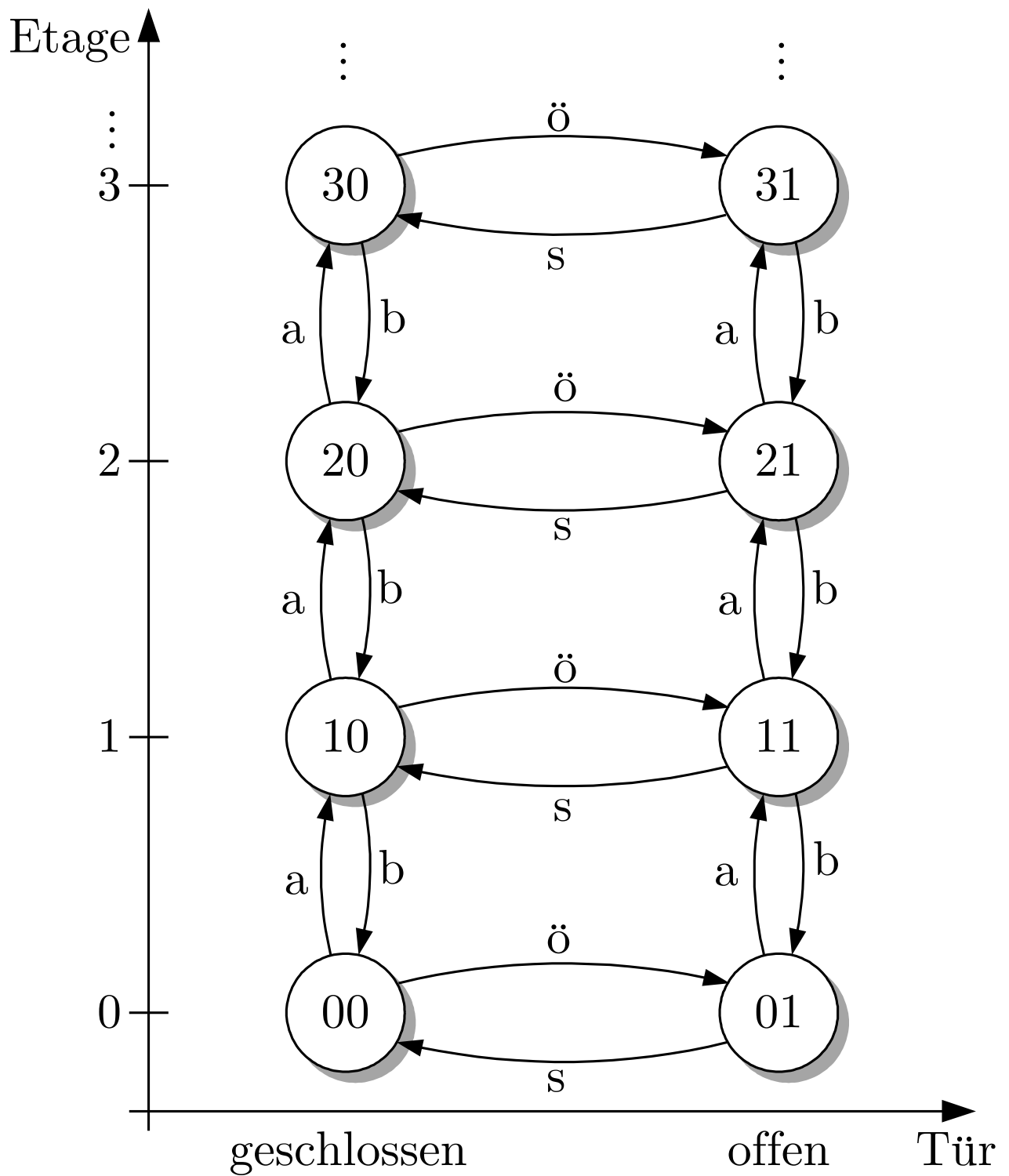


Abb. A.13: Automat, der die Bewegungsmöglichkeiten des Fahrstuhls beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

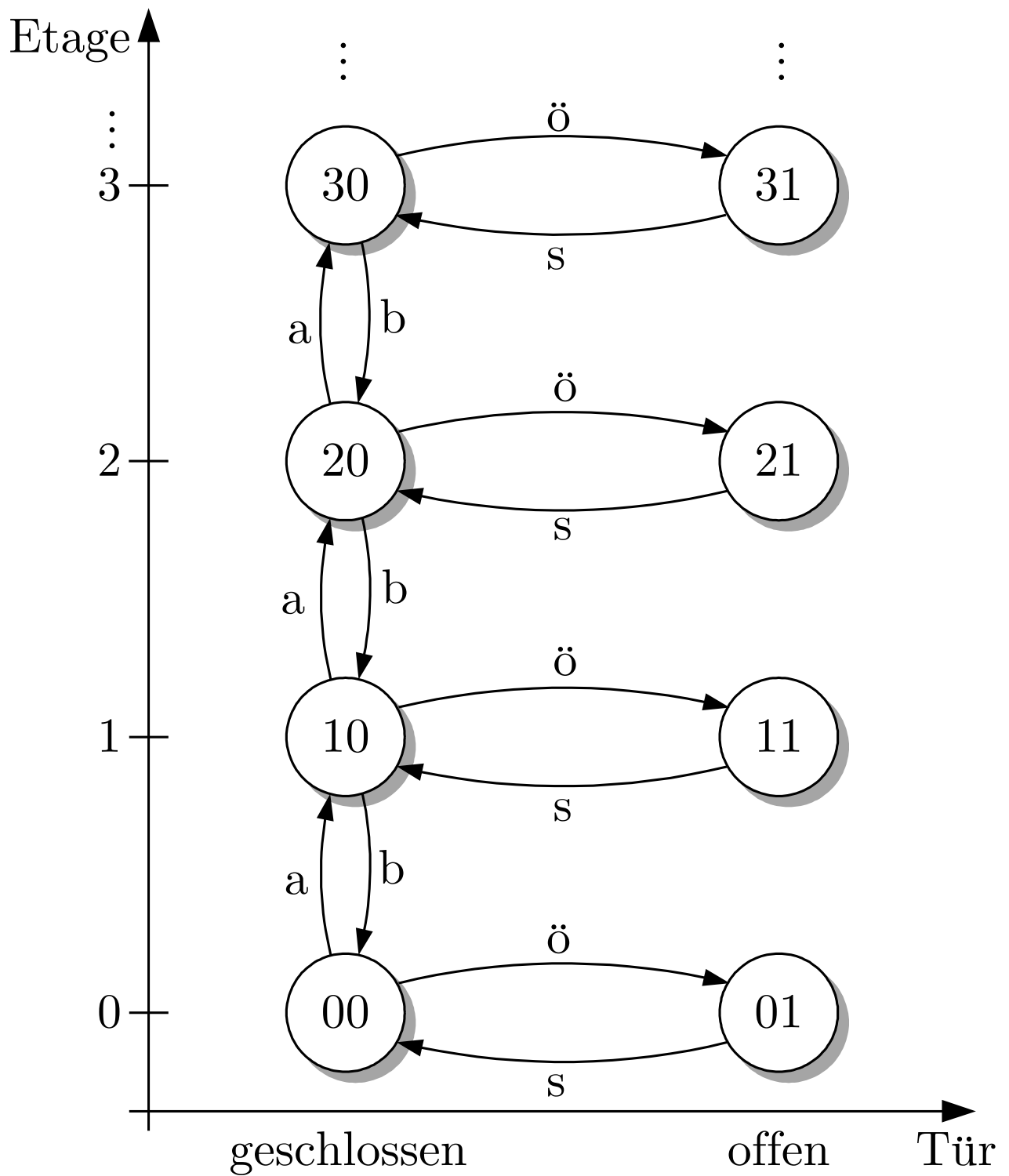


Abb. A.14: Bewegungsmöglichkeiten des Fahrstuhls, die den Sicherheitsanforderungen entsprechen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

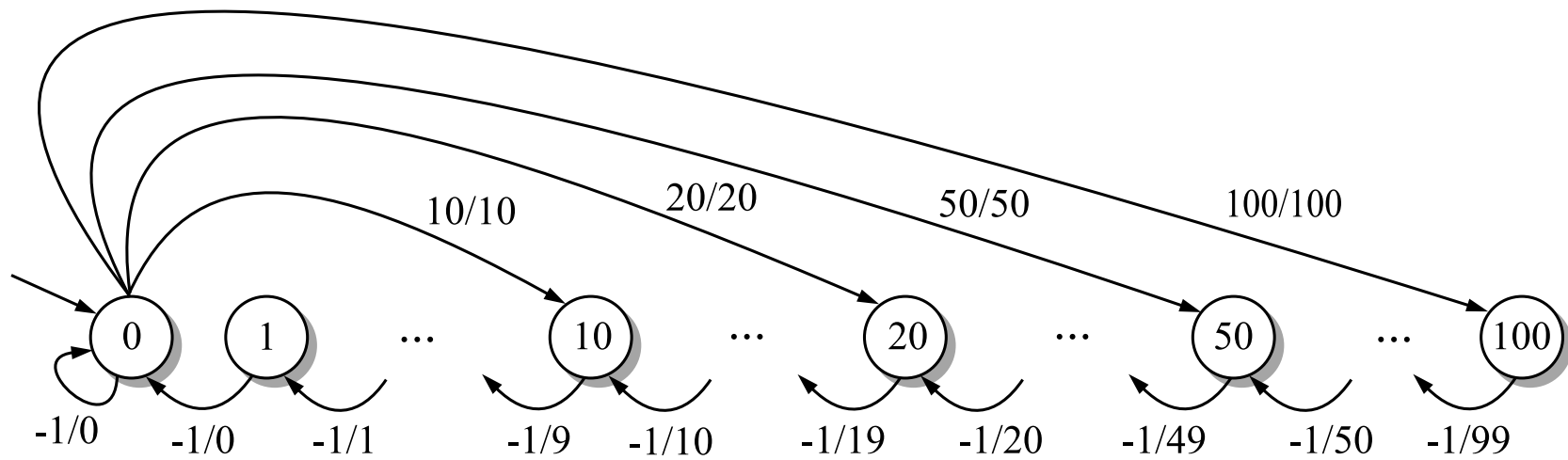


Abb. A.15. Automatengraph der Parkuhr

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Abb. A.16. Blockschaltbild des Addierers

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

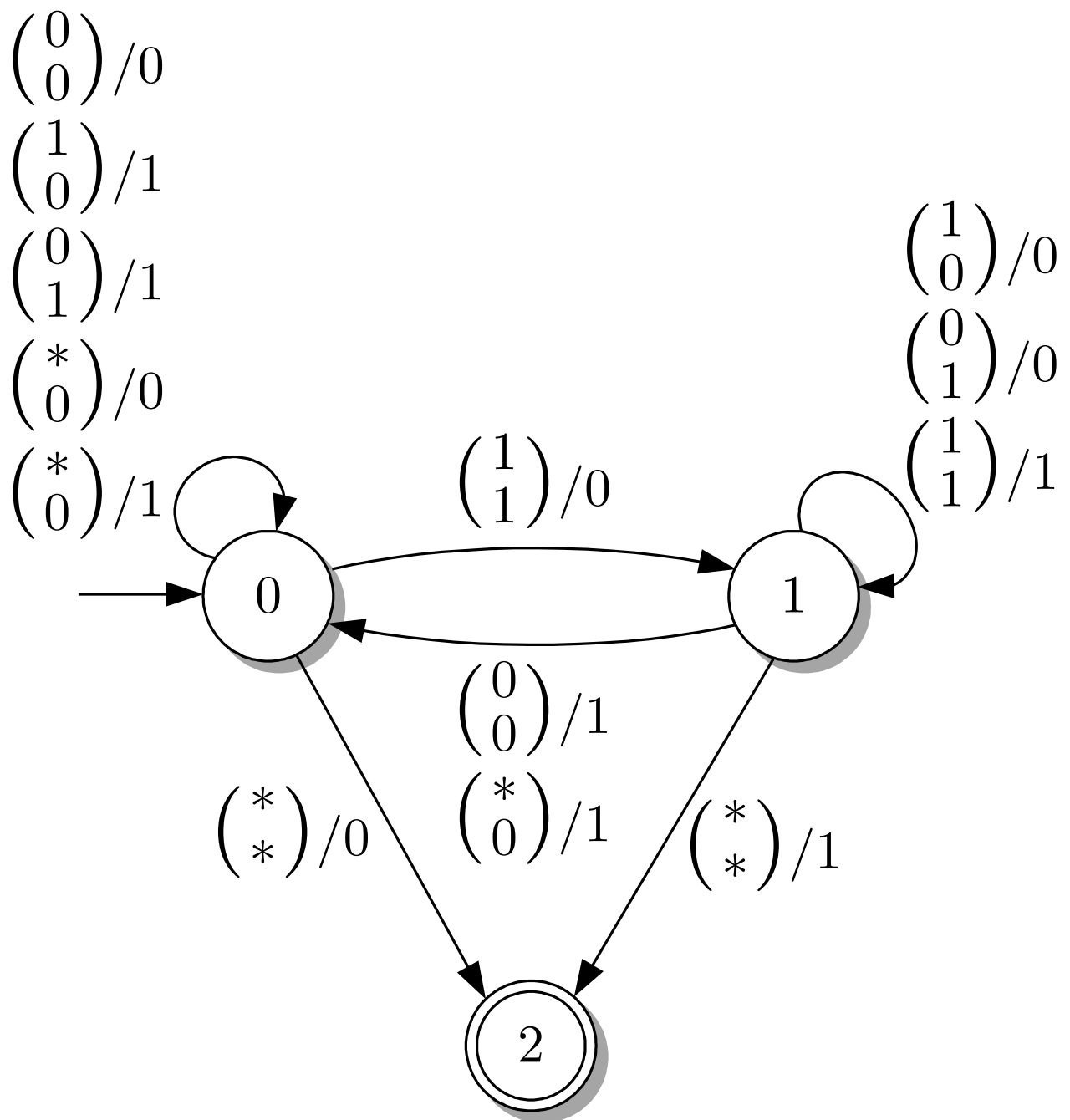


Abb. A.17: Darstellung eines Addierers als deterministischer Automat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

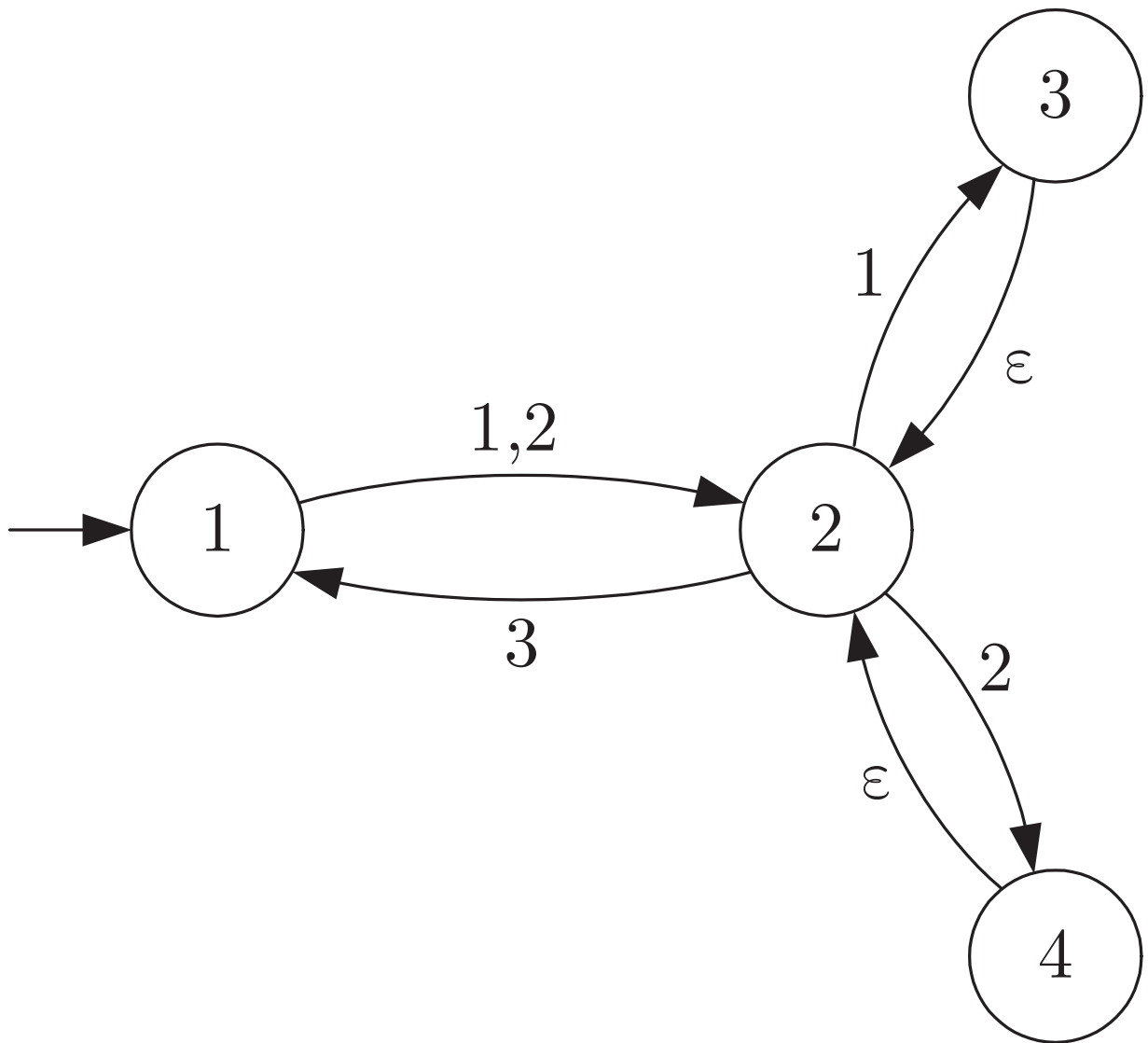


Abb. A.18: E/A-Automat zur Beschreibung des Tempomat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

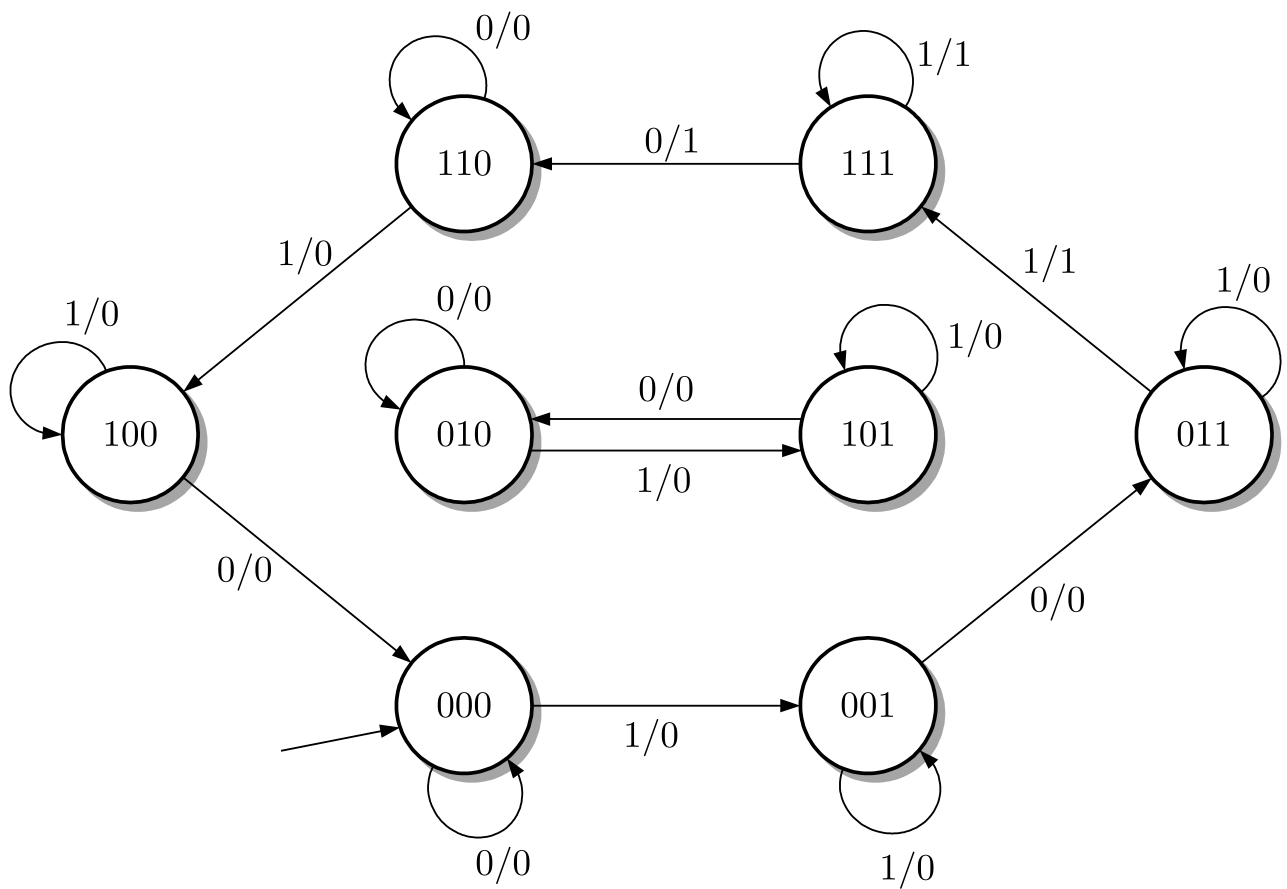


Abb. A.19: Deterministischer Automat, der das Neuronennetz beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

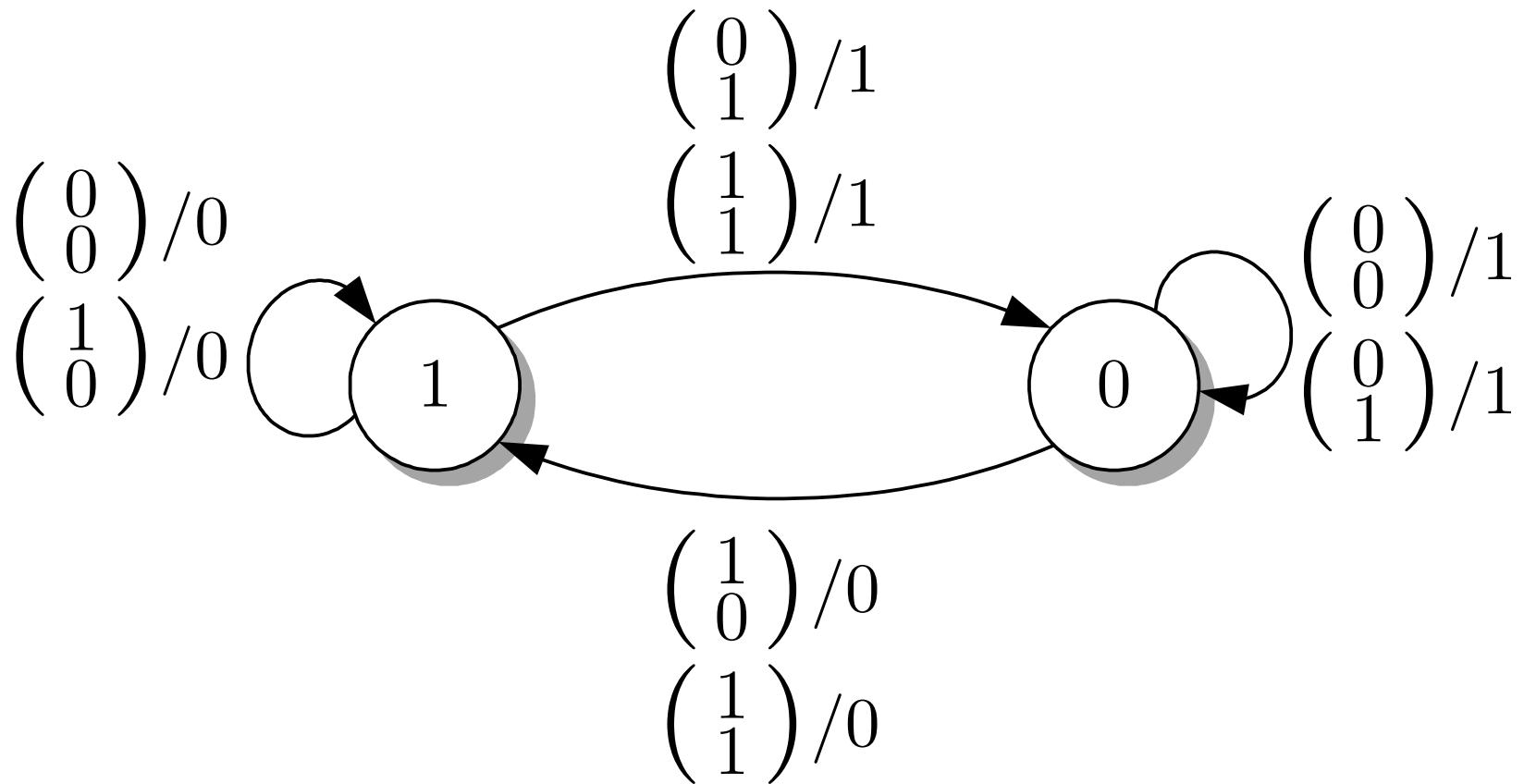


Abb. A.20. Automatengraph zur Beschreibung eines RS-Flipflops

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

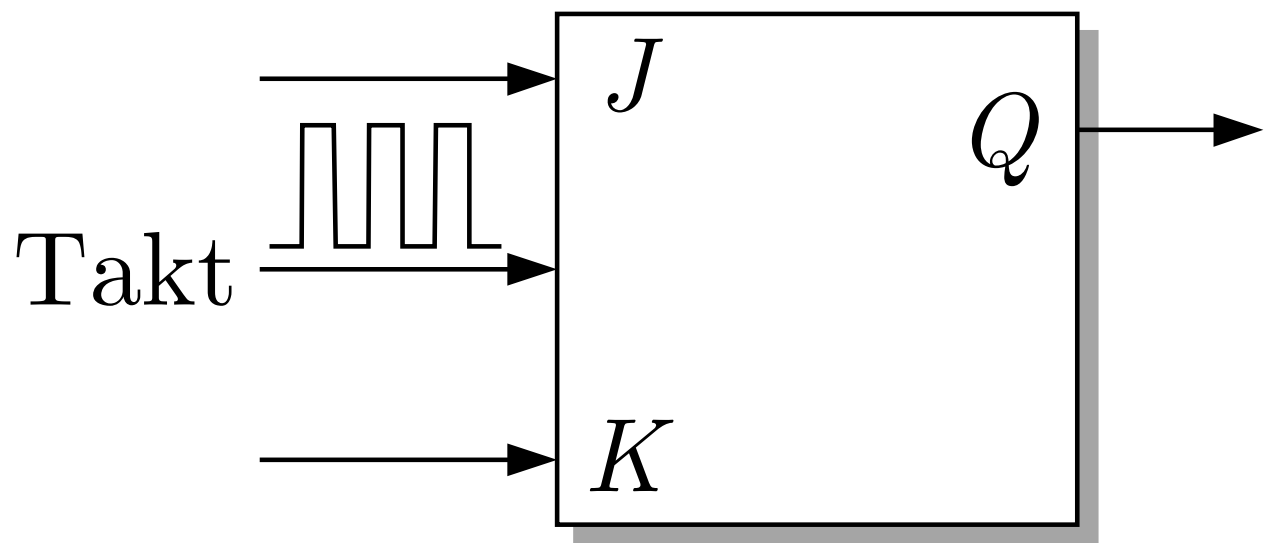


Abb. A.21: JK-Flipflop

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

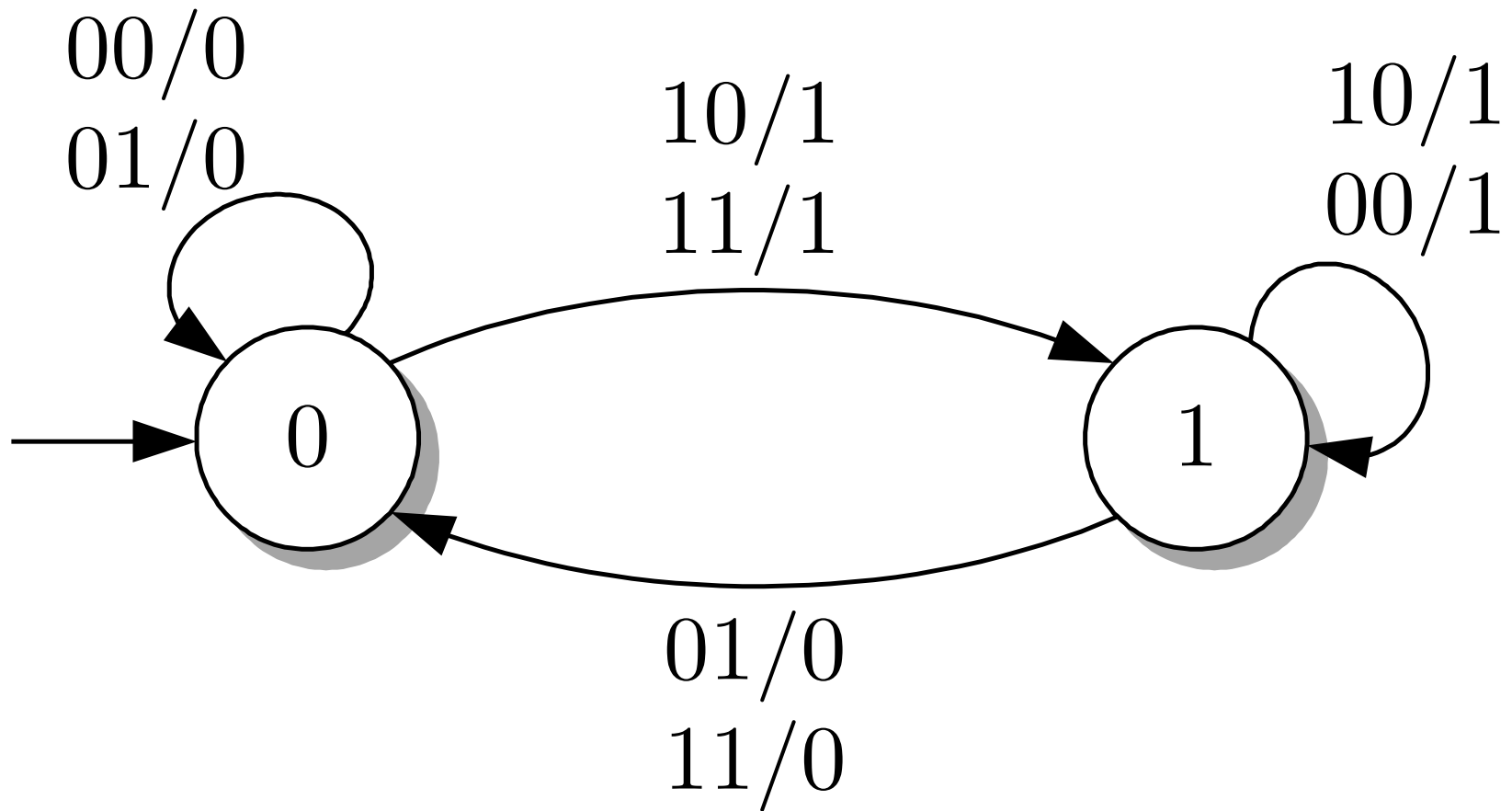


Abb. A.22. Automat, der den JK-Flipflop beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

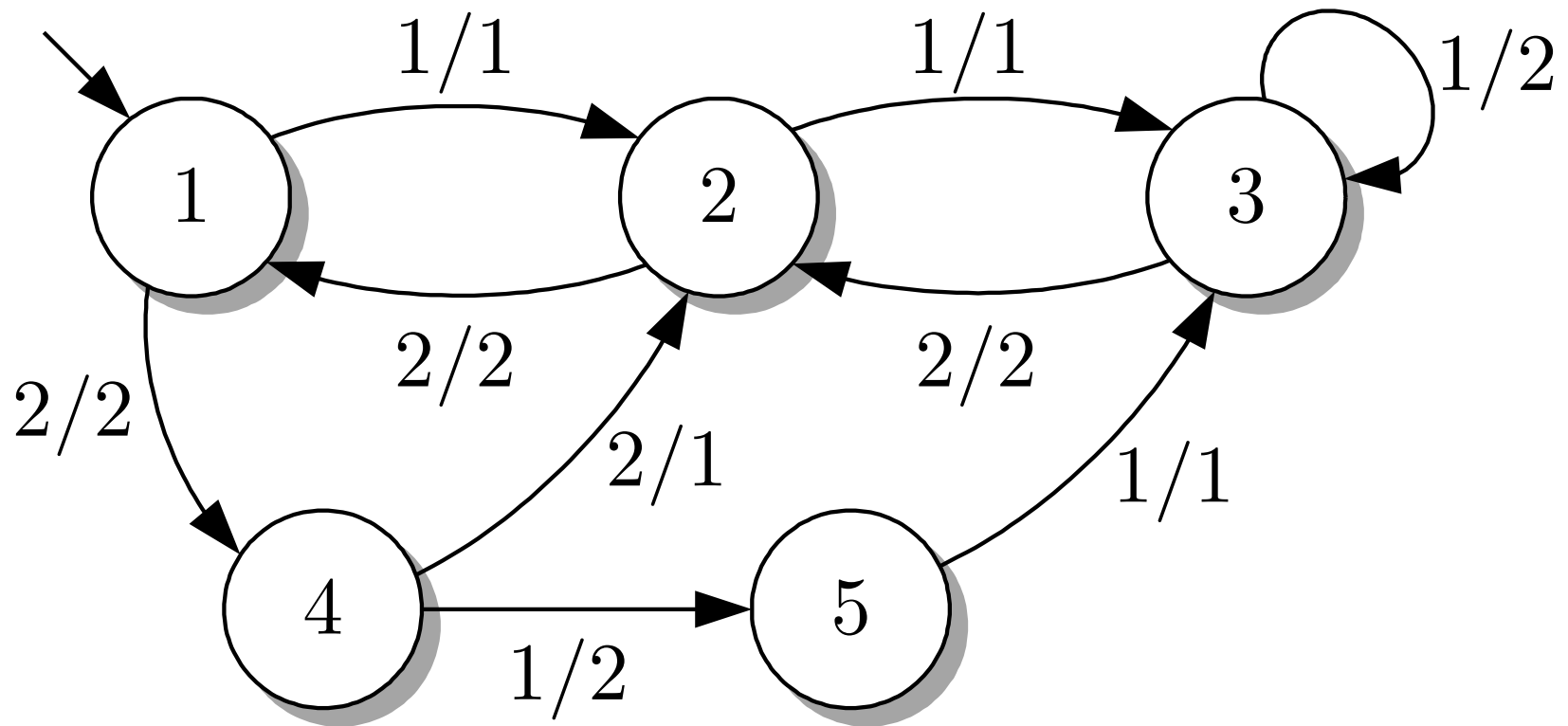


Abb. A.23. Automatengraph des in der Aufgabenstellung durch eine Automatentabelle beschriebenen Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

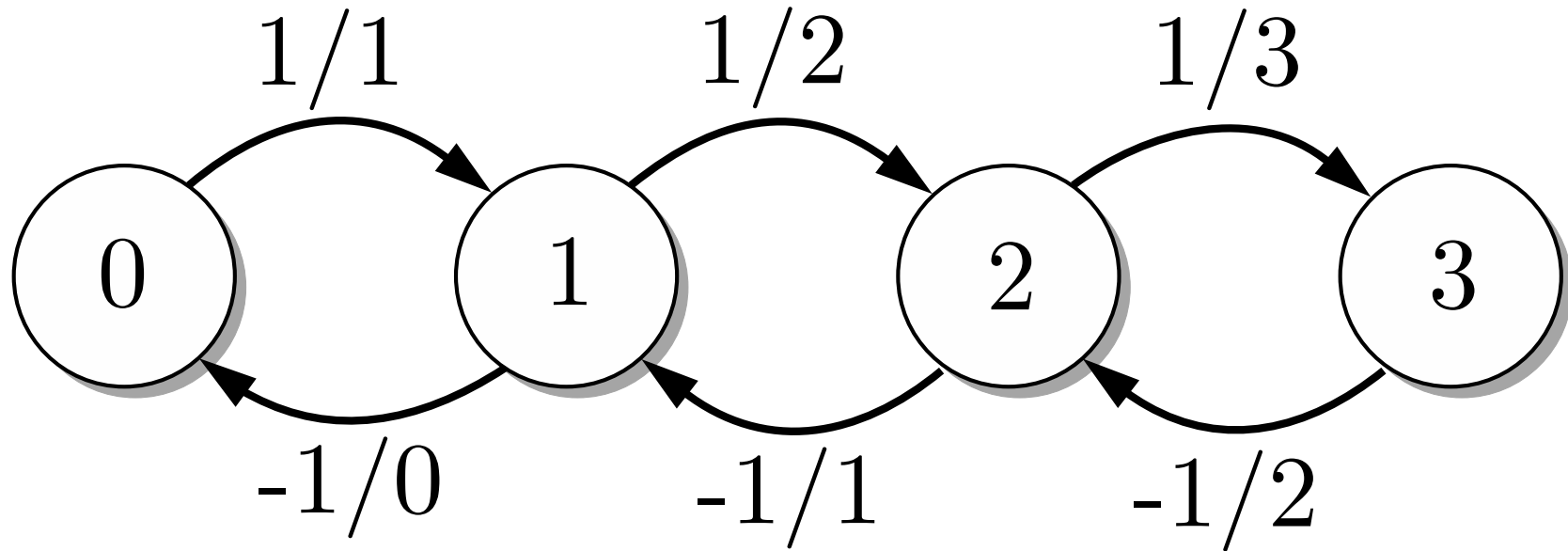


Abb. A.24. Automat zur Beschreibung des Puffers

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

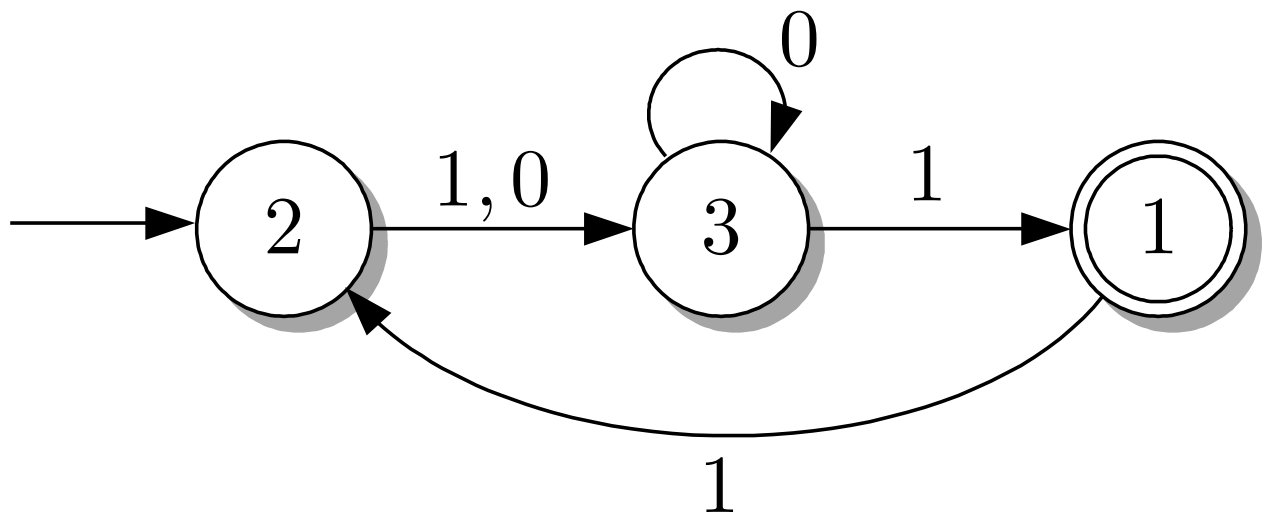


Abb. A.26: Minimaler Automat der beiden in Abb. 3.41 gezeigten Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

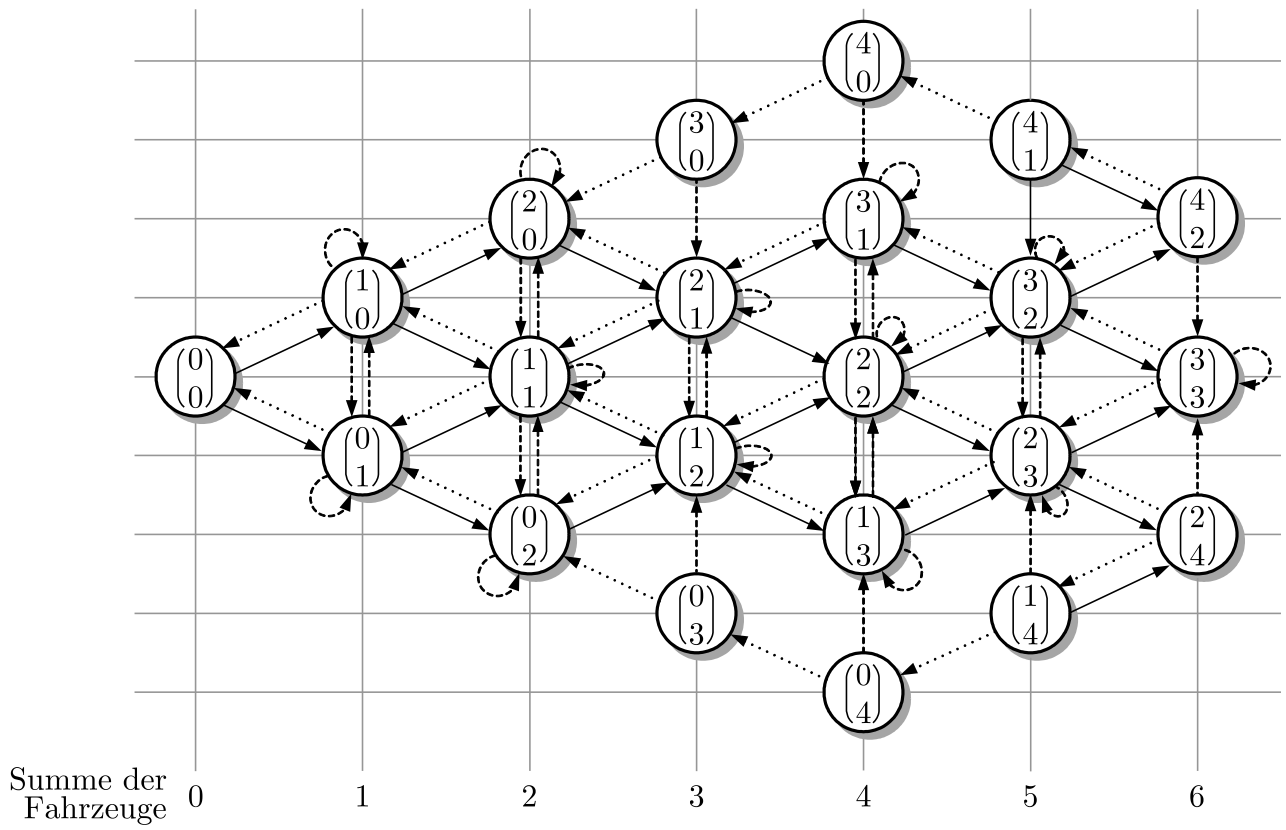


Abb. A.27: Nichtdeterministischer Automat, der die Warteschlangen an der Mautstation beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

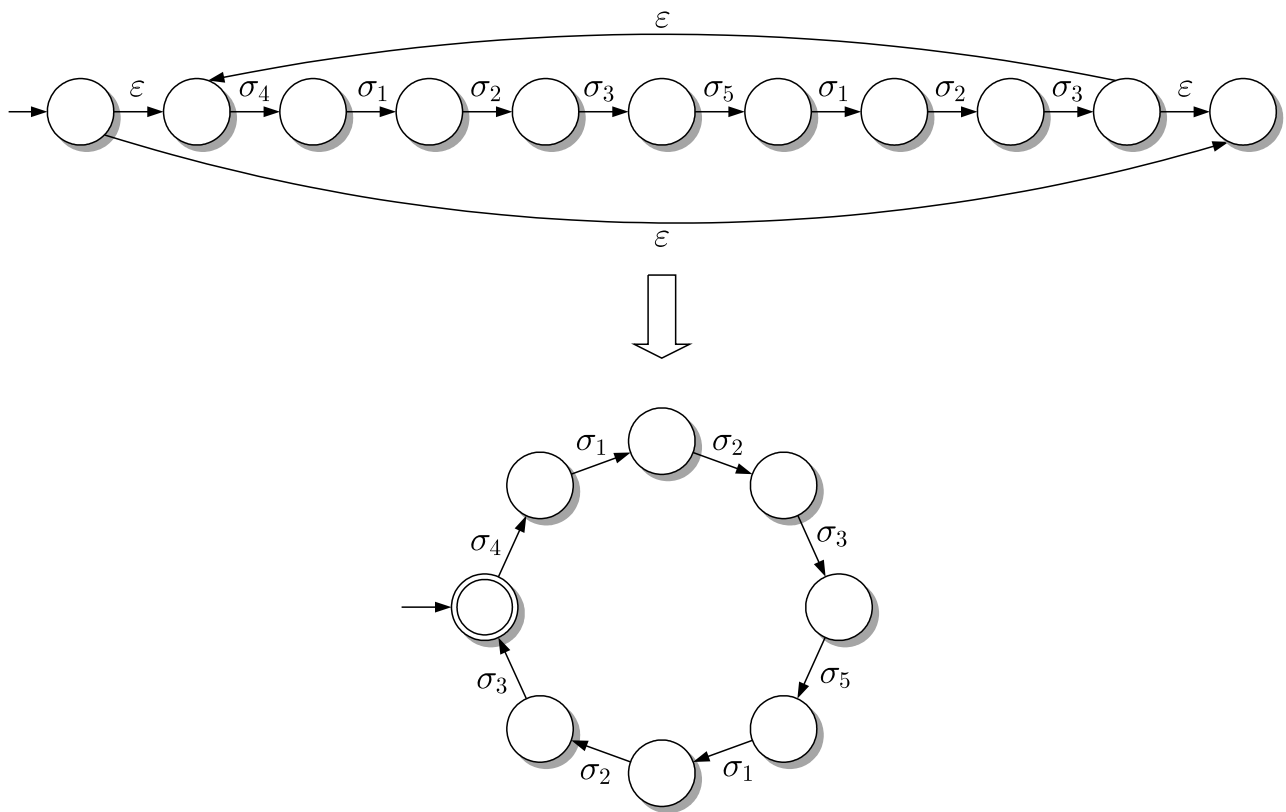


Abb. A.28: Akzeptor für die Sprache (A.7)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

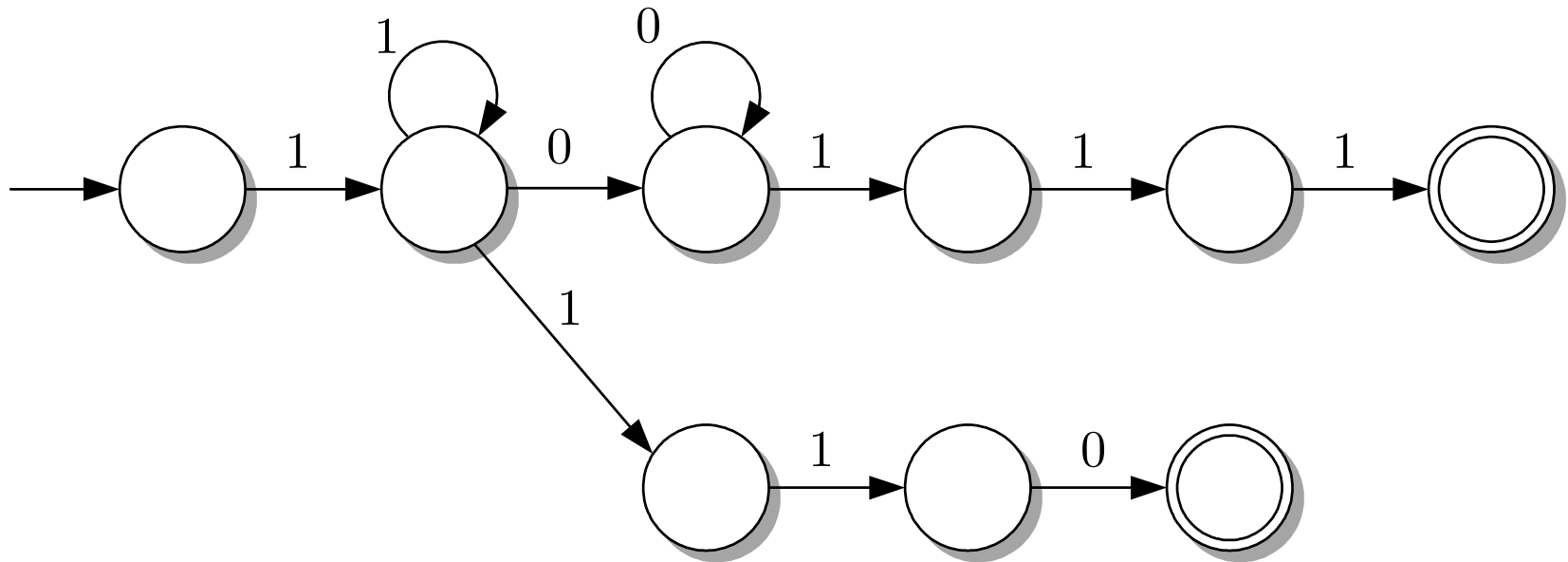


Abb. A.29. Automat, der die Sprache $11^*(00^*111 + 110)$ akzeptiert

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

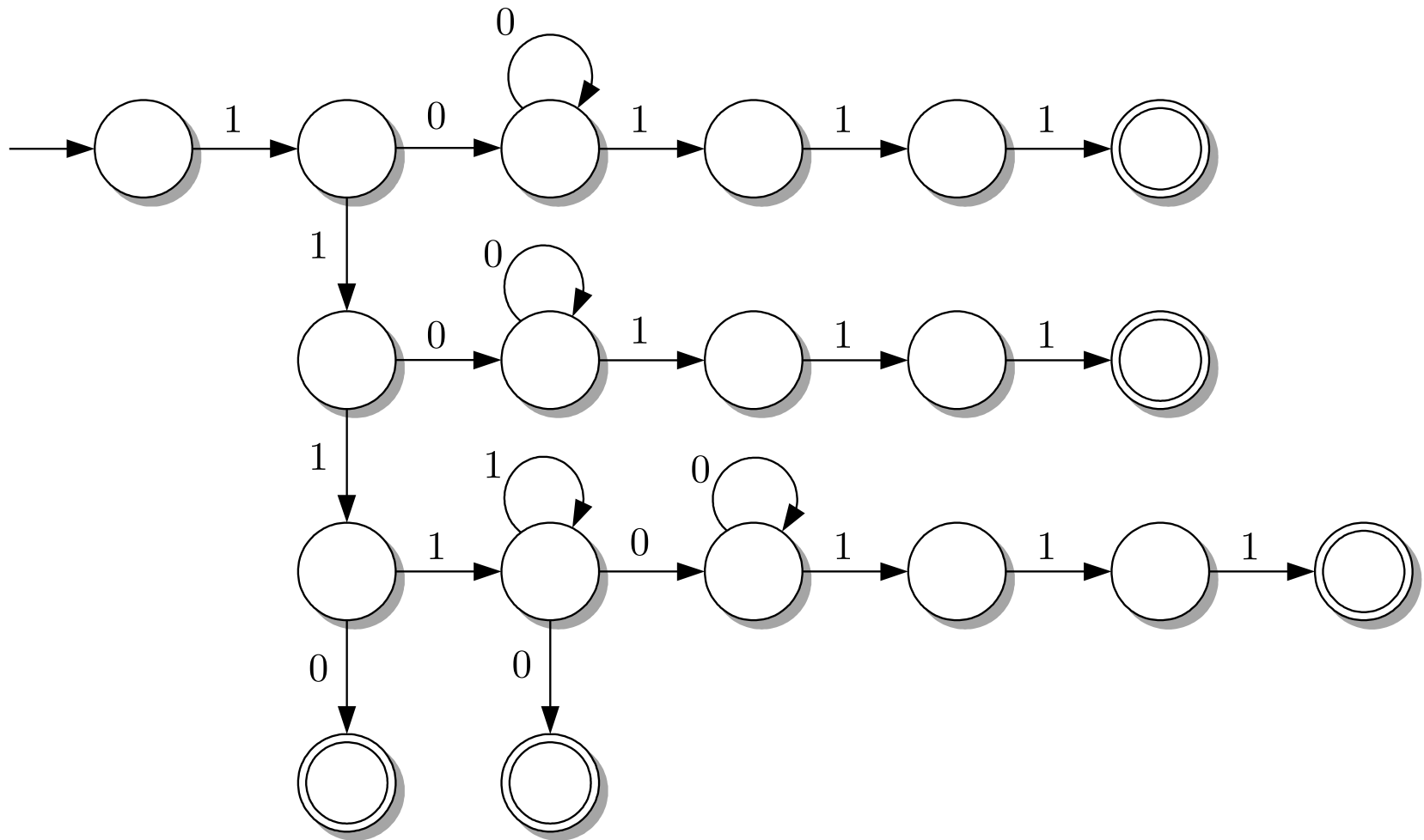


Abb. A.30. Deterministischer Automat, der die Sprache $11^*(00^*111 + 110)$ akzeptiert

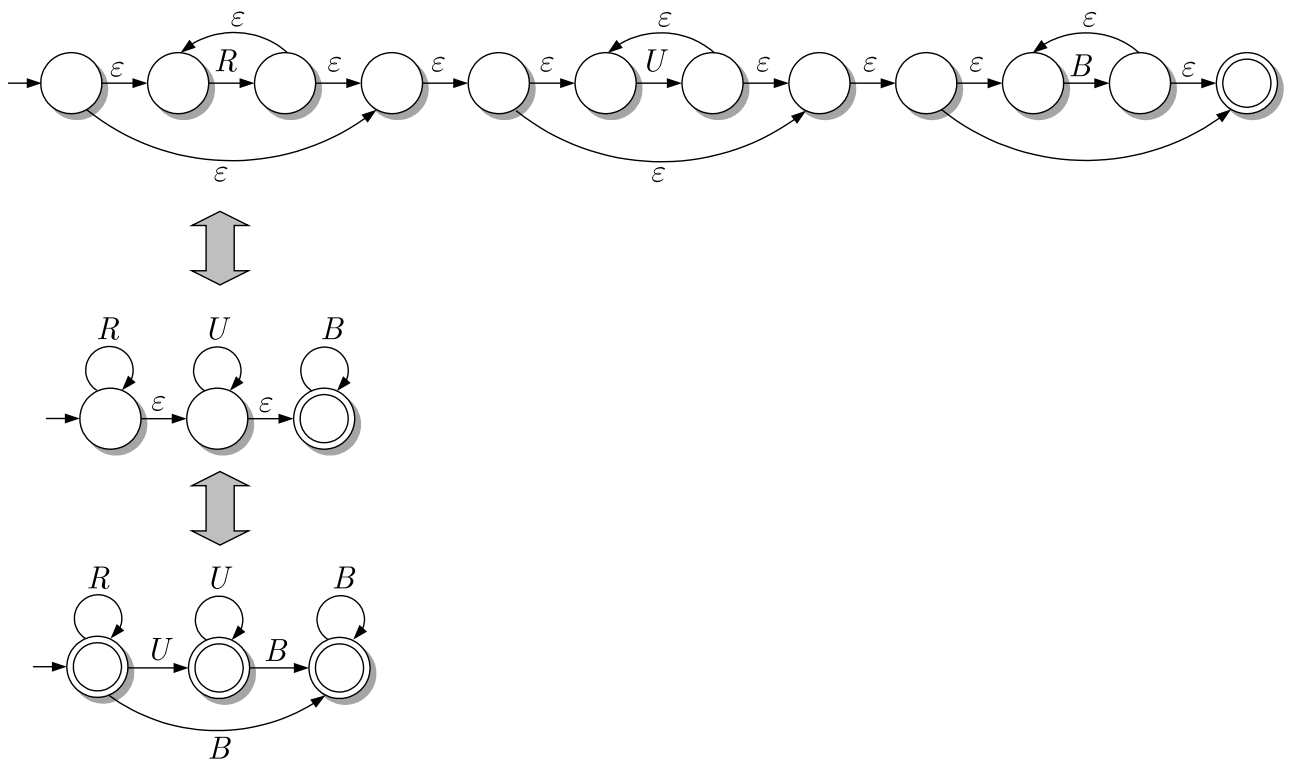


Abb. A.31: Akzeptoren der Sprache $R^*U^*B^*$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

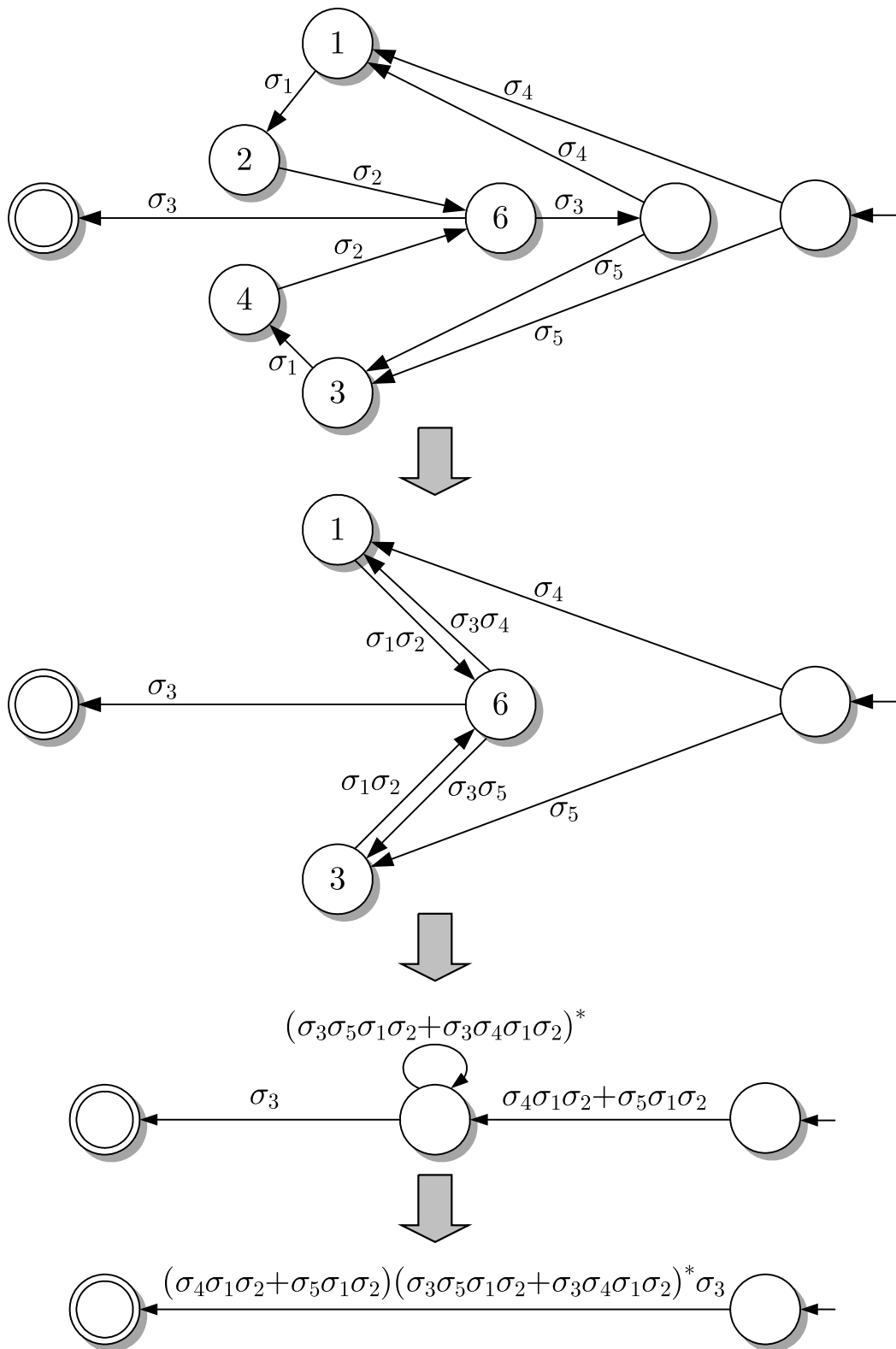


Abb. A.32. Schrittweise Ableitung der Sprache des Roboters

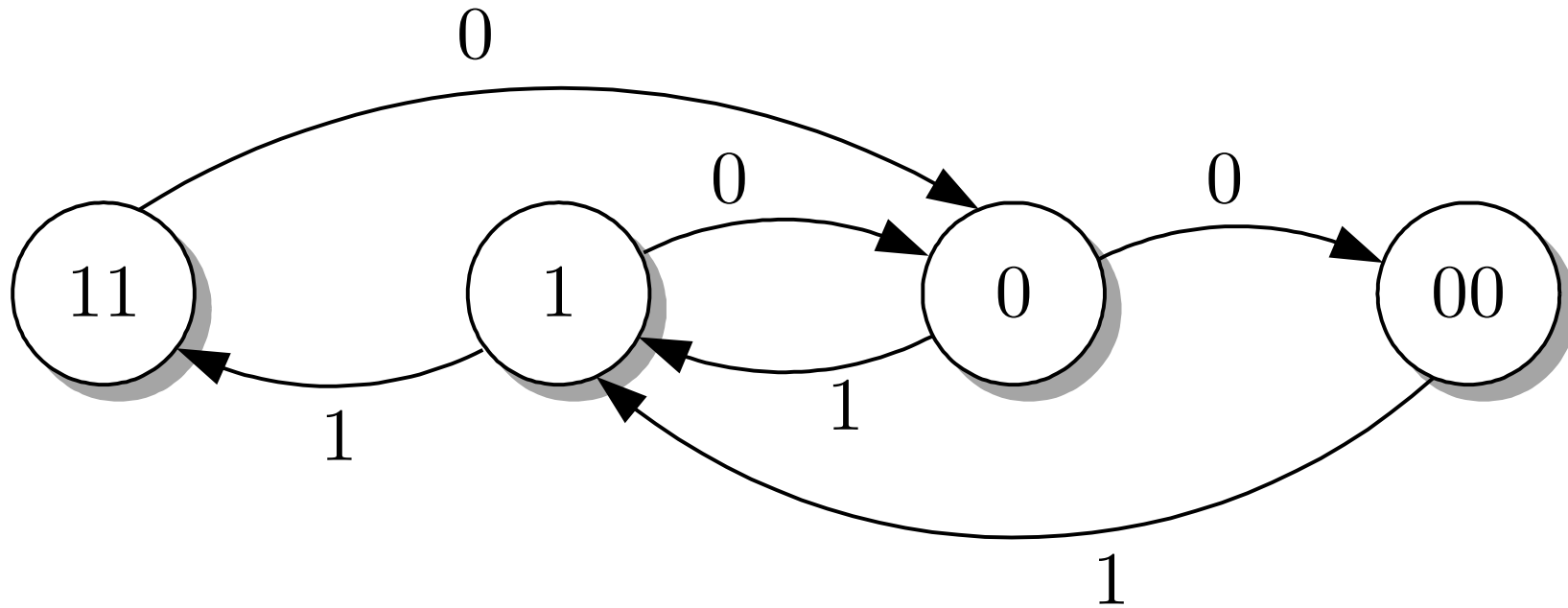


Abb. A.33. Ereignisdiskrete Beschreibung des Gleichspannungswandlers

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

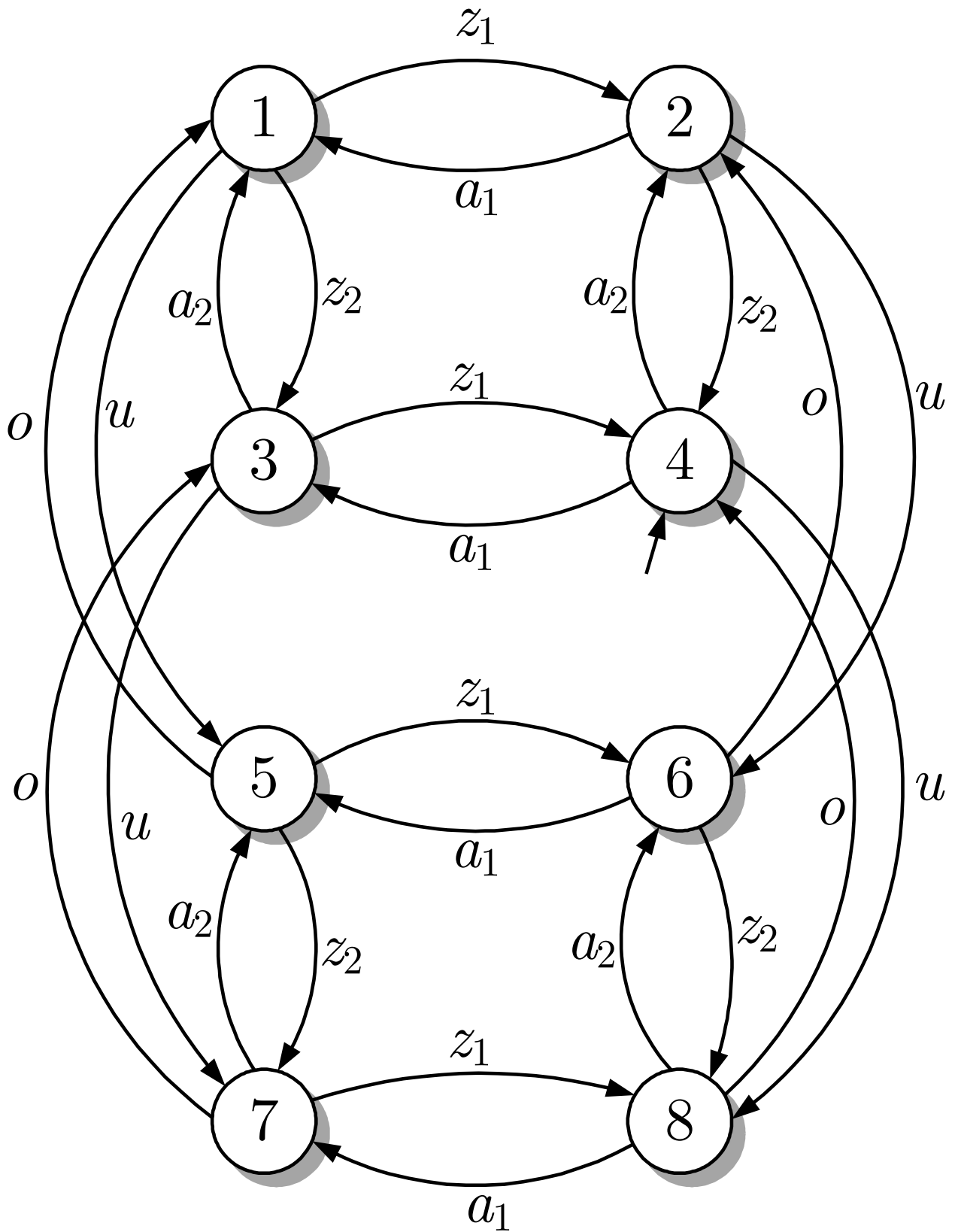


Abb. A.34: Modell, das sämtliche Bewegungsmöglichkeiten des Motors repräsentiert

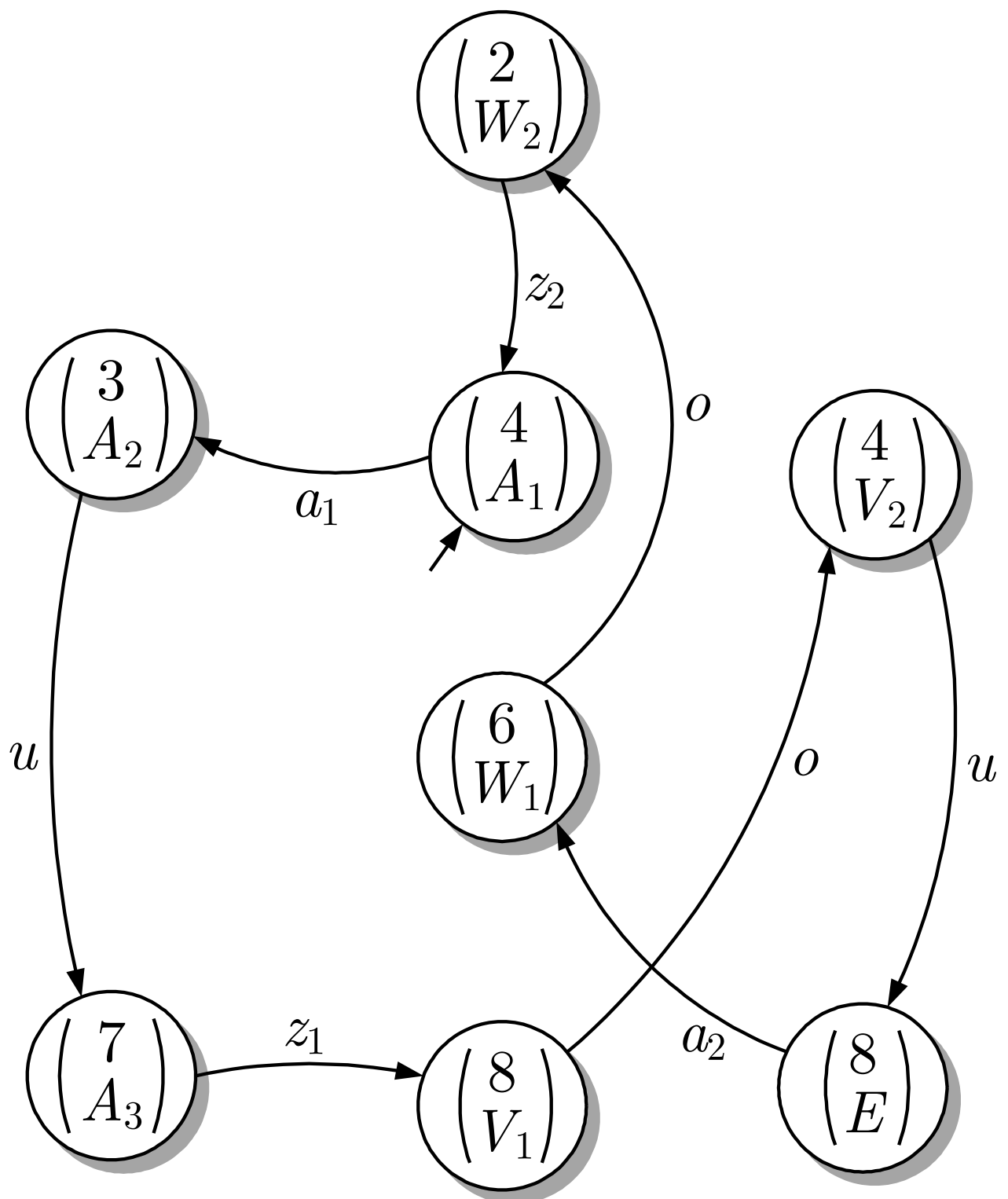


Abb. A.34: Produkt mit dem Spezifikationsautomaten aus Abb. A.35

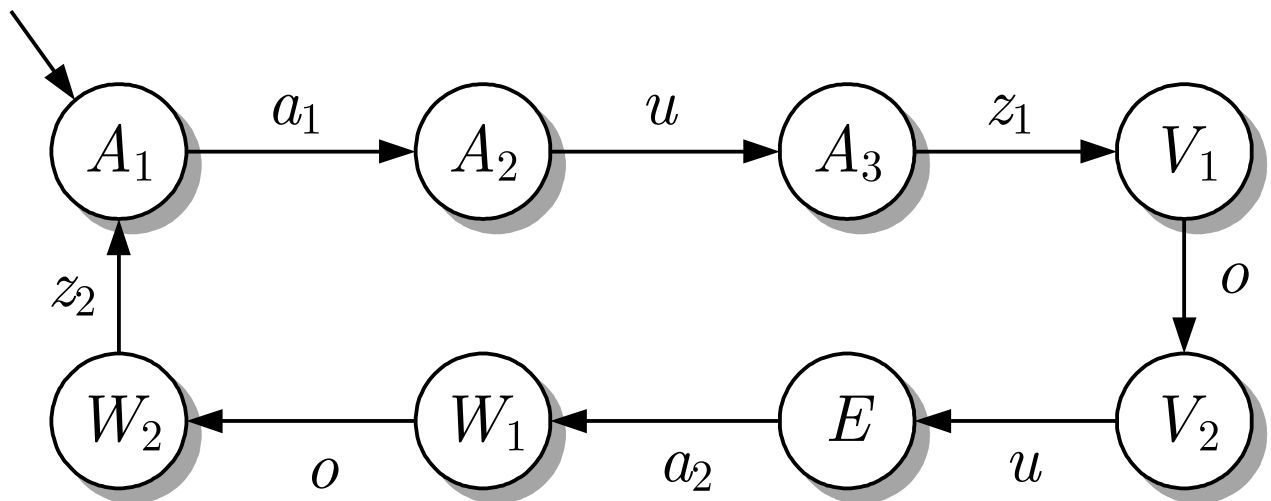


Abb. A.35: Darstellung der Wirkungsweise des Viertaktmotors durch einen Σ -Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

\mathcal{A}_R :

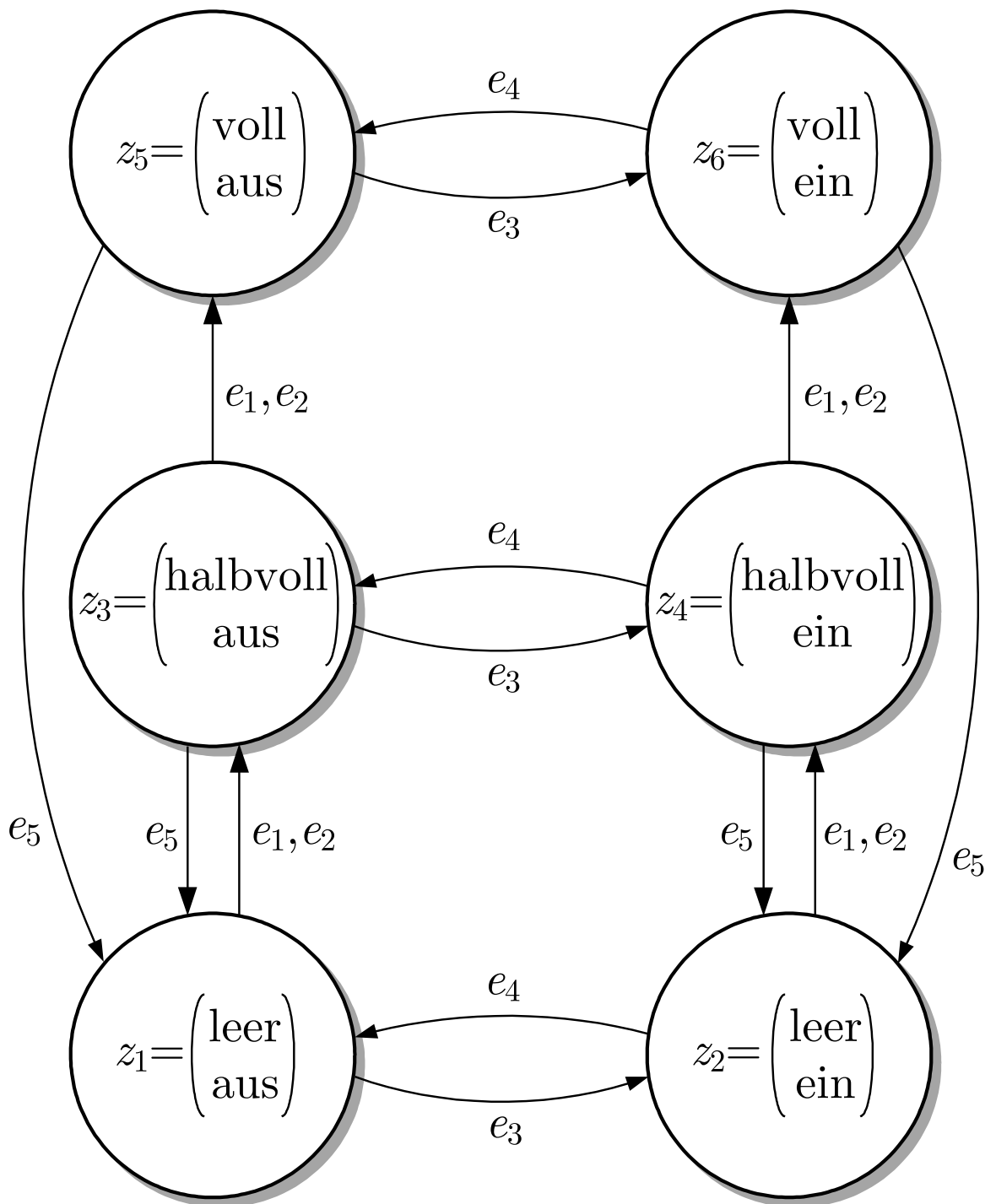


Abb. A.36: Verhalten des Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

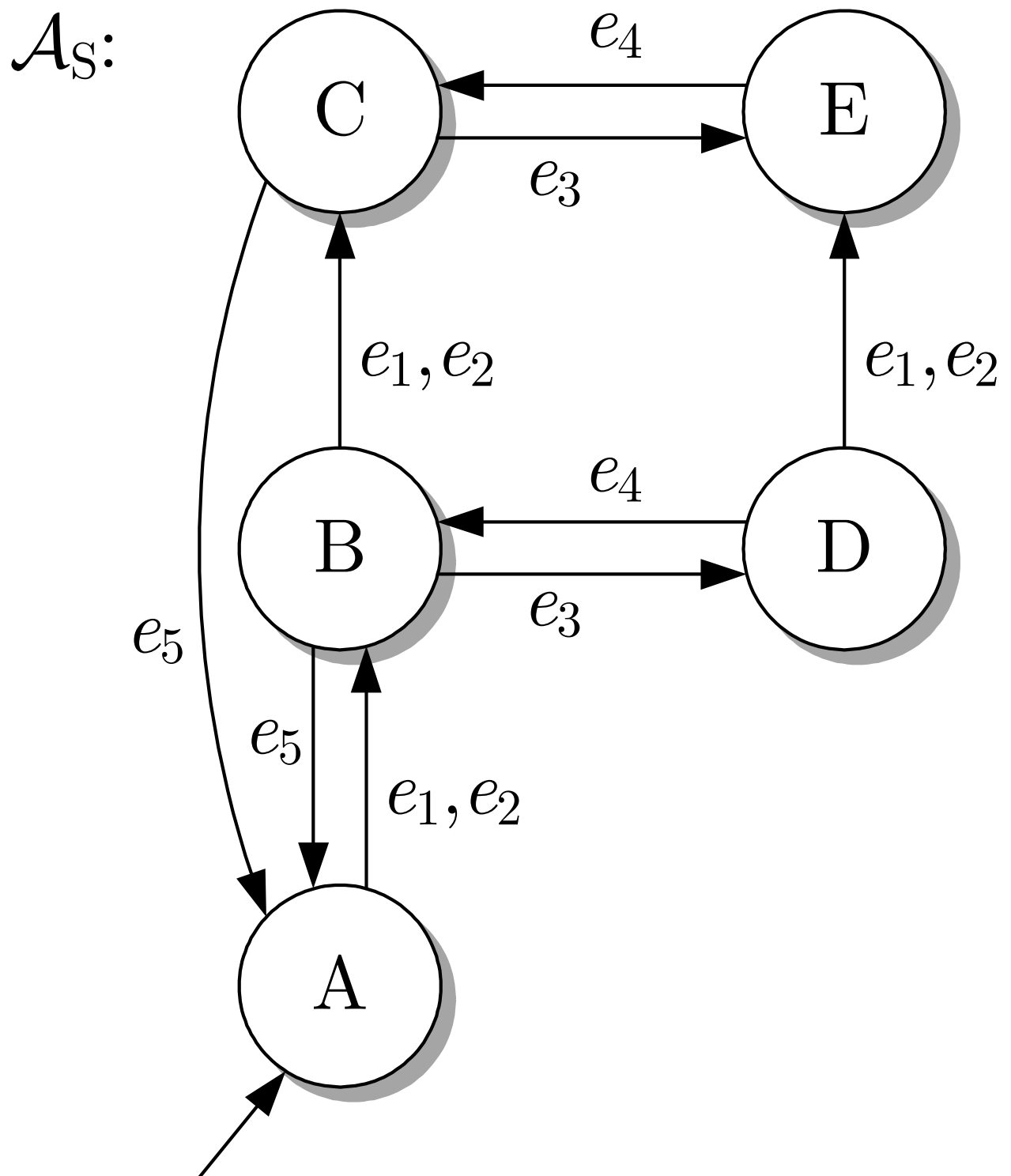


Abb. A.37: Automat \mathcal{A}_S , der das sichere Verhalten des Batchprozesses beschreibt

$\mathcal{A}_R \times \mathcal{A}_S:$

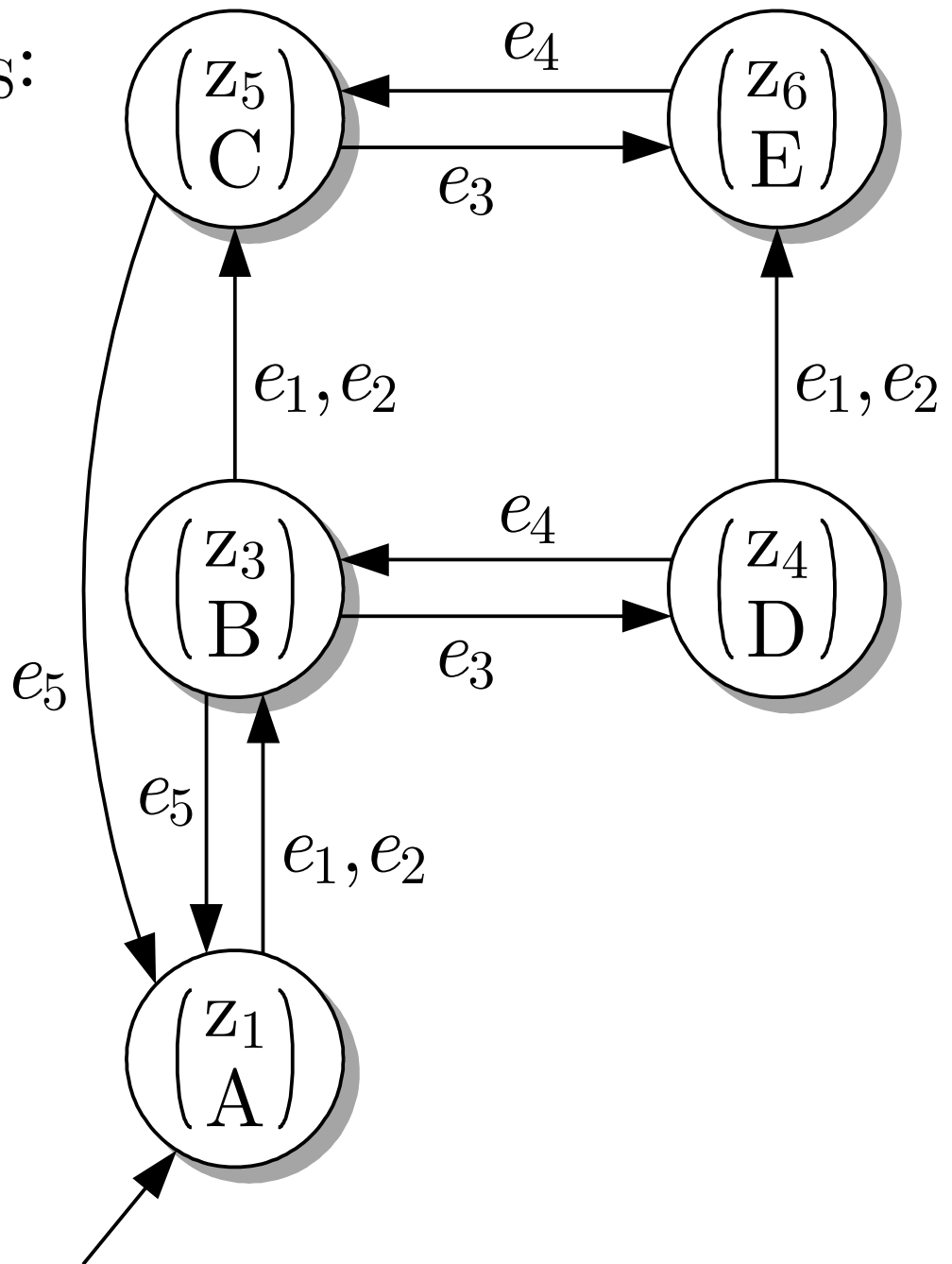


Abb. A.37: Produktautomat $\mathcal{A}_R \times \mathcal{A}_S$ (rechts)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

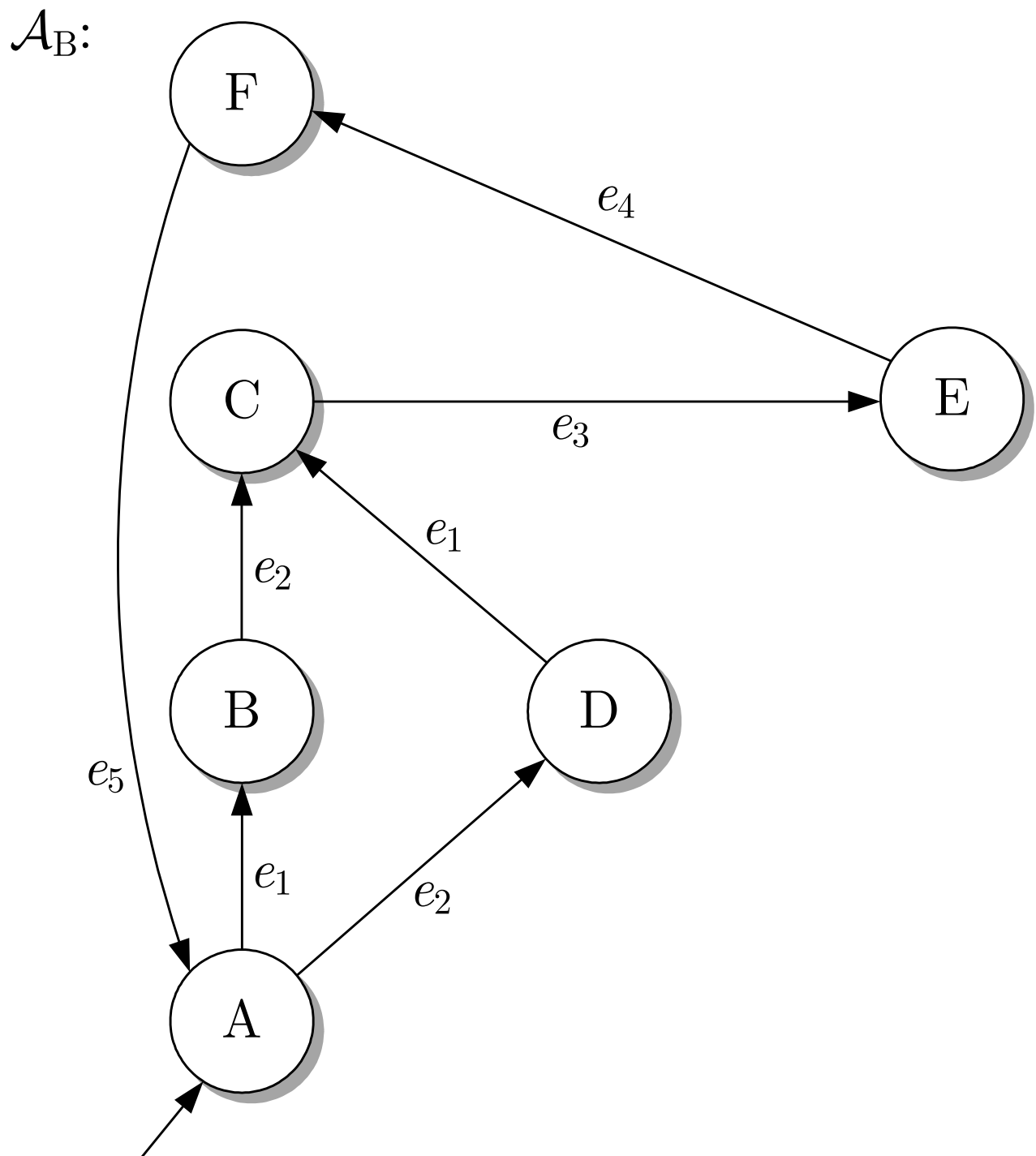
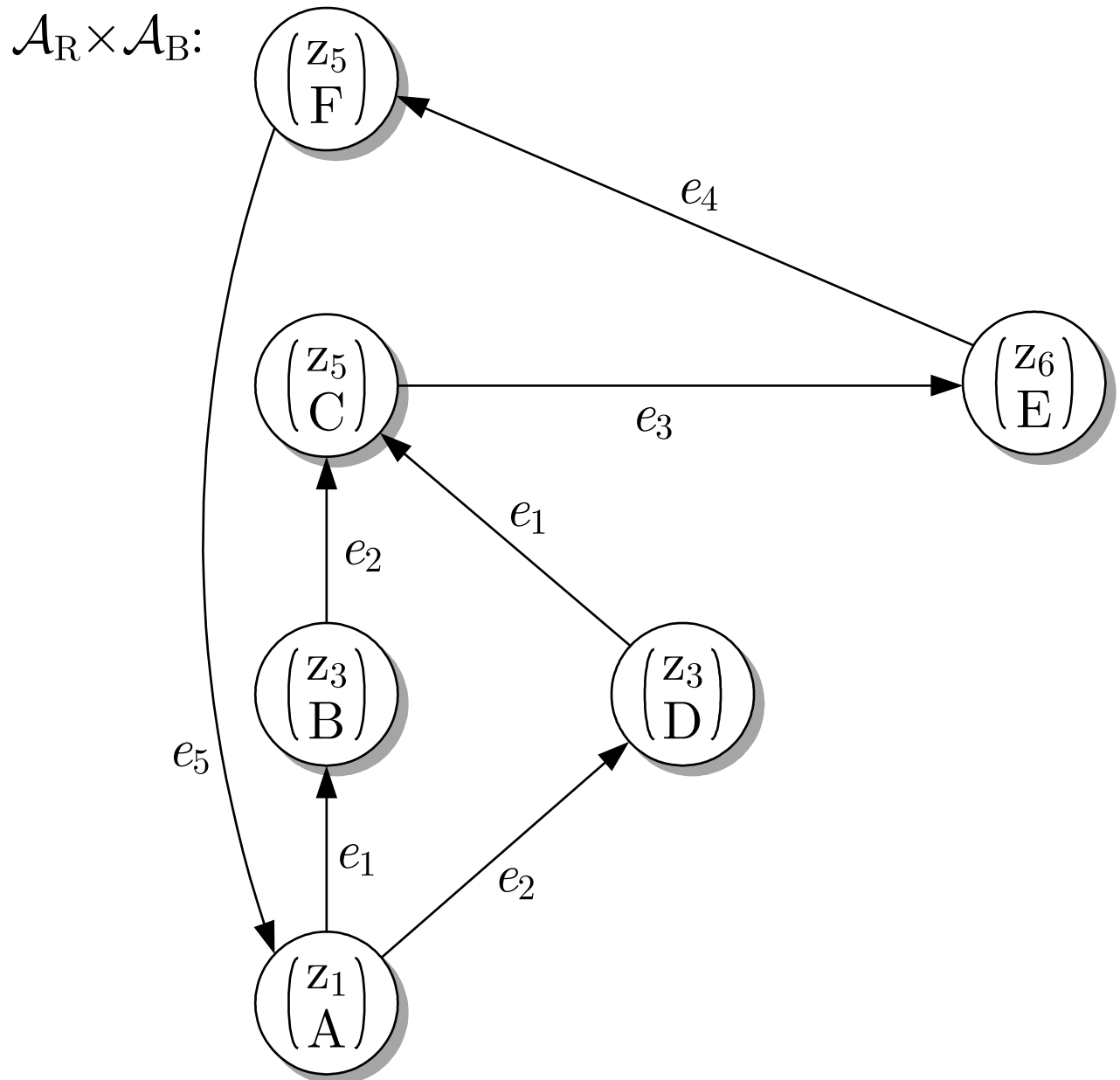


Abb. A.38: Gefordertes Verhalten des Batchprozesses (I)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. A.38: Gefordertes Verhalten des Batchprozesses
(II)**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

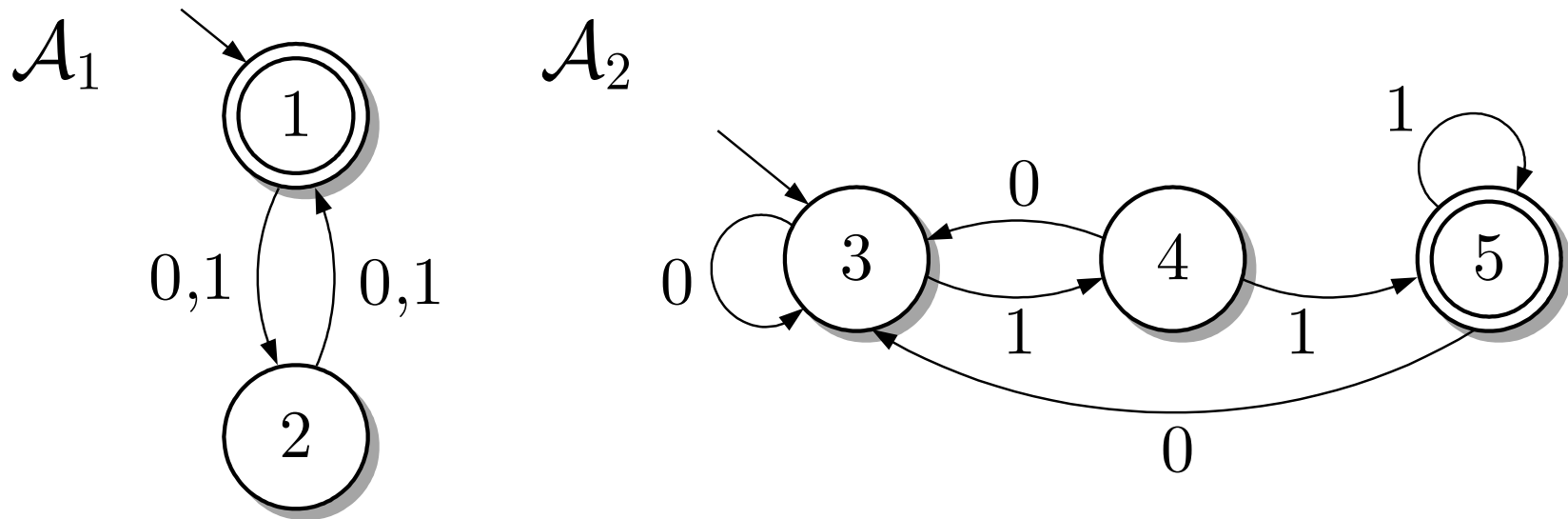


Abb. A.39. Akzeptoren der Sprachen \mathcal{L}_1 und \mathcal{L}_2

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

$\mathcal{A}_1 \times \mathcal{A}_2$

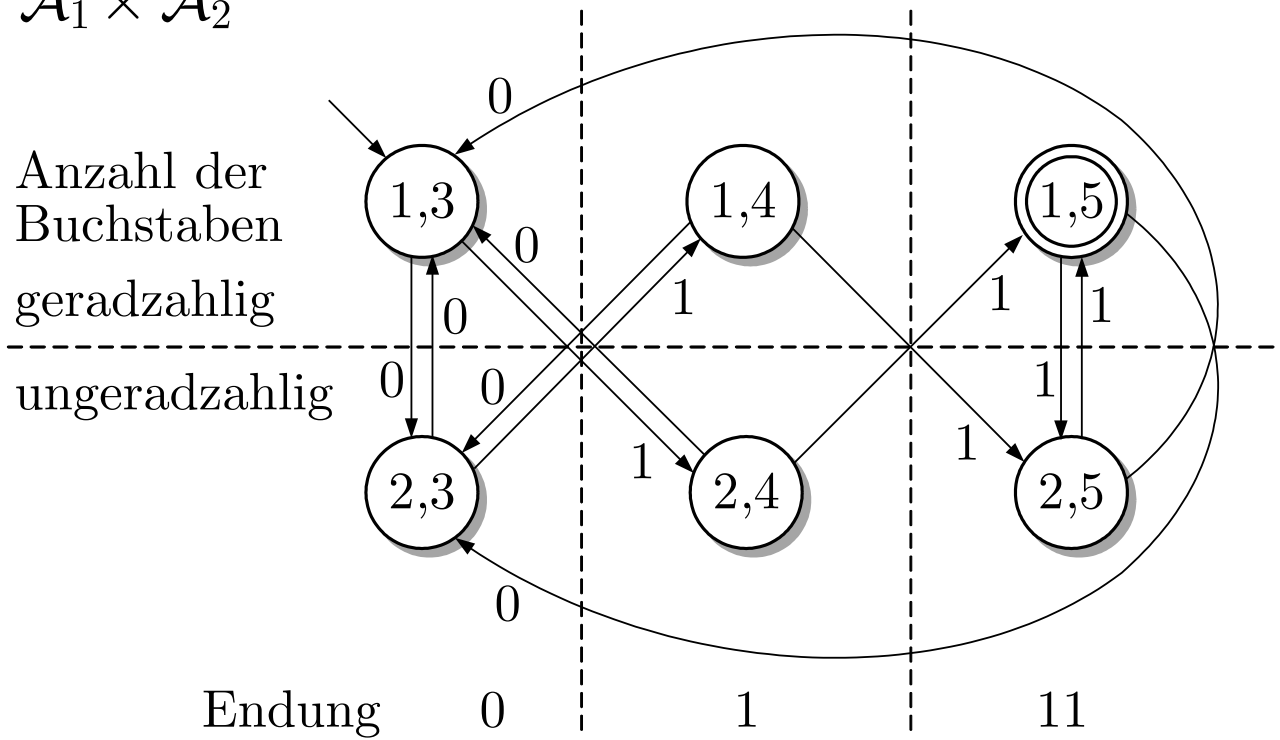


Abb. A.40: Akzeptor $\mathcal{A}_1 \times \mathcal{A}_2$ der Sprache $\mathcal{L}_1 \cap \mathcal{L}_2$

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

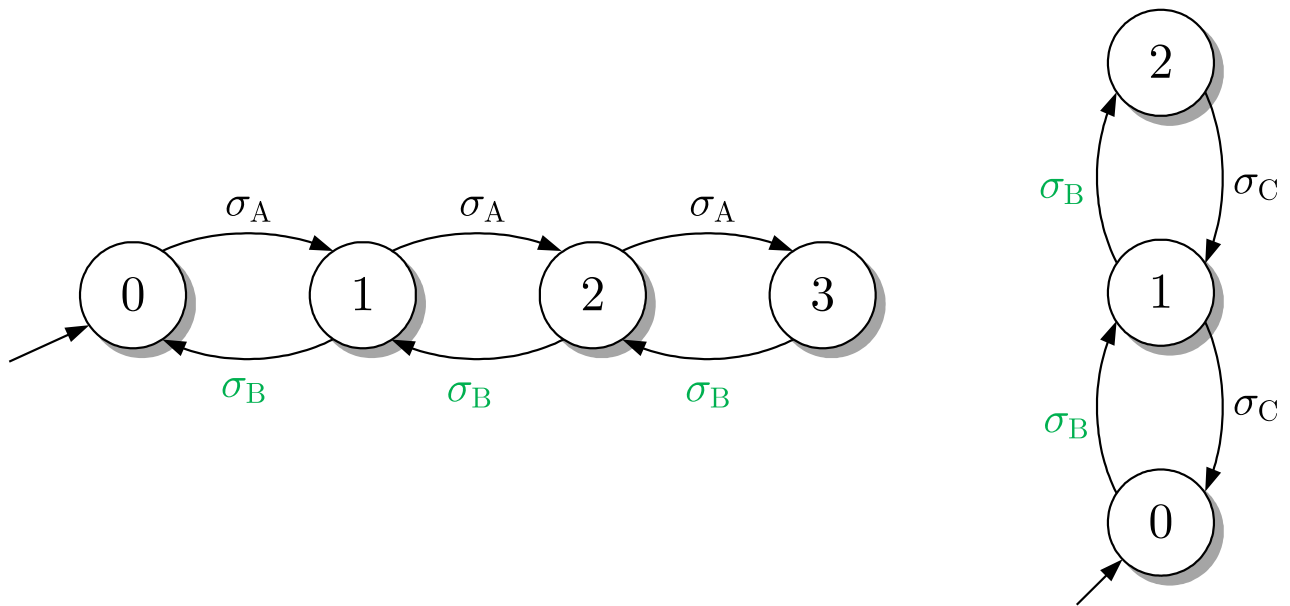


Abb. A.41: Automaten, die die beiden Werkzeugmaschinen mit Warteschlange getrennt voneinander beschreiben

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

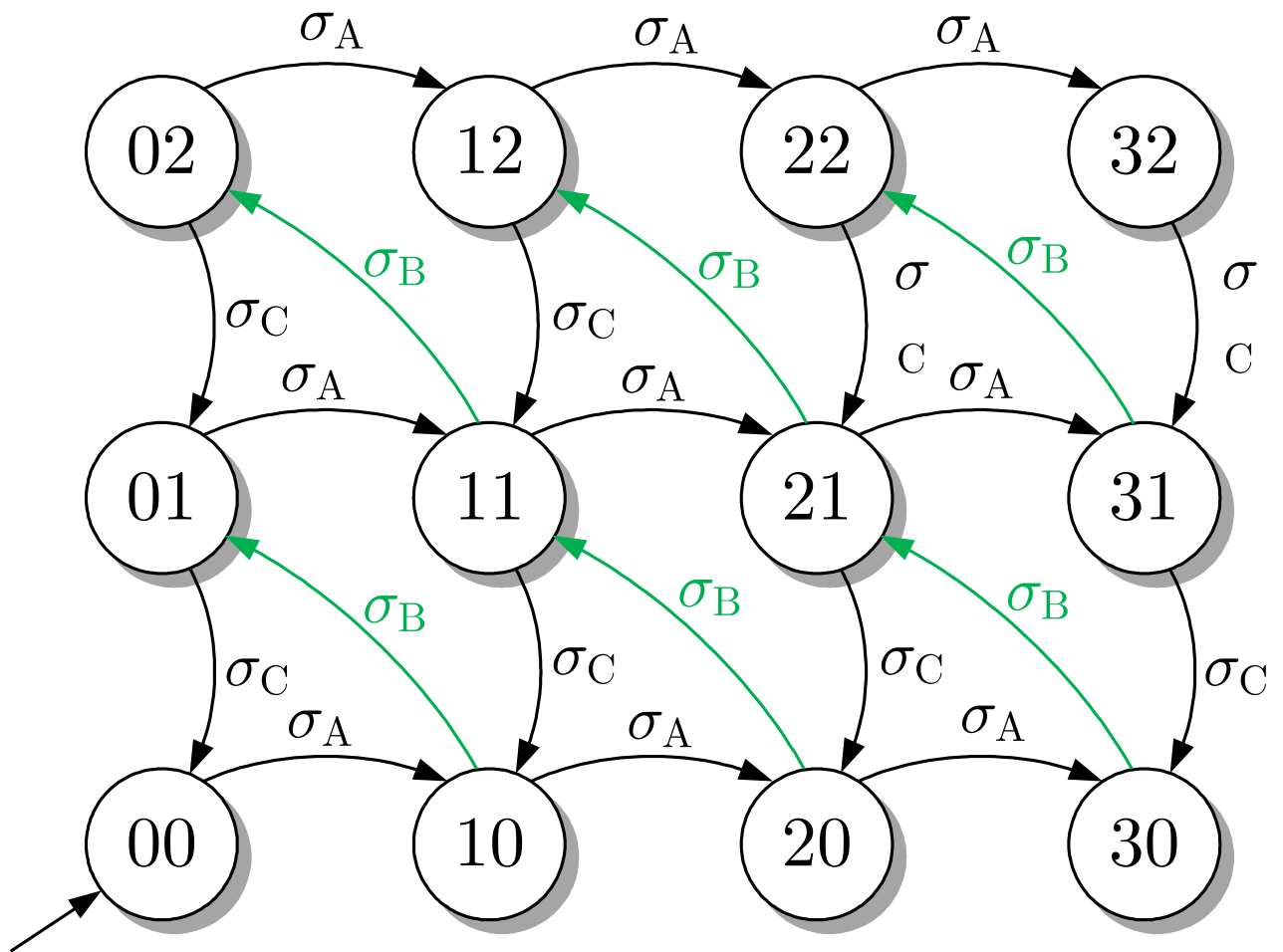
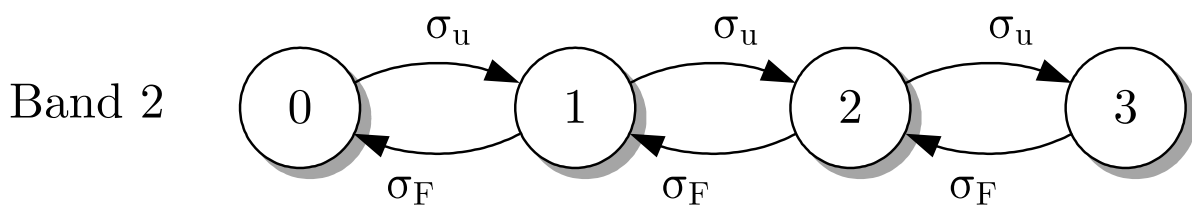
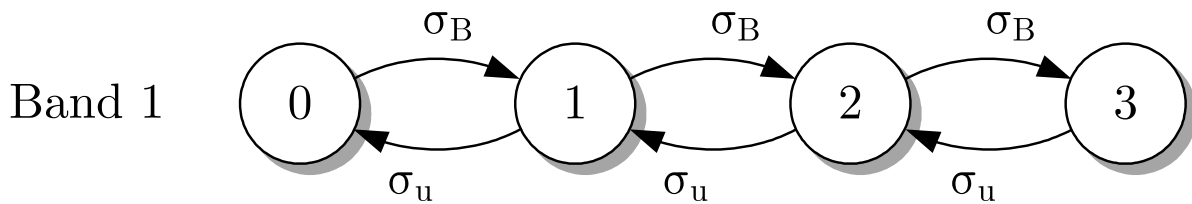


Abb. A.42: Automat, der die verkoppelten Werkzeugmaschinen beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



Parallele
Komposition

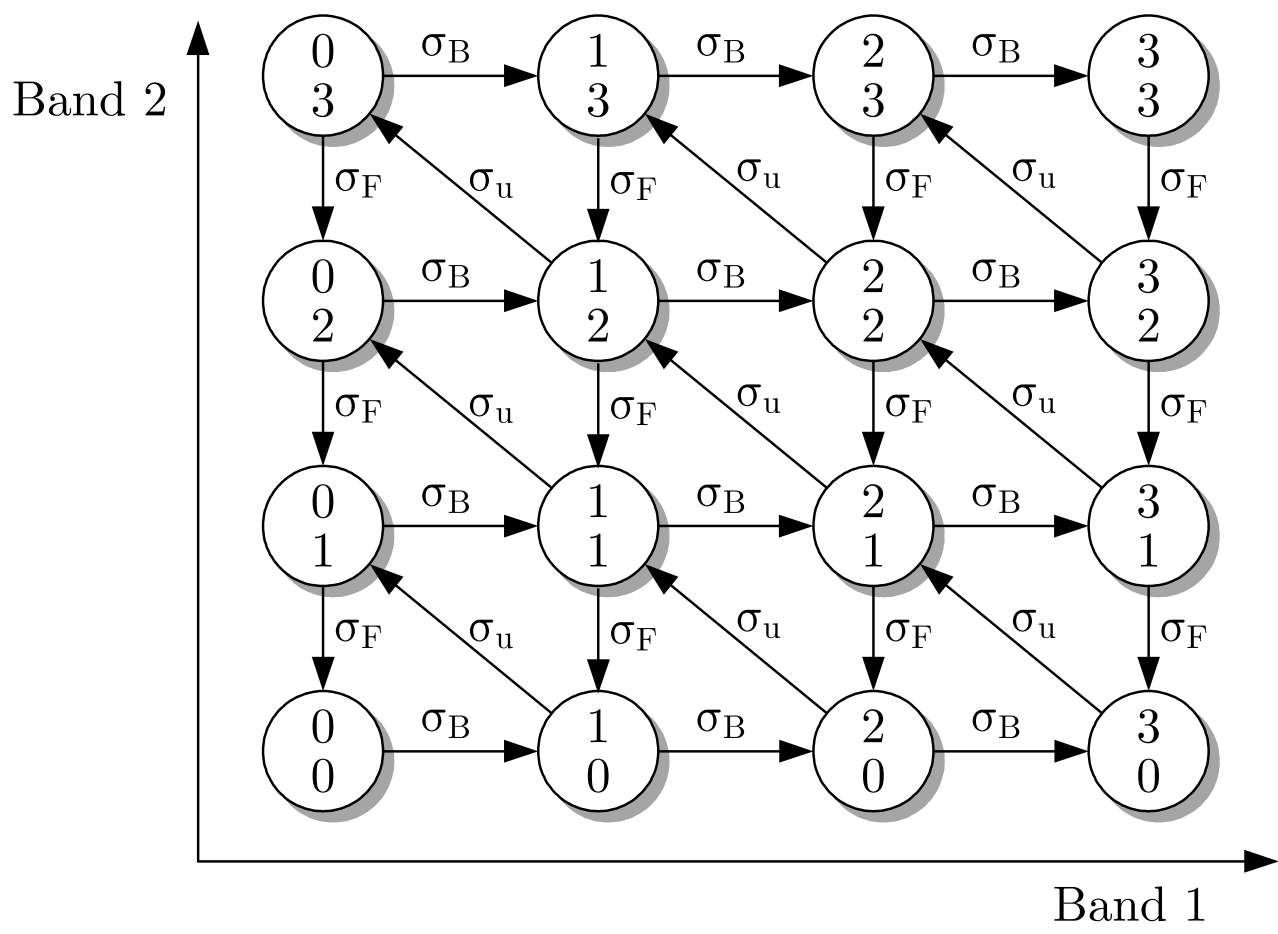


Abb. A.43: Modelle des Kofferbandes

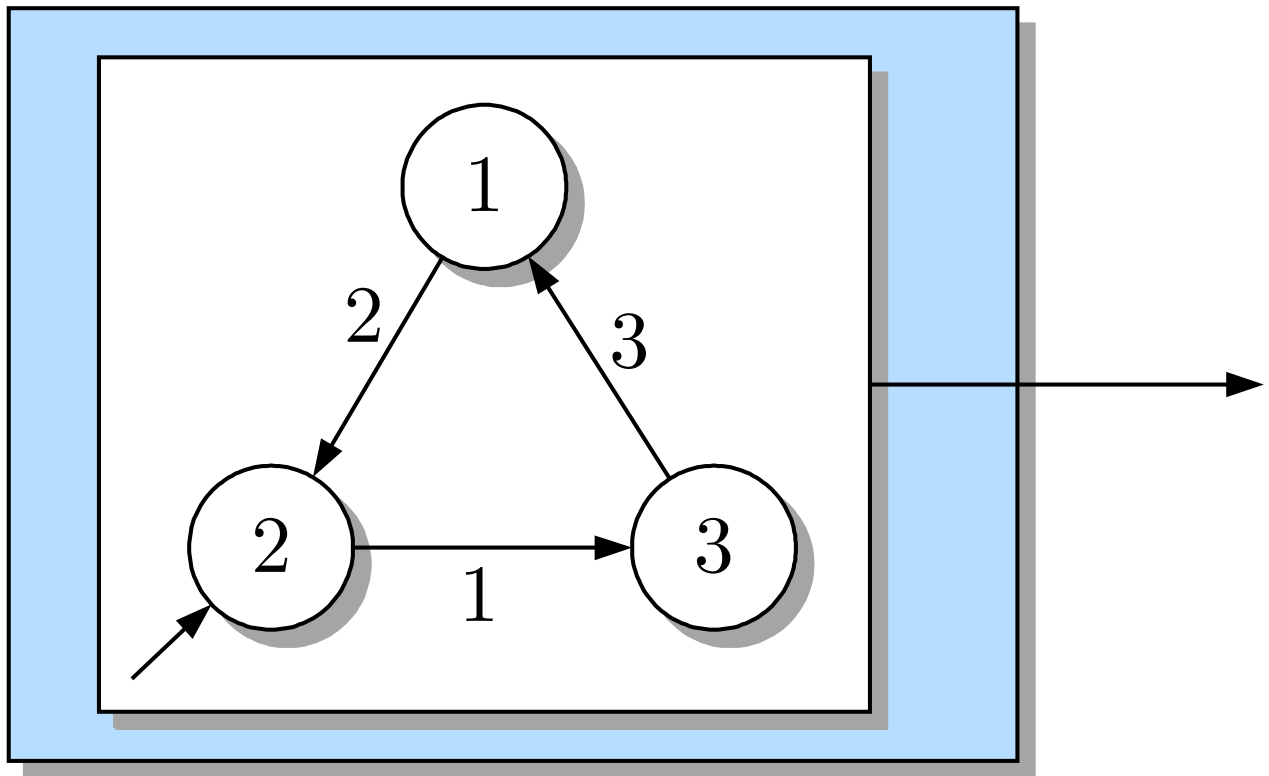


Abb. A.44: Rückführautomat

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

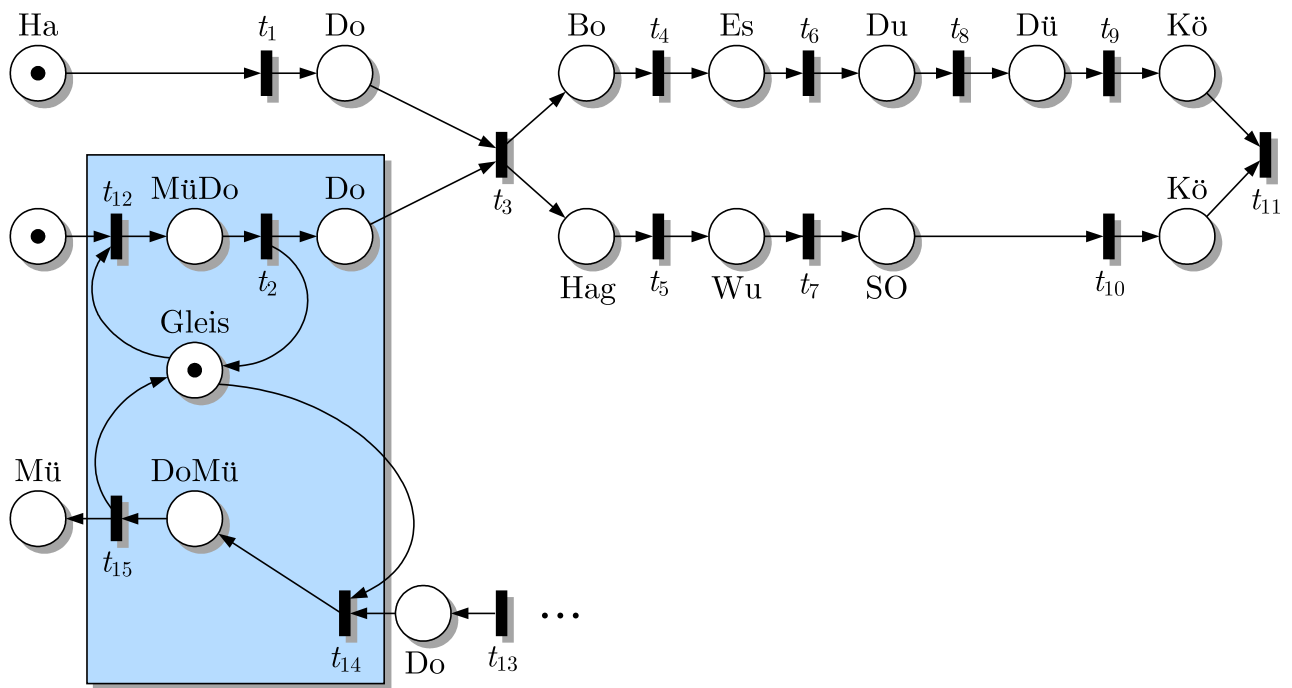


Abb. A.45: Petrinetz für die Beschreibung des Bahnverkehrs für beide Fahrtrichtungen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

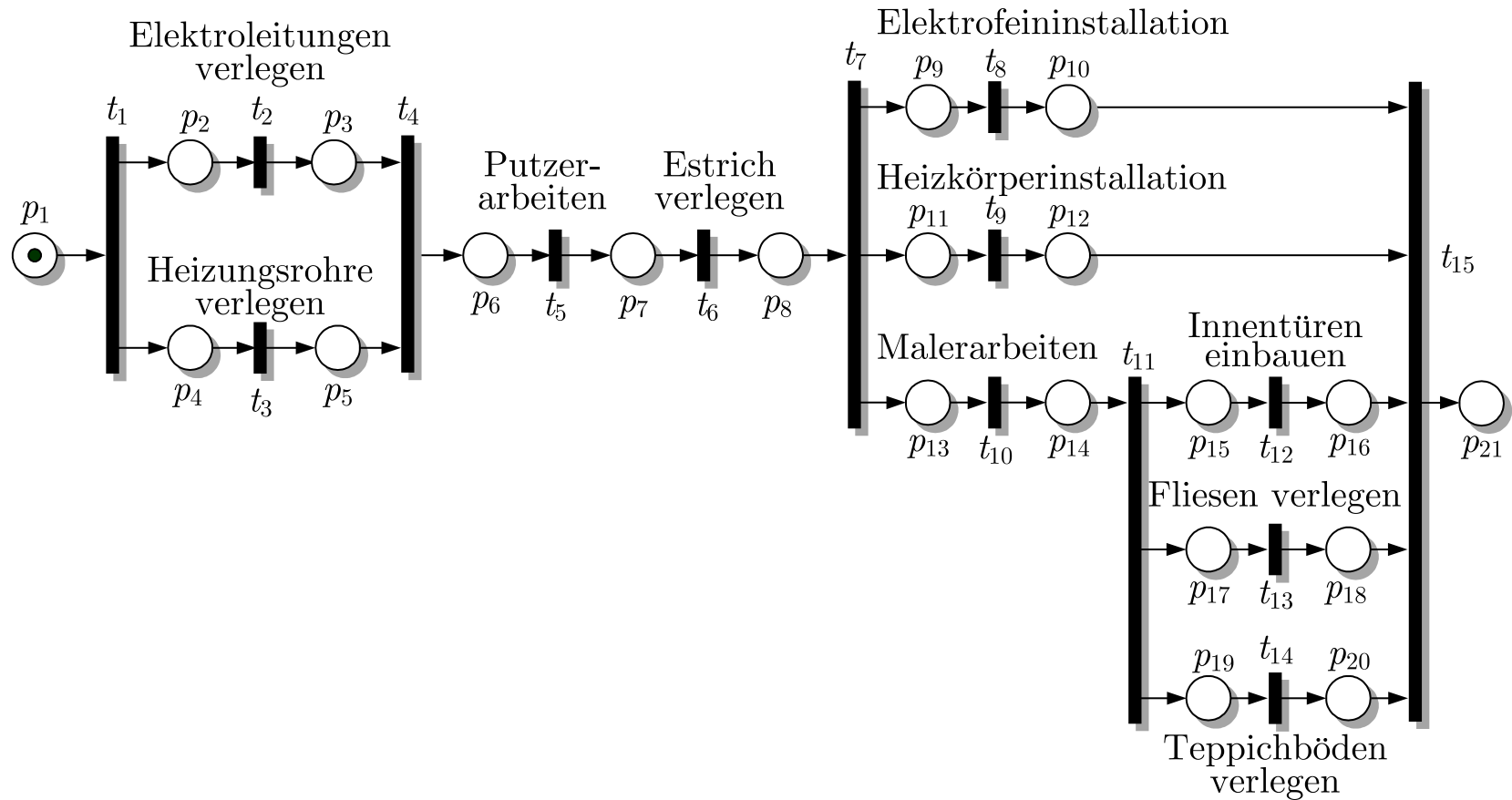
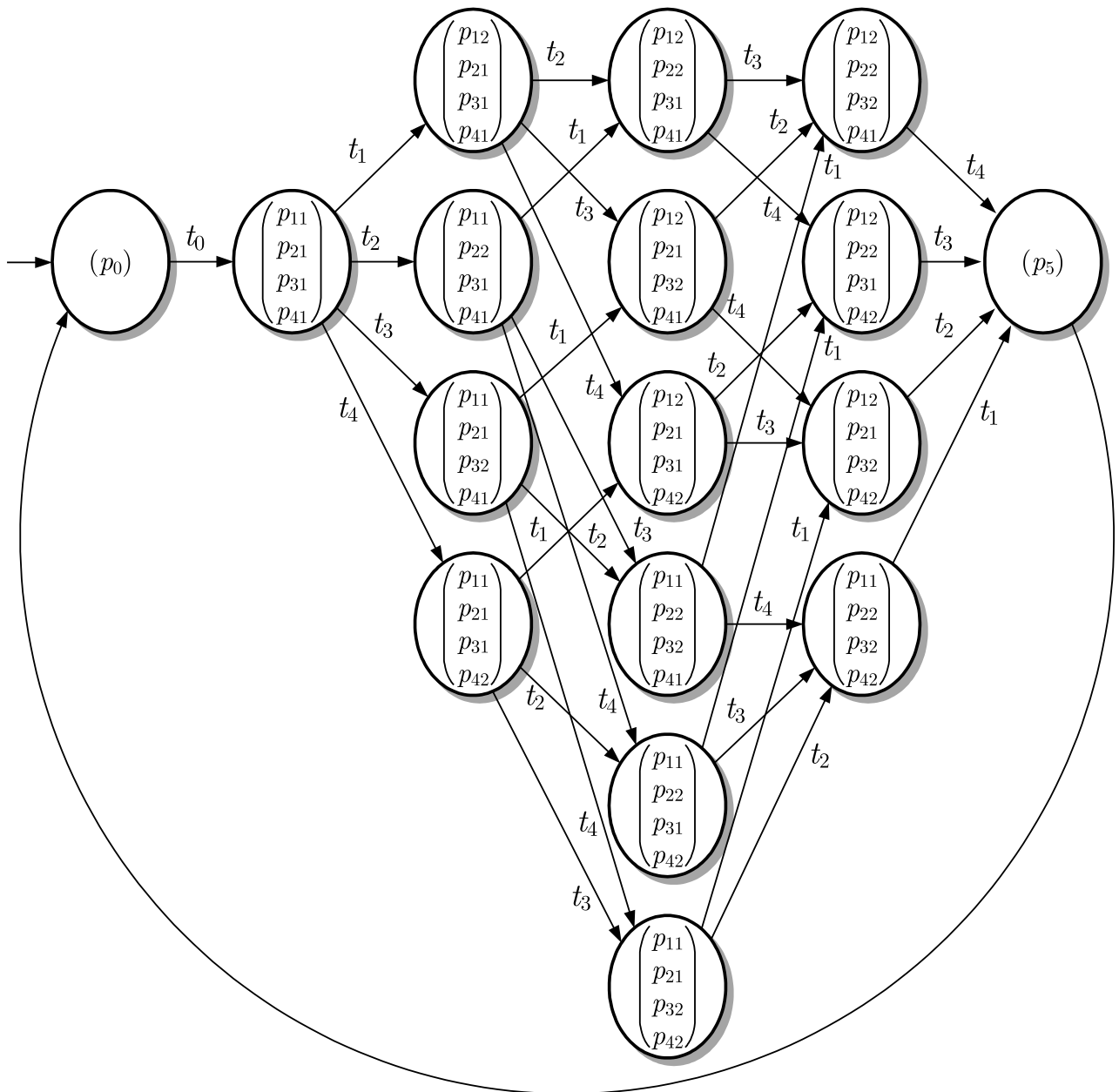


Abb. A.46. Petrinetz, das die Gewerkefolge beim Innenausbau eines Hauses beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017



**Abb. A.47: Erreichbarkeitsgraph des Petrinetzes aus
Abb. 6.2**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

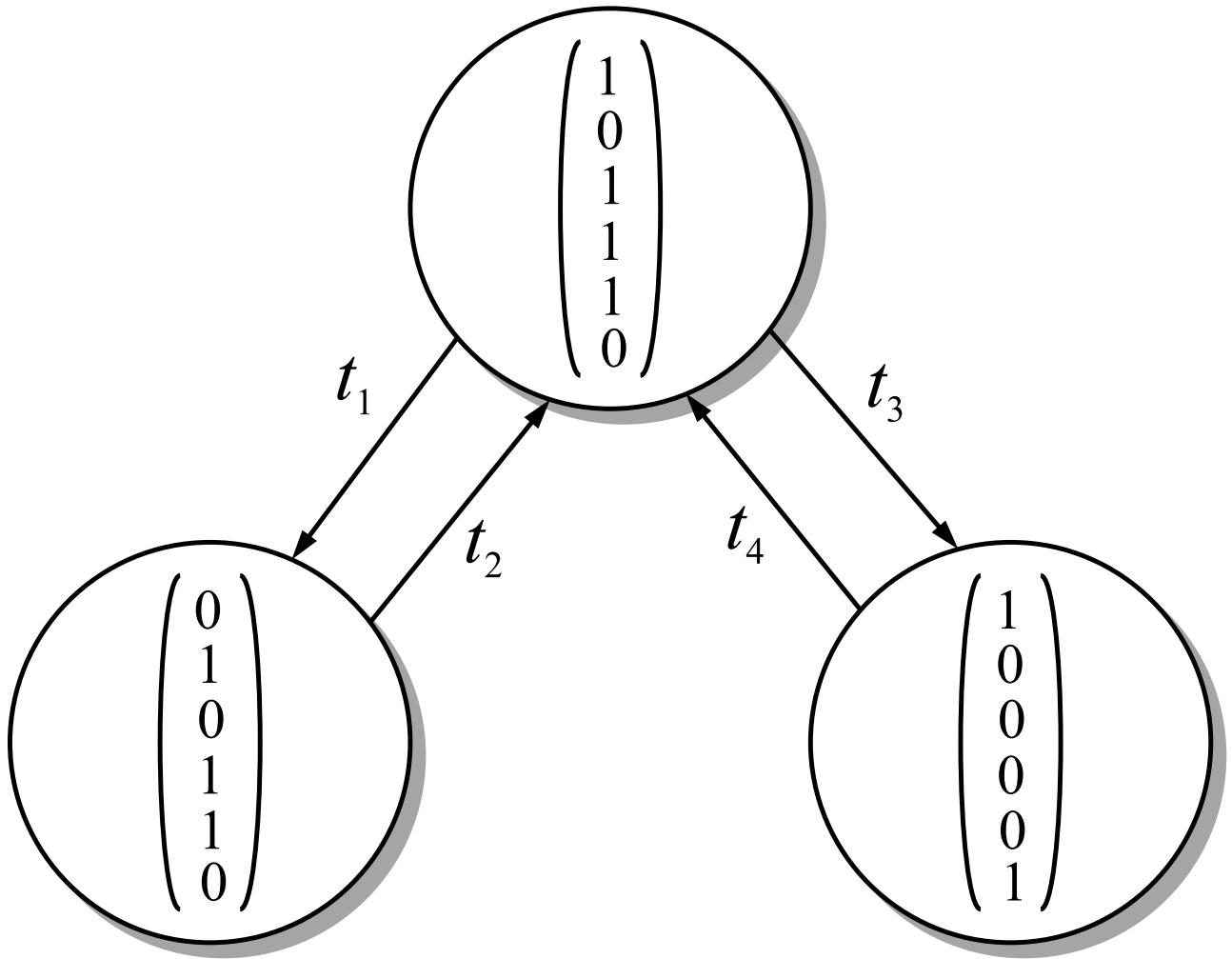


Abb. A.48: Erreichbarkeitsgraph des dargestellten Petrinetzes

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

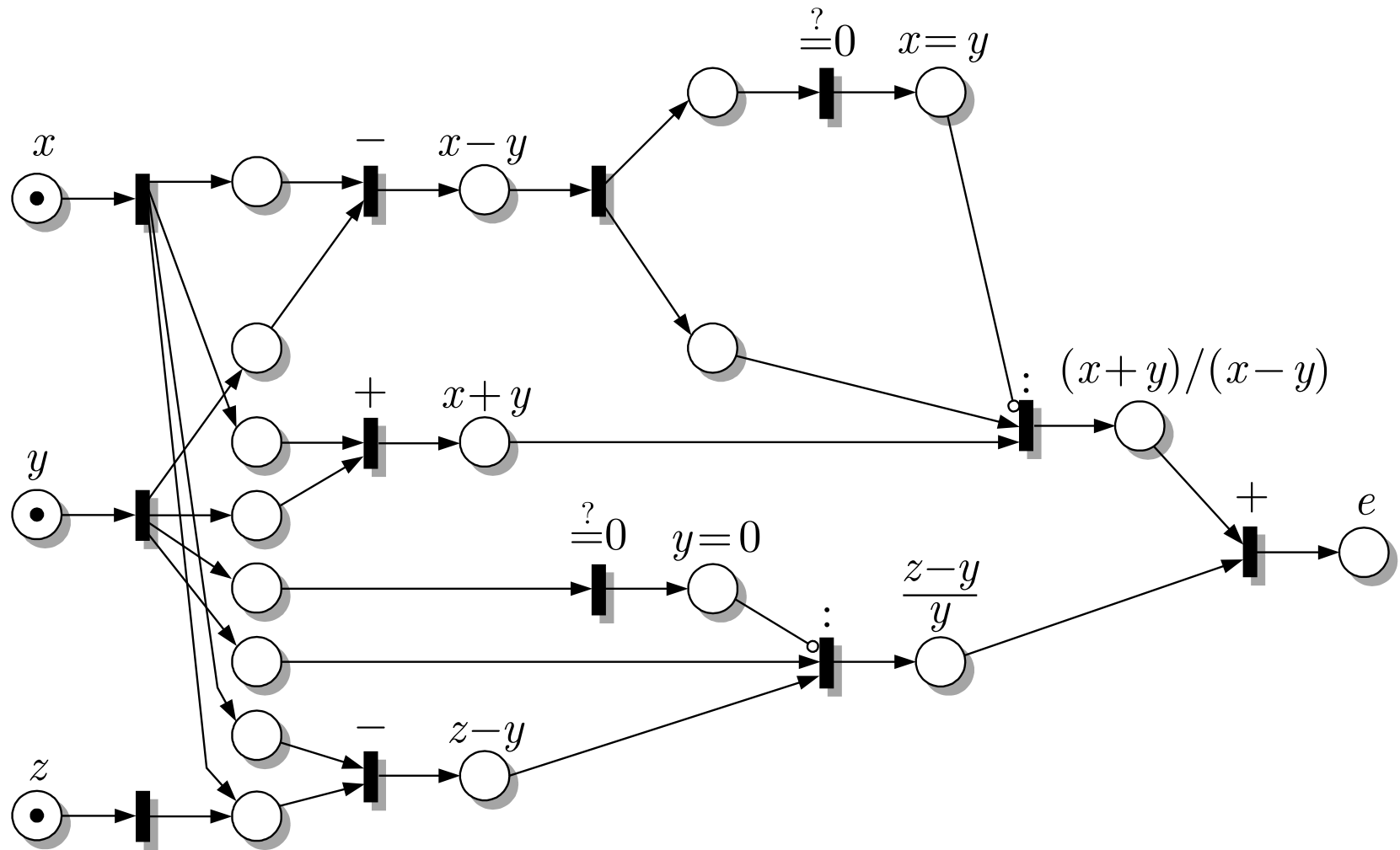


Abb. A.49. Darstellung des Datenflusses für die gegebene arithmetische Aufgabe

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

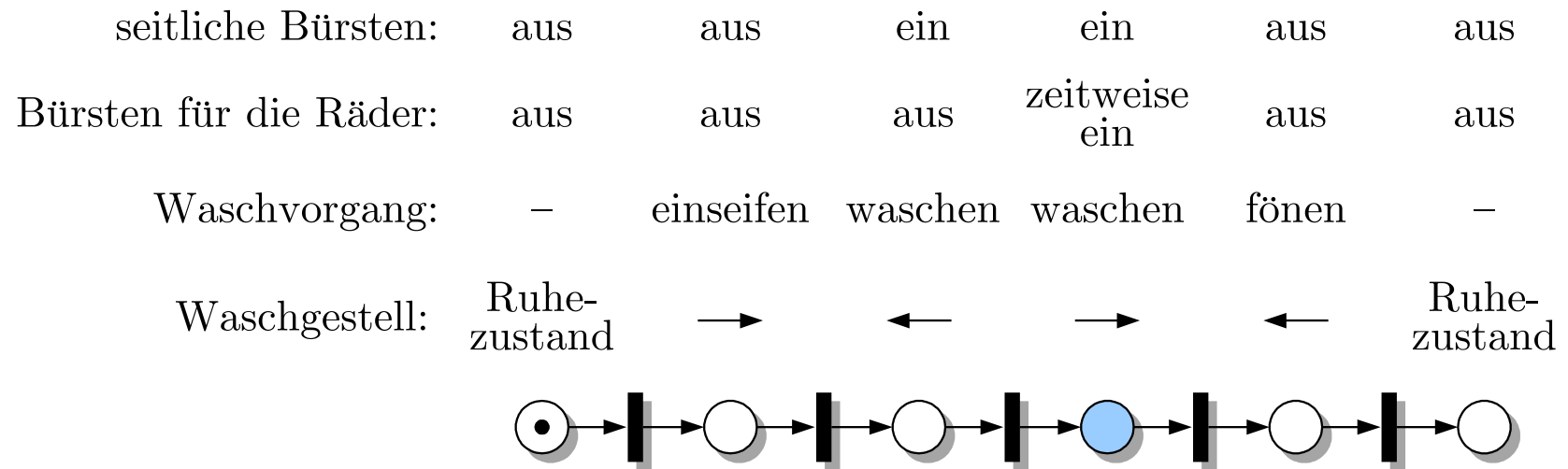


Abb. A.50. Beschreibung des gesamten Waschvorgangs

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

seitliche Bürsten:	ein	ein	ein	ein	ein
Bürsten für die Räder:	aus	↓ ↑	ein	↑ ↓	aus
Waschvorgang:	Karosserie	–	Räder	–	Karosserie
Waschgestell:	→	–	–	–	→

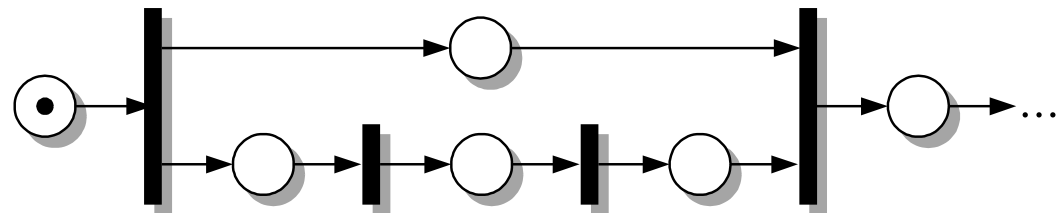


Abb. A.51. Detaillierte Beschreibung des dritten Schrittes

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

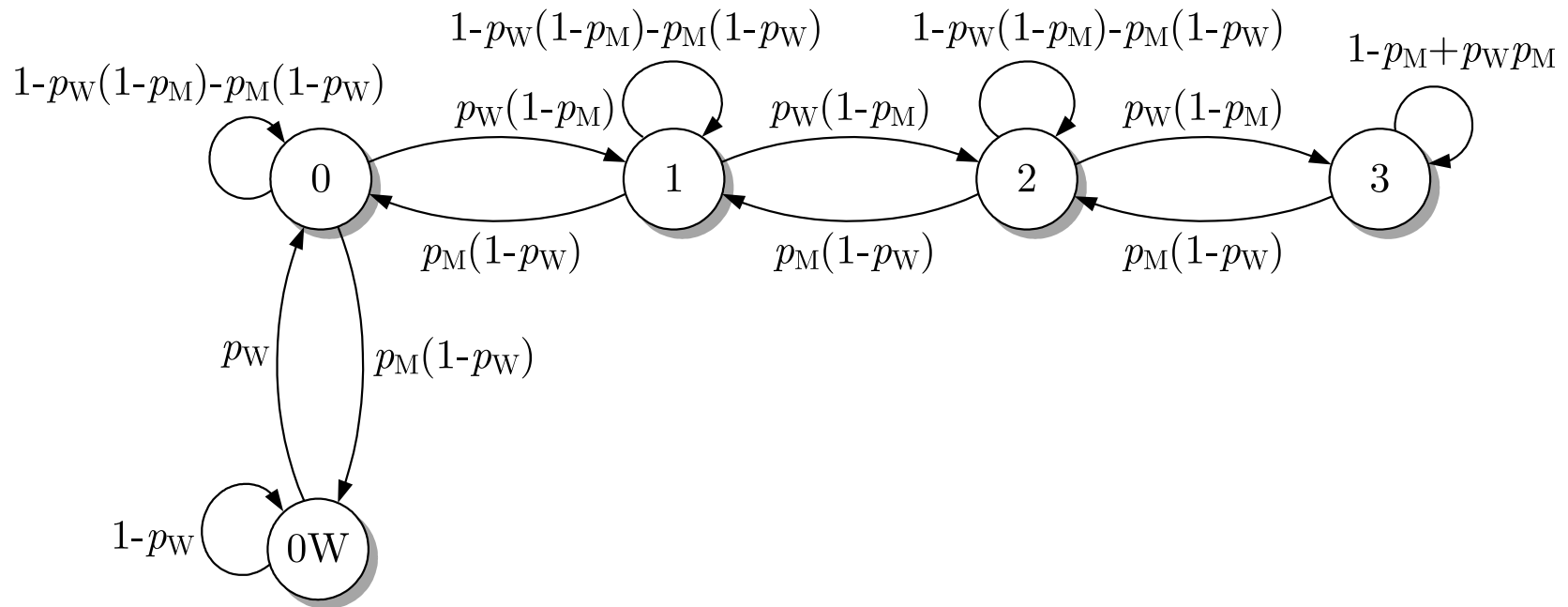


Abb. A.52. Erweitertes Warteschlangenmodell

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

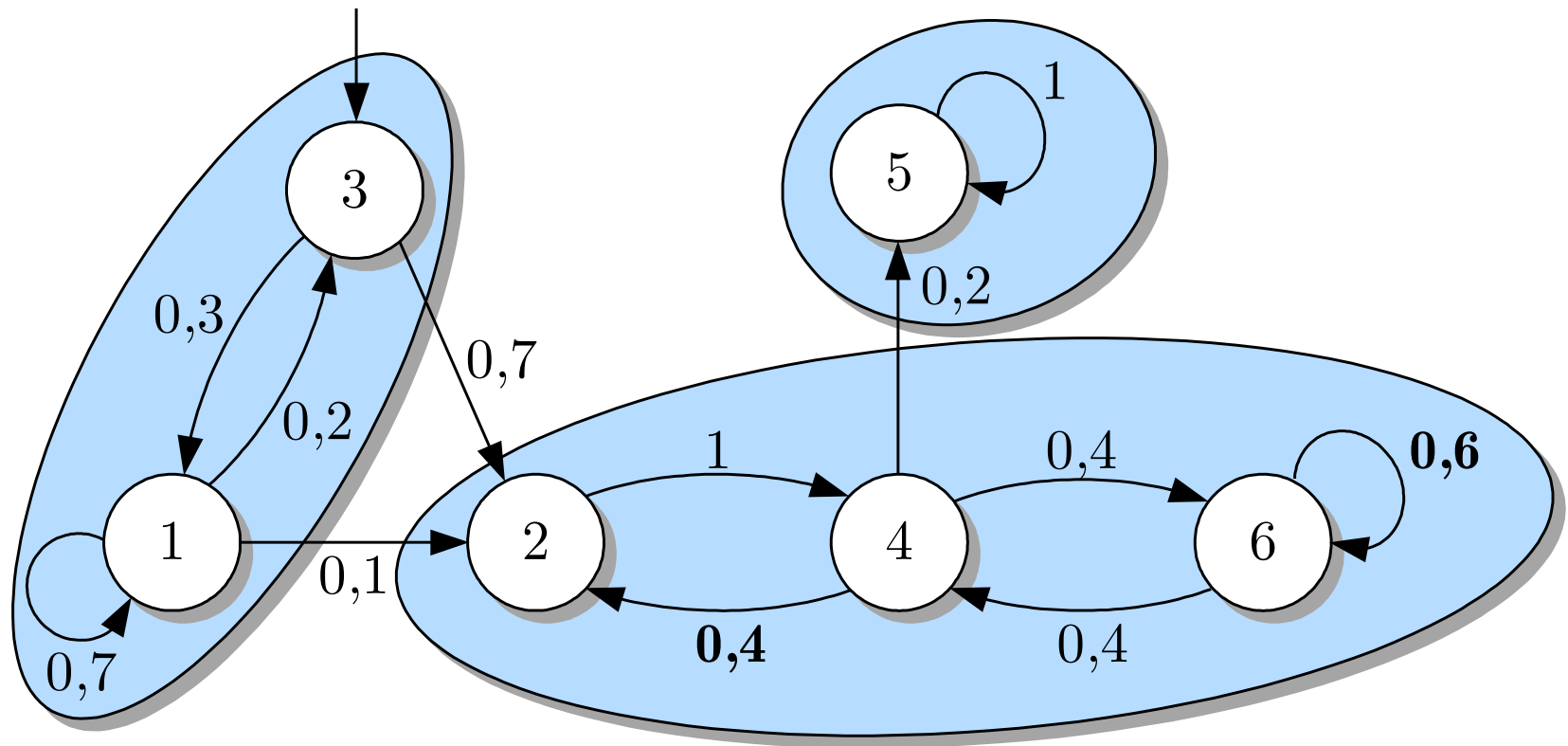


Abb. A.54. Eine Markovkette!

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

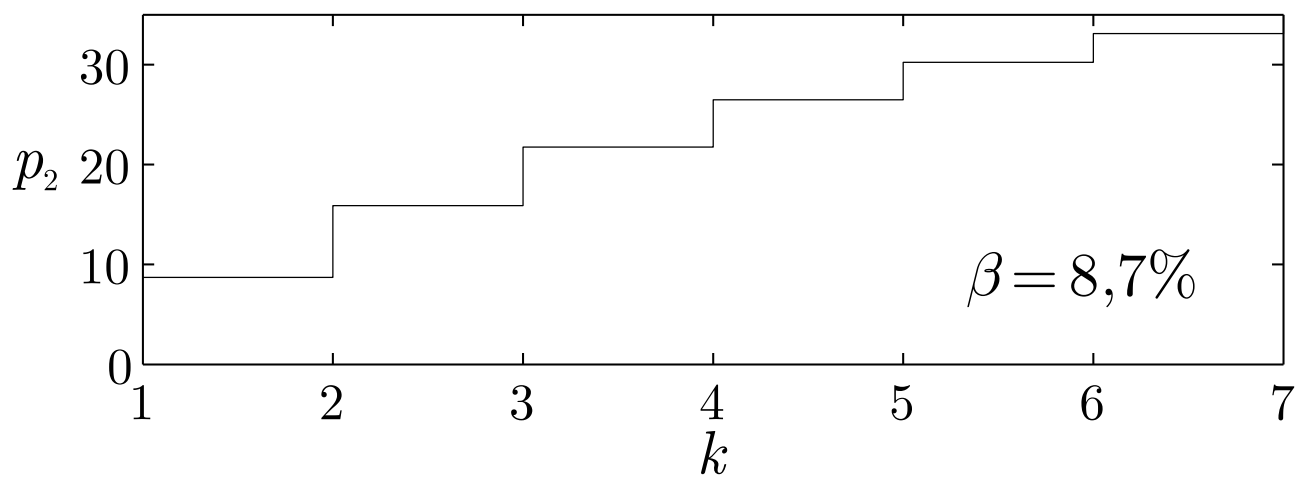
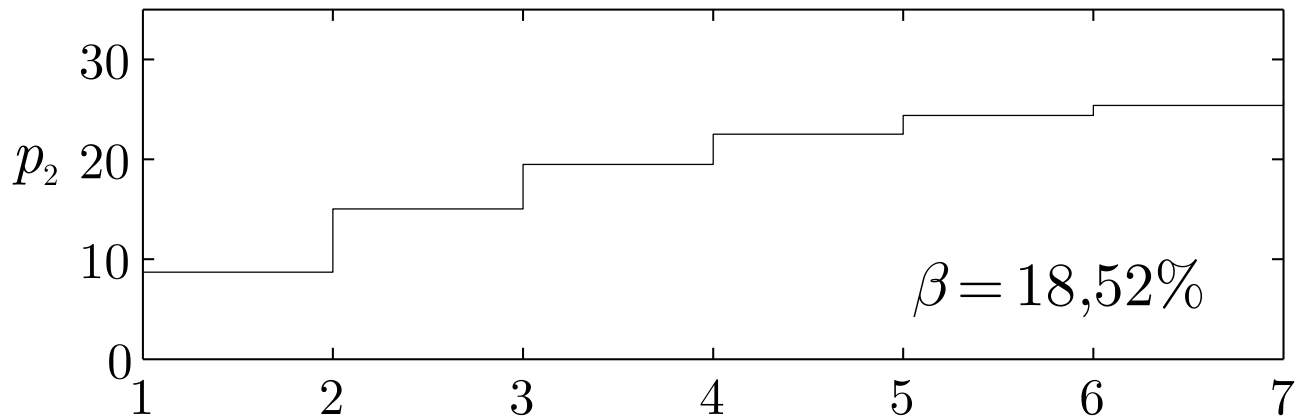


Abb. A.55: Anteil der fehlerhaften Steuererklärungen im k -ten Jahr in Prozent

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

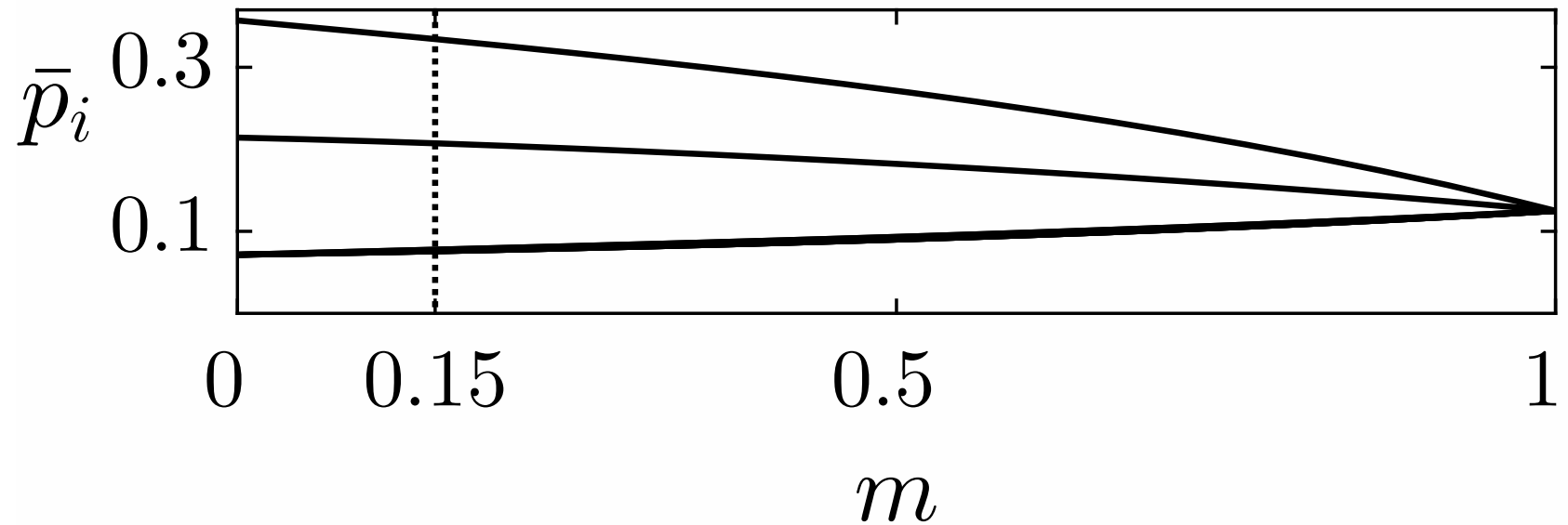


Abb. A.56. Stationäre Wahrscheinlichkeitsverteilung in Abhängigkeit vom Parameter m

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

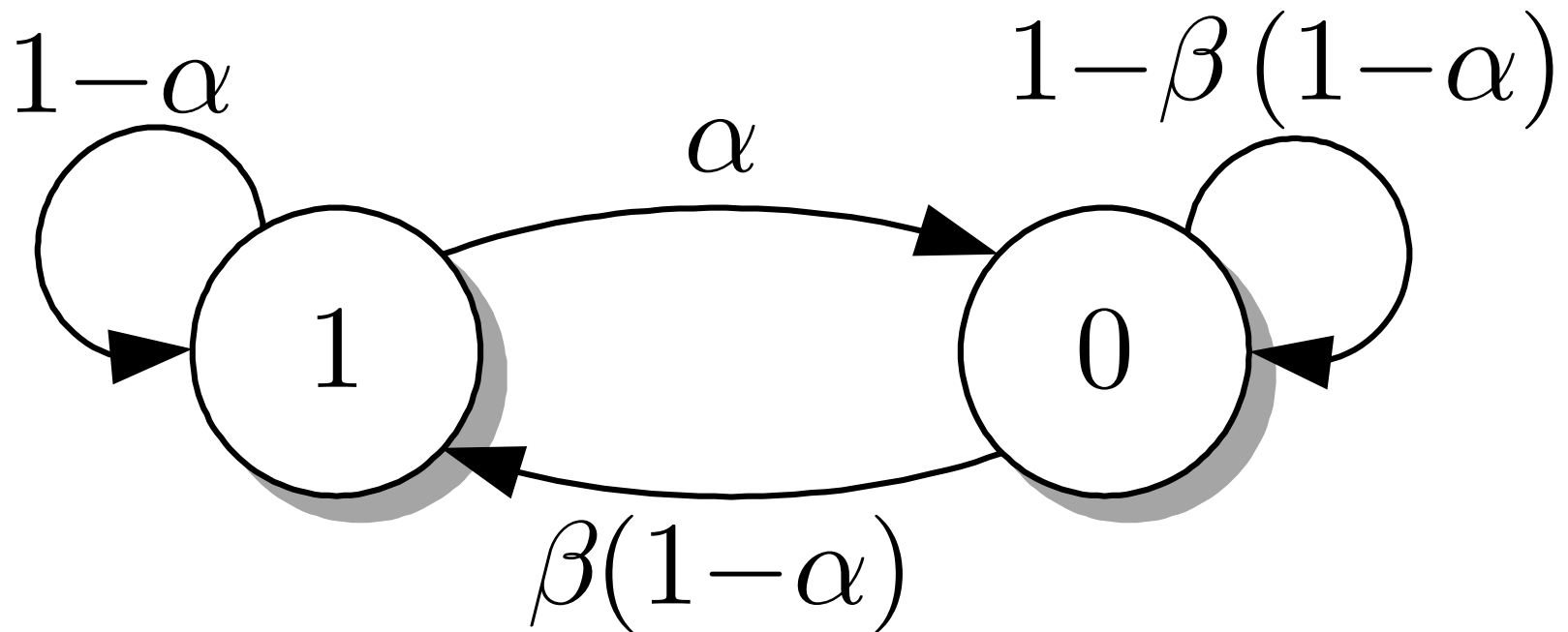


Abb. A.57. Markovkette zur Beschreibung des Telefonapparates

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

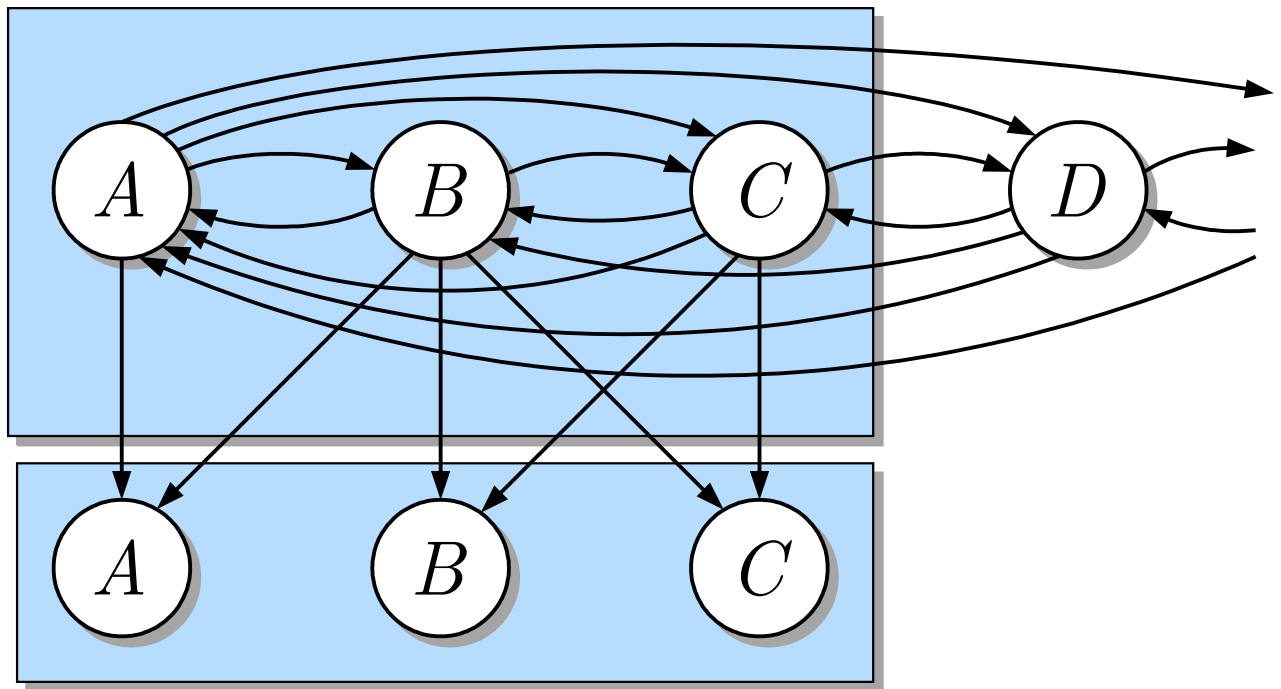


Abb. A.58: Ausschnitt der verdeckten Markovkette (I)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

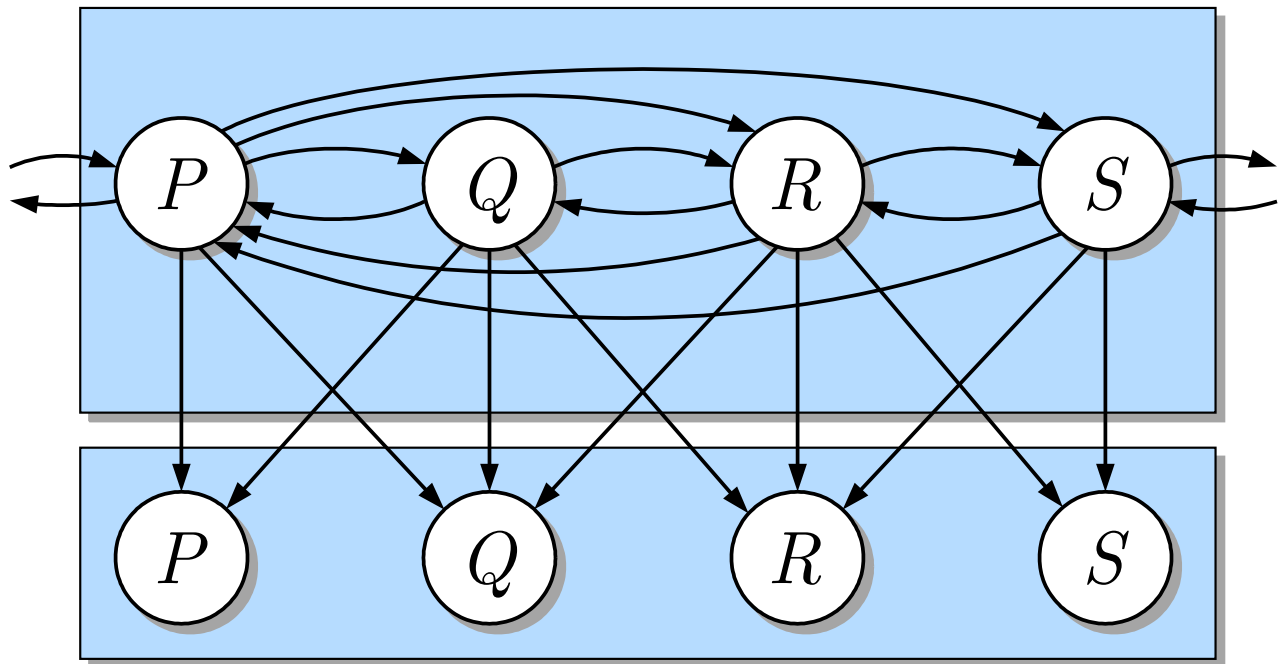


Abb. A.58: Ausschnitt der verdeckten Markovkette (II)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

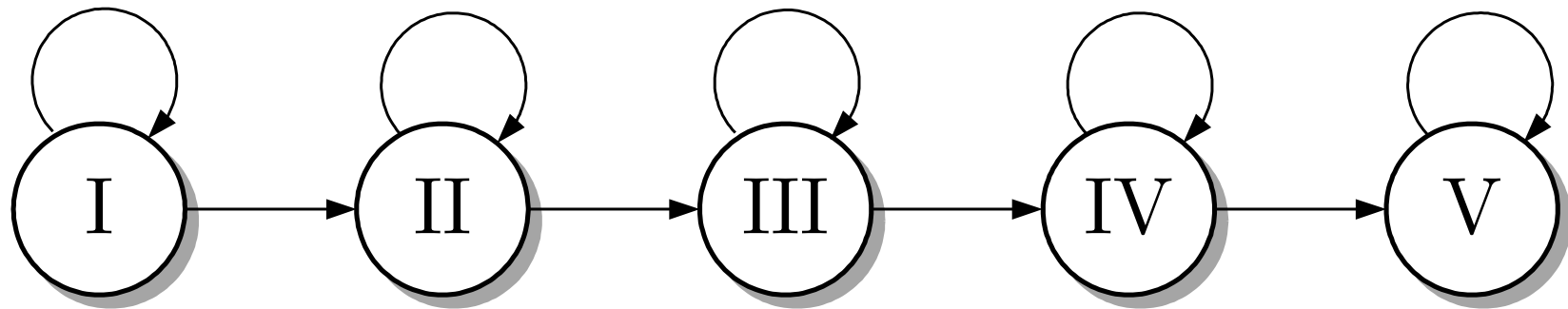


Abb. A.59. Beschreibung des Bioprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

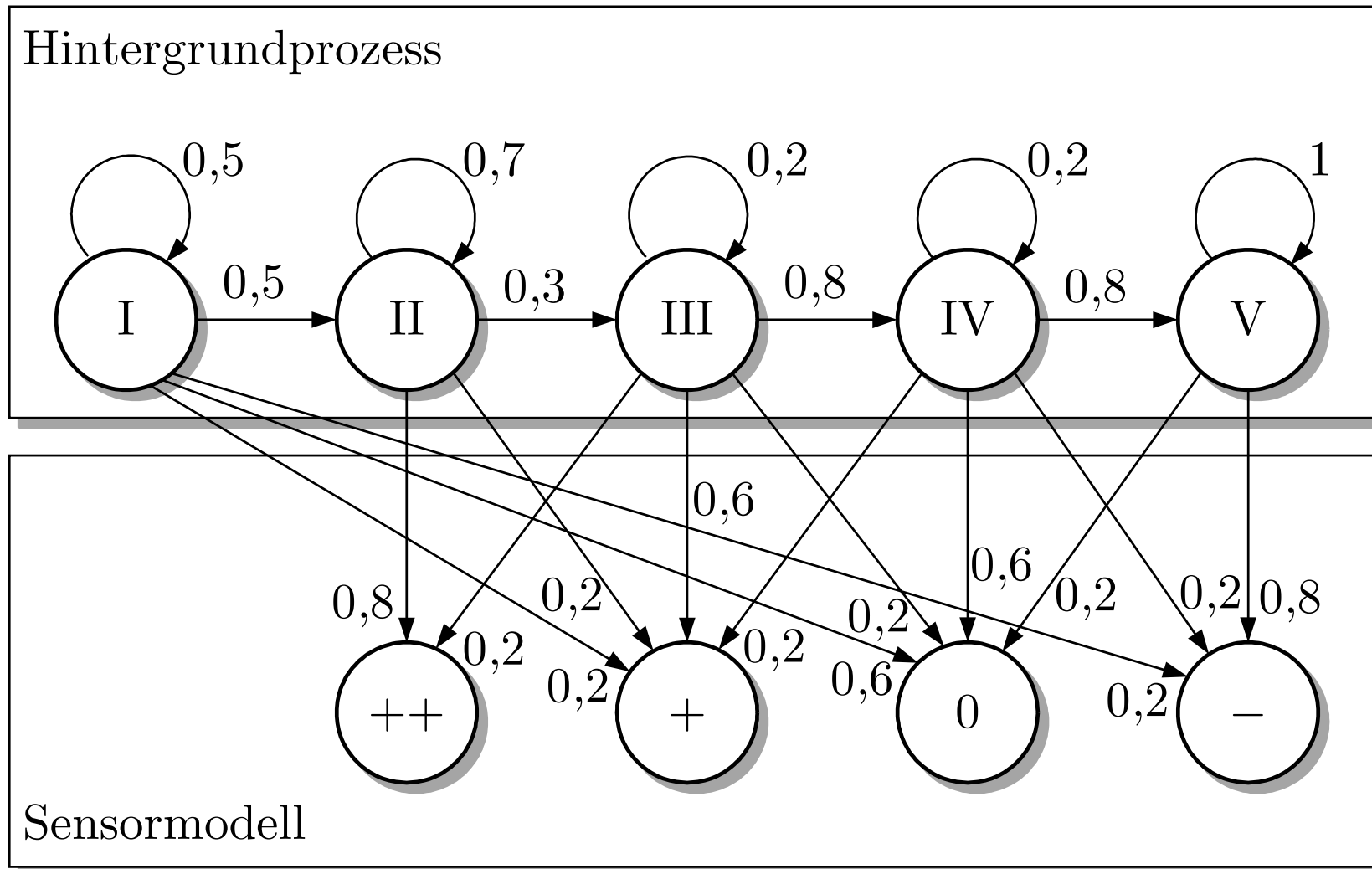


Abb. A.60. Beschreibung des Bioprozesses durch einen stochastischen Automaten

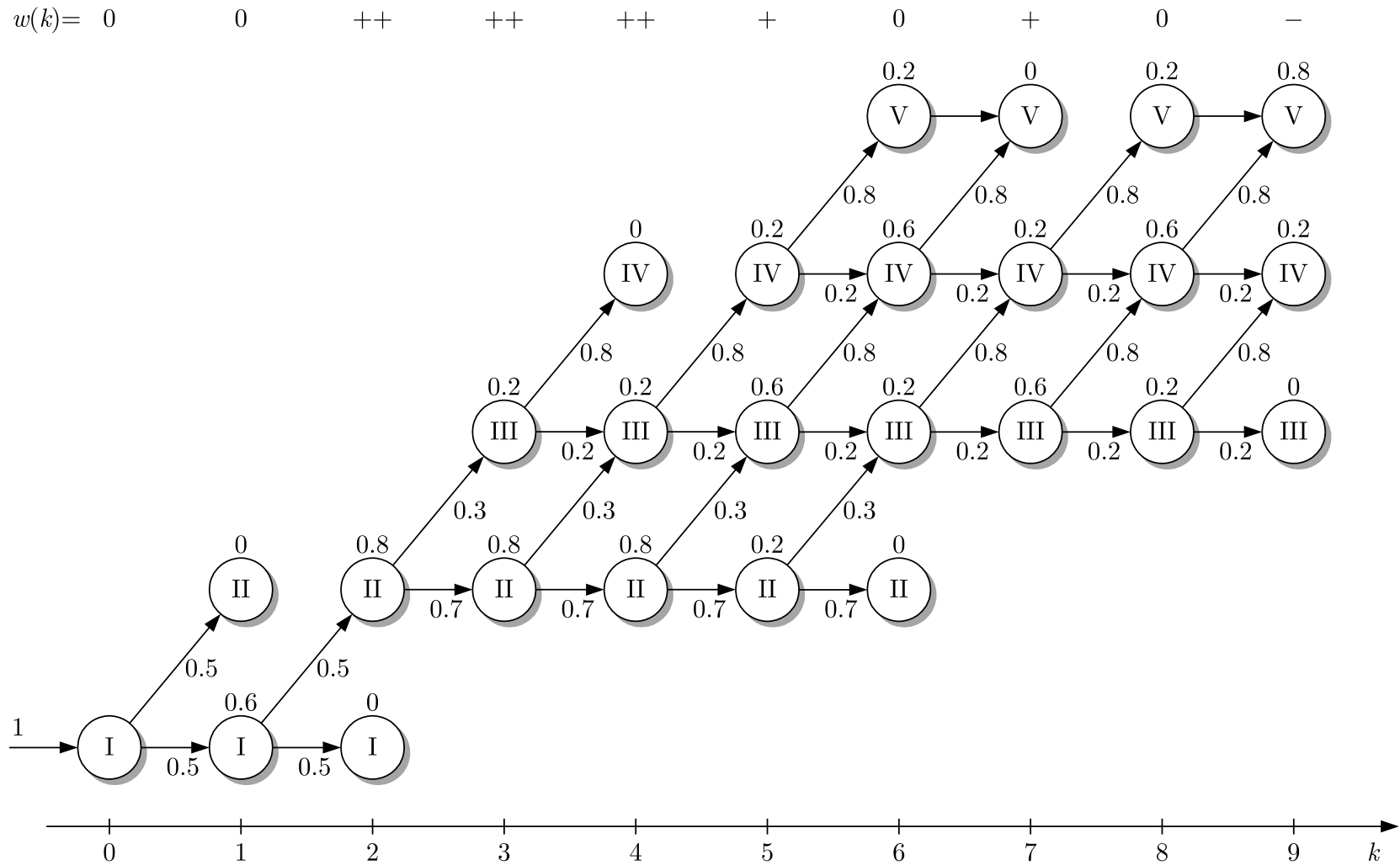


Abb. A.61. Entfaltung des Modells

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

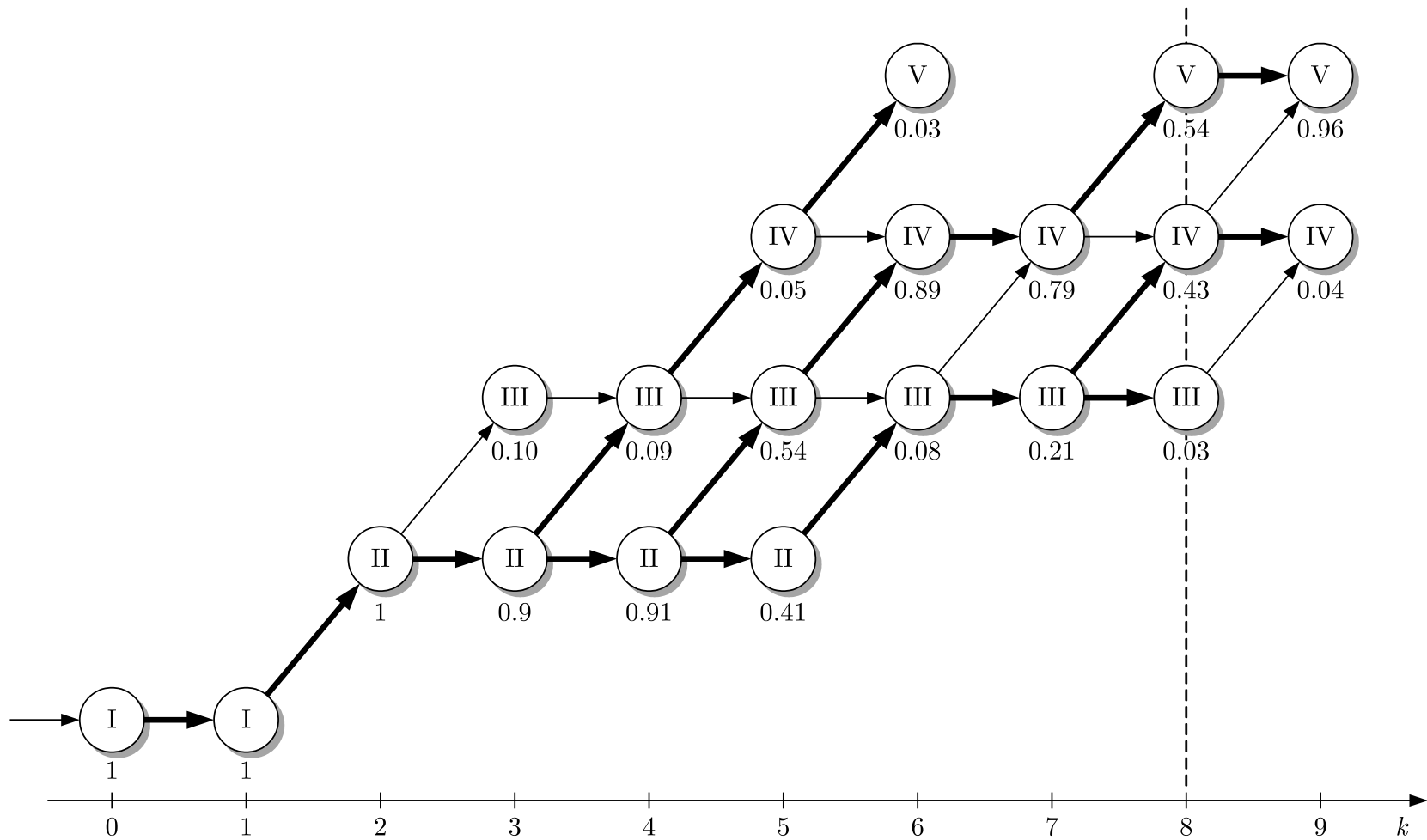


Abb. A.62. Ergebnis des Viterbi-Algorithmus

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

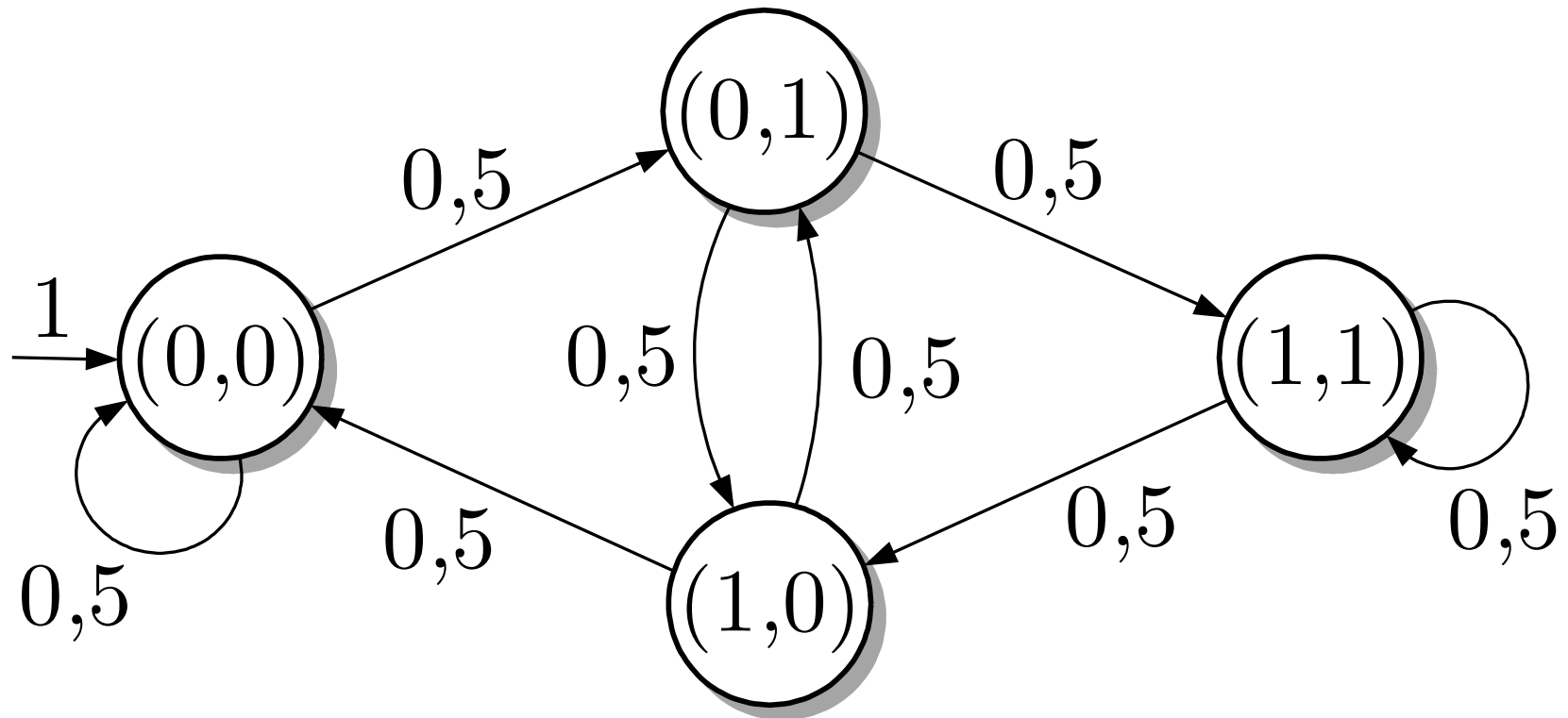
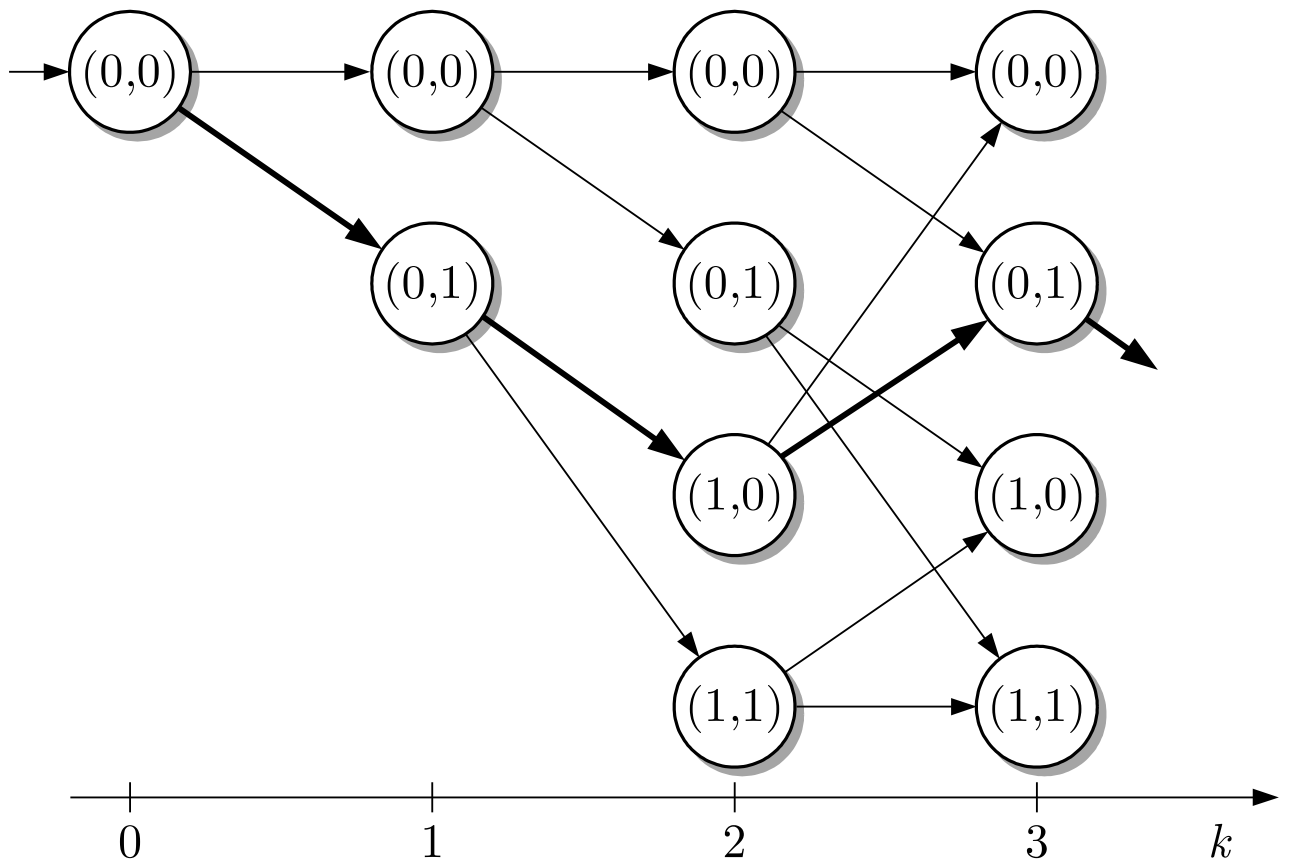


Abb. A.63. Markovkette, die aus dem deterministischen Automaten in Abb. 7.57 abgeleitet wurde



**Abb. A.64: Zustandsfolgen der Markovkette aus
Abb. A.63**

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

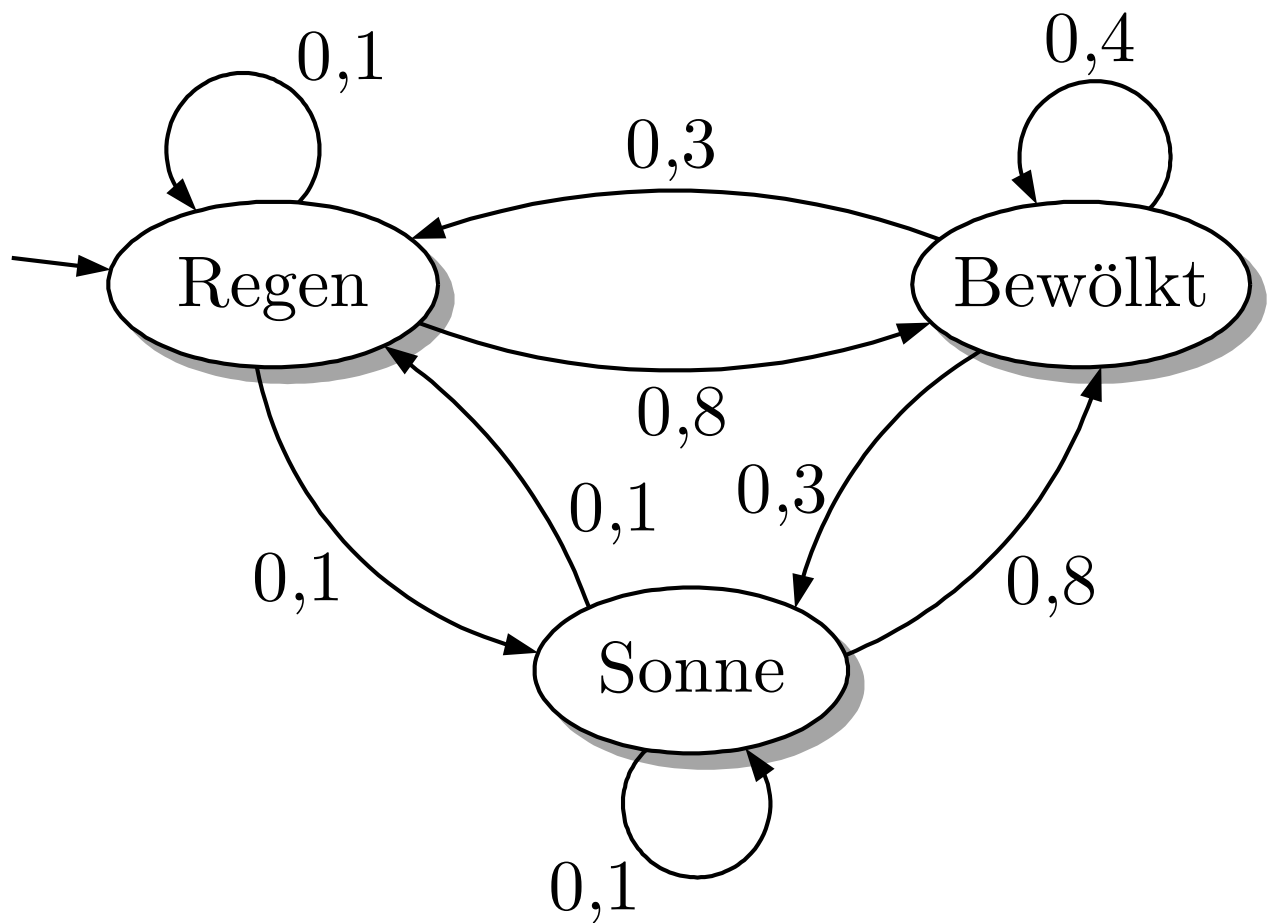


Abb. A.65: Markovmodell des Wetters

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

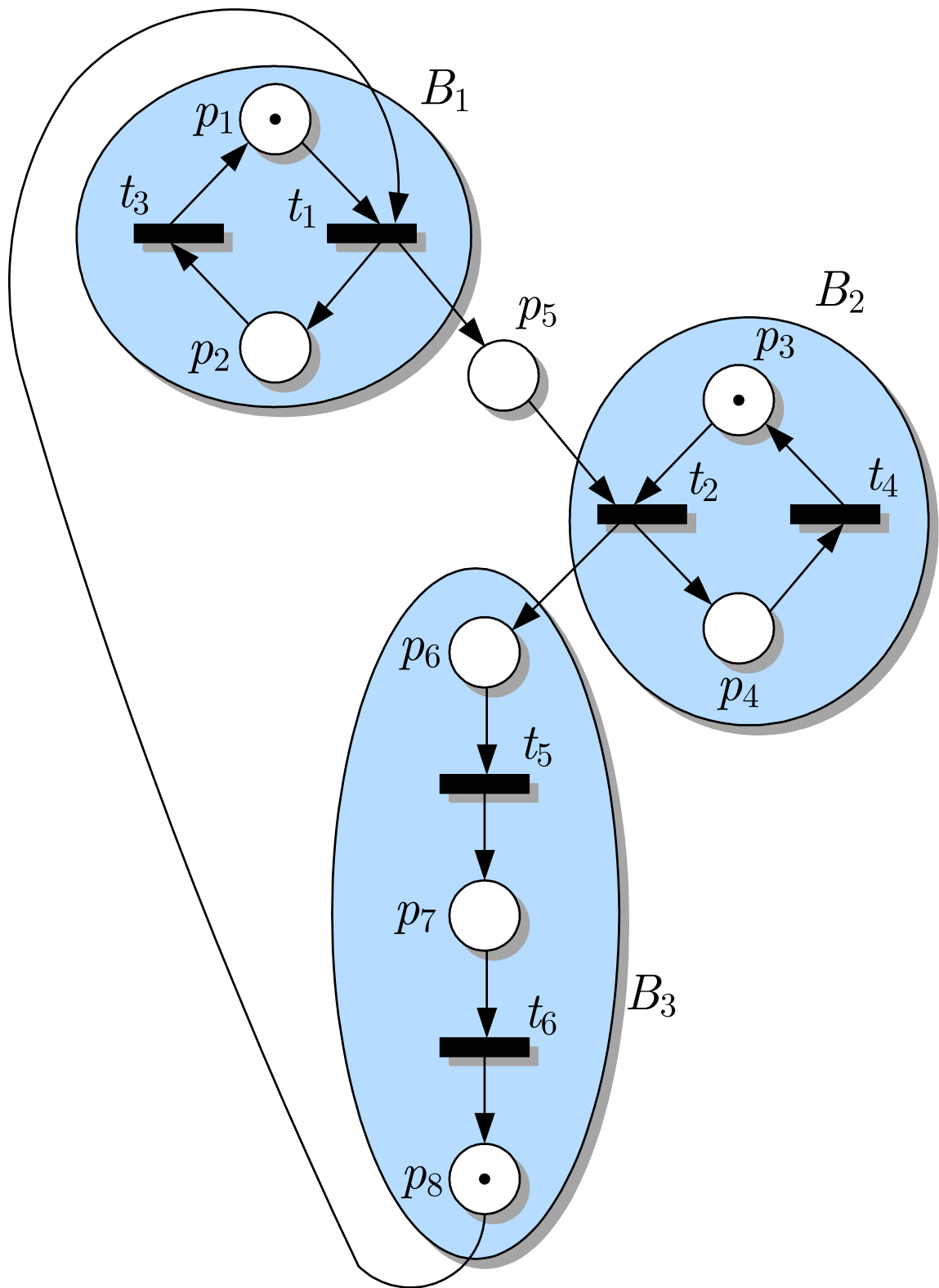


Abb. A.67. Zeitbewertetes Petrinetz für die Beschreibung des Batchprozesses

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

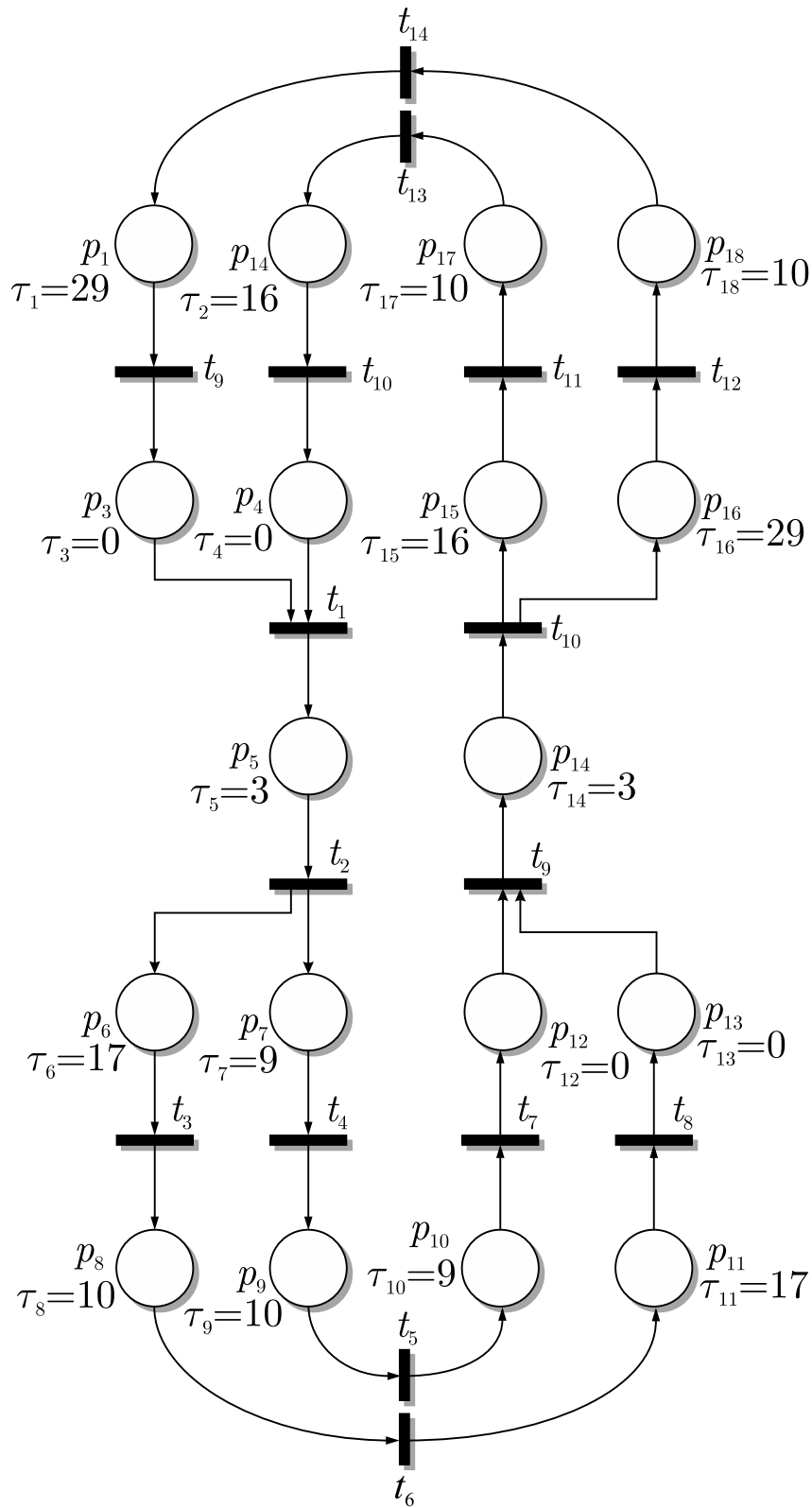


Abb. A.68. Zeitbewertetes Petrinetz für die Beschreibung des öffentlichen Verkehrsnetzes

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

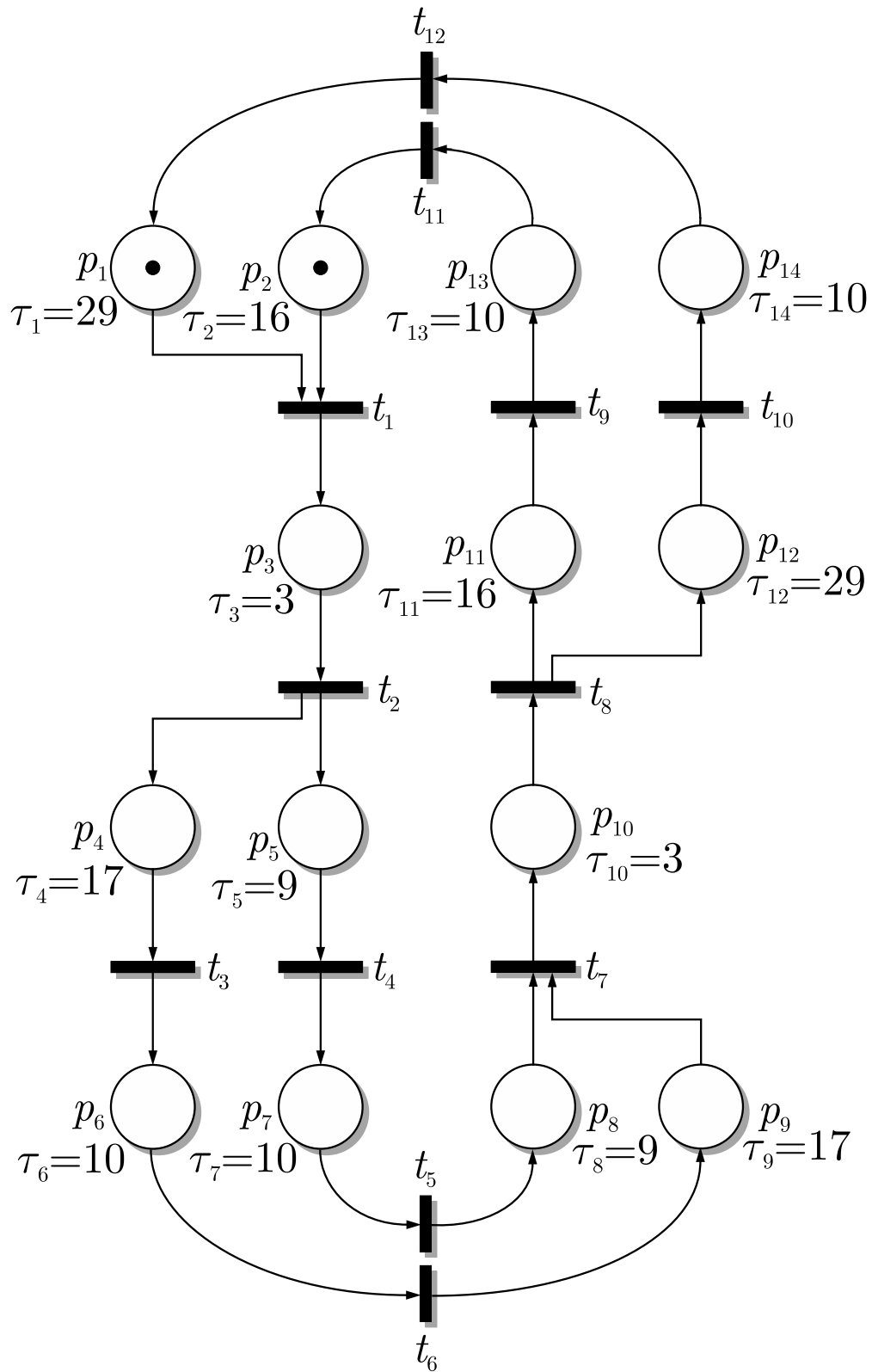


Abb. A.69. Reduziertes zeitbewertetes Petrinetz für die Beschreibung des Straßenbahnnetzes

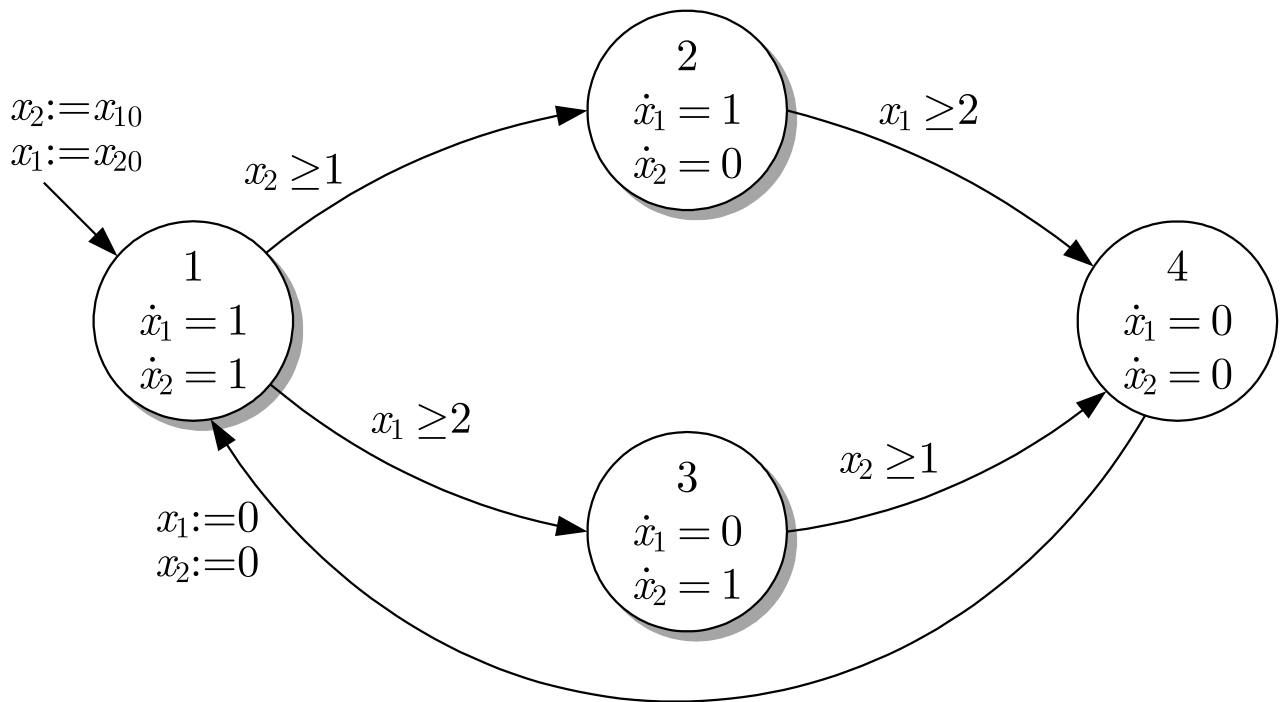


Abb. A.70: Zeitbewerteter Automat, der zwei parallele Rechenprozesse beschreibt

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

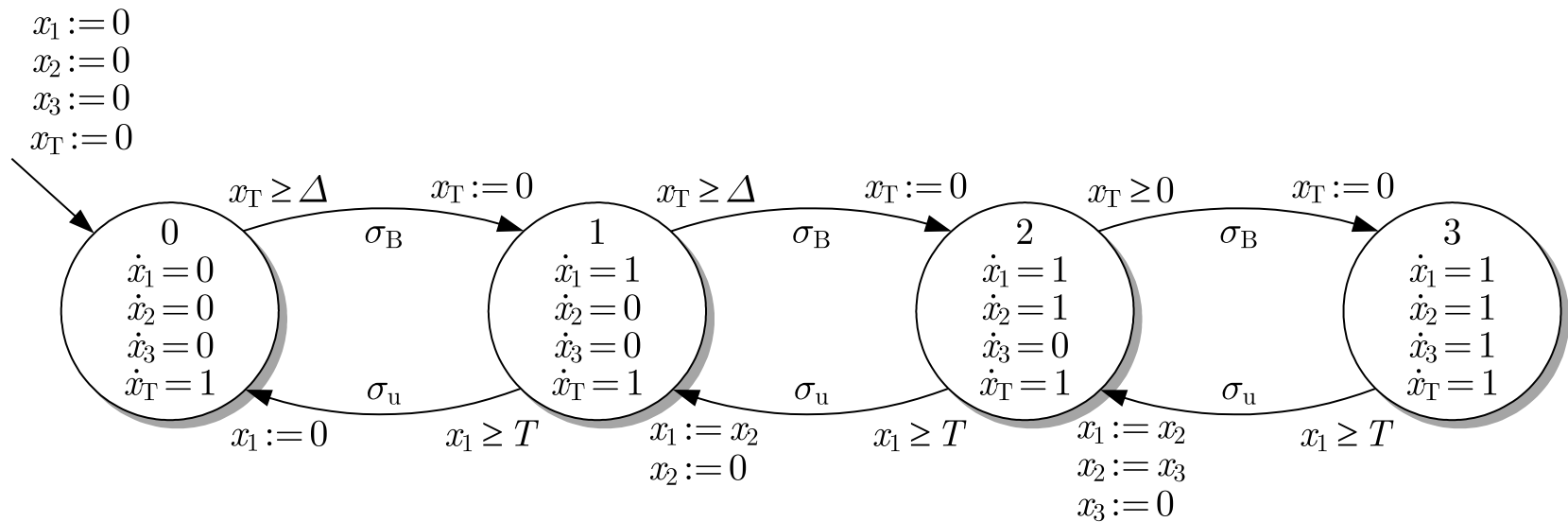


Abb. A.71. Beschreibung des Kofferbandes durch einen zeitbewerteten Automaten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

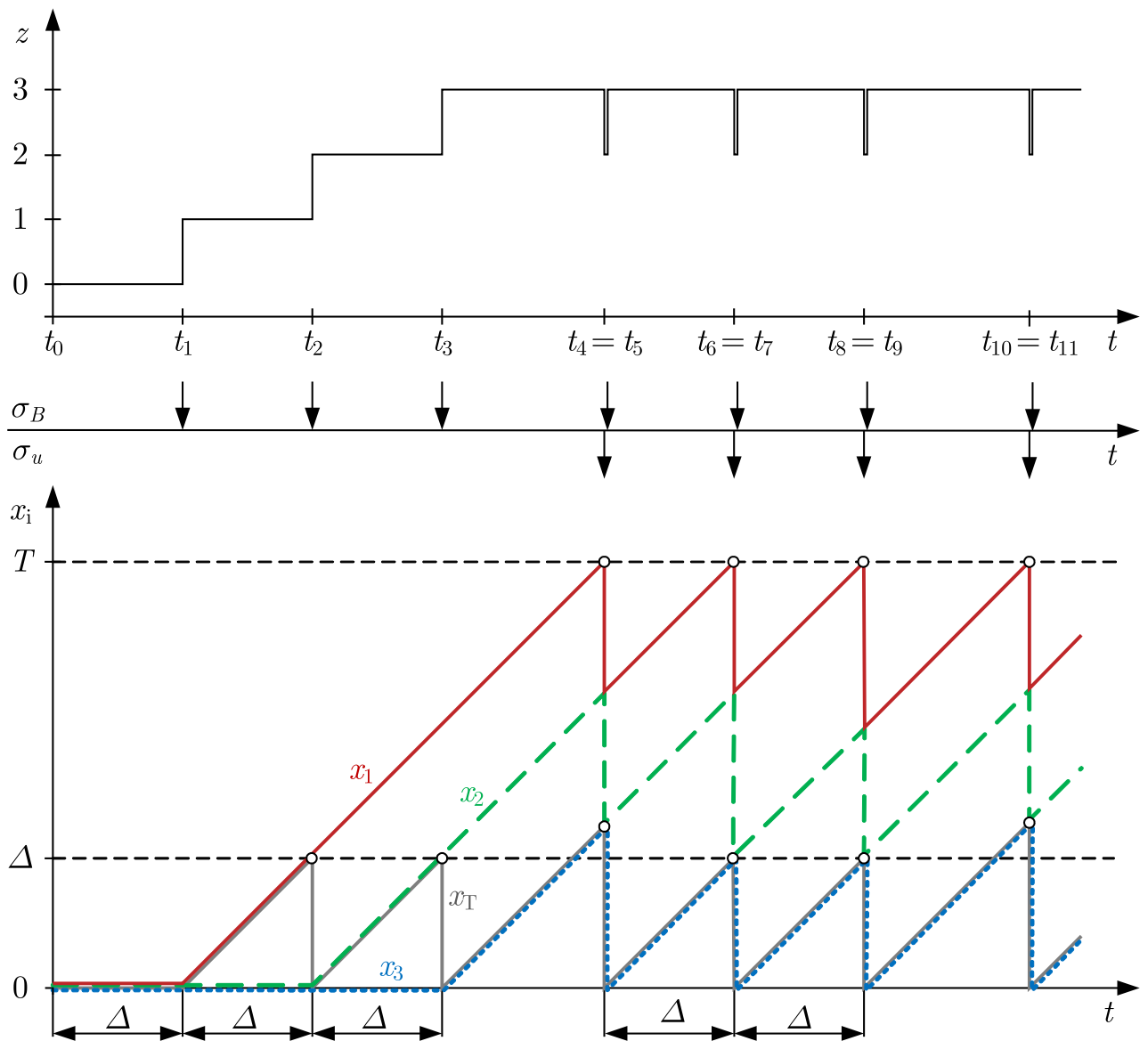


Abb. A.72: Zustands- und Ereignisfolge des Kofferbandes (x_1, x_T —, x_2 - -, x_3 ···)

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

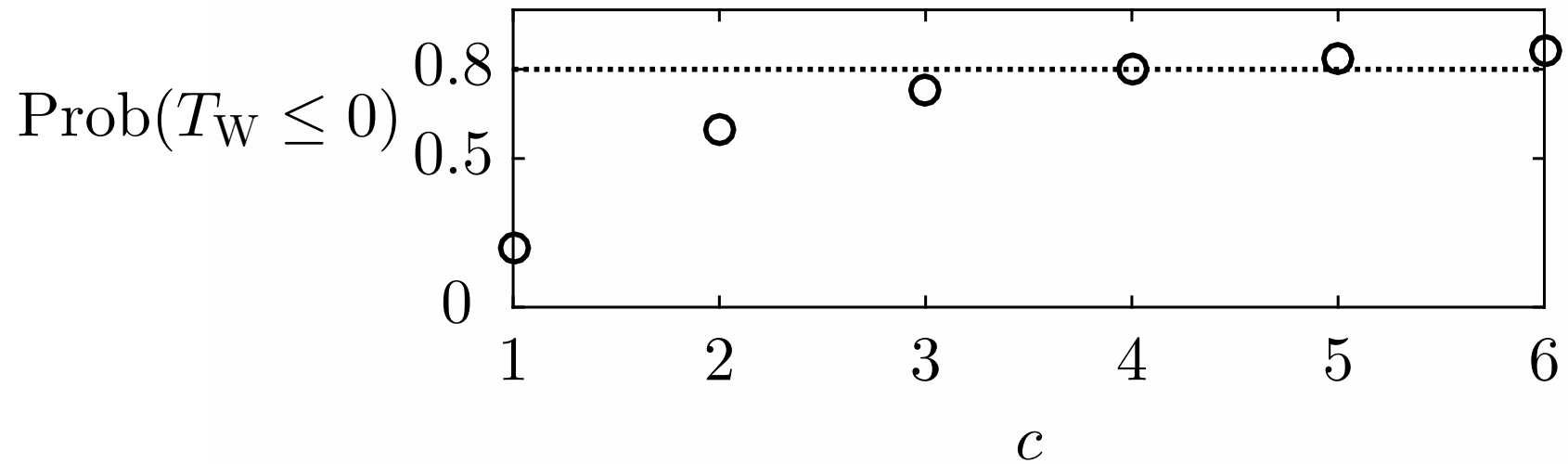


Abb. A.73. Wahrscheinlichkeit, ohne Warten bedient zu werden, in Abhängigkeit von der Anzahl c der Bedienungen

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

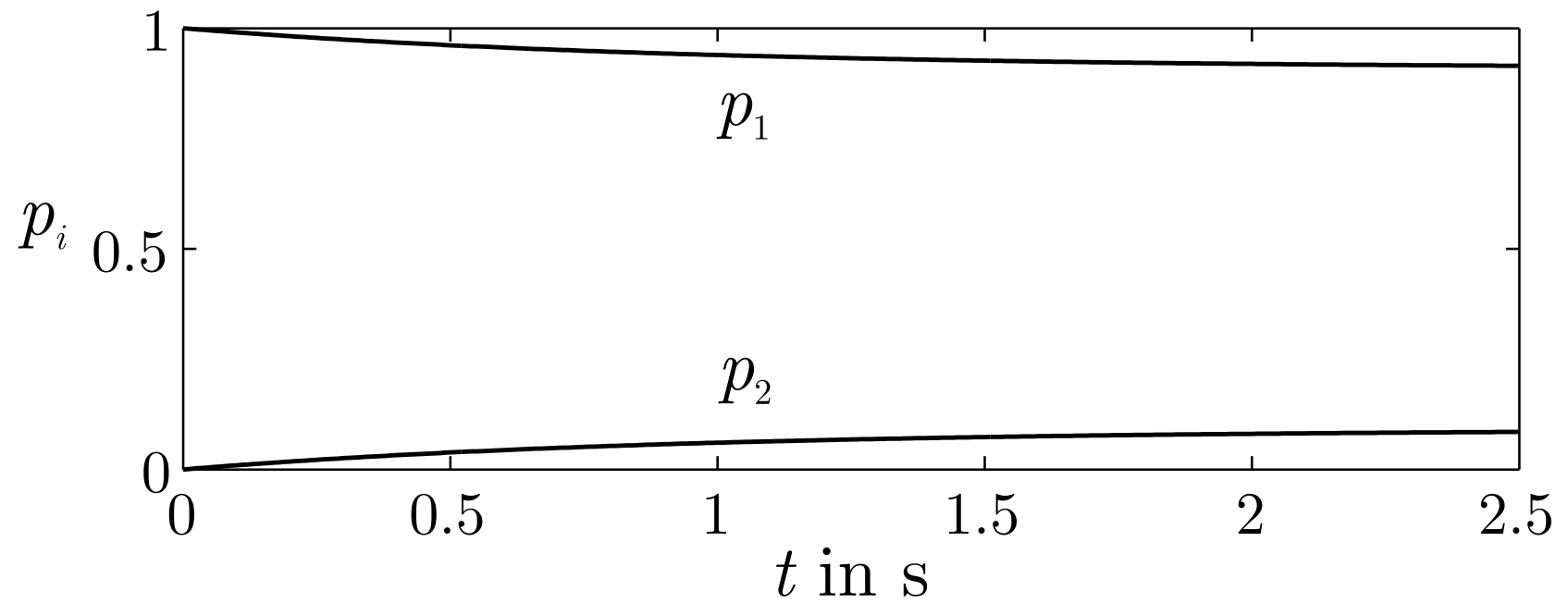


Abb. A.74. Zuverlässigkeit des Gerätes

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

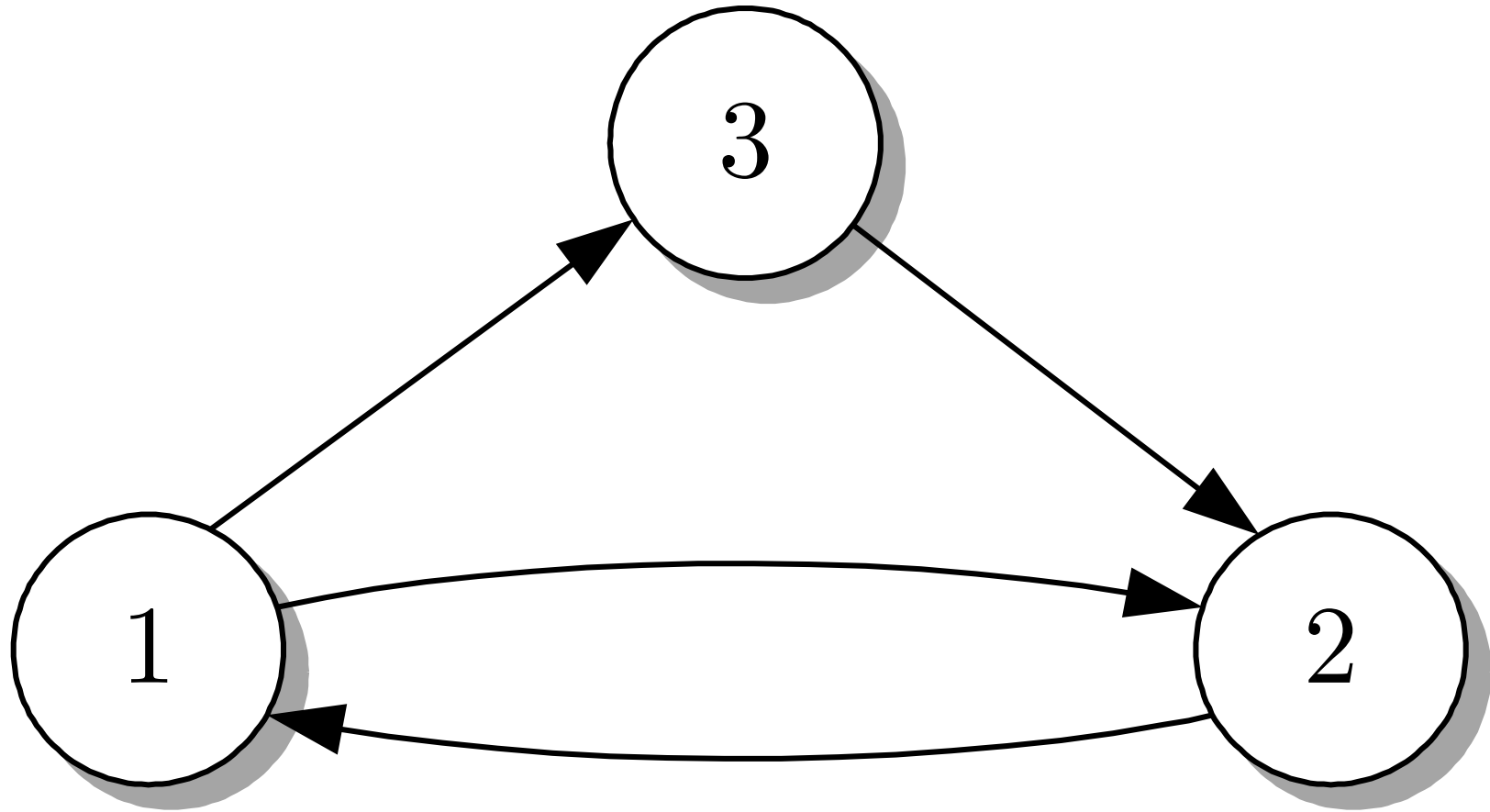


Abb. A.75. Automatengraph des kontinuierlichen Modells

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

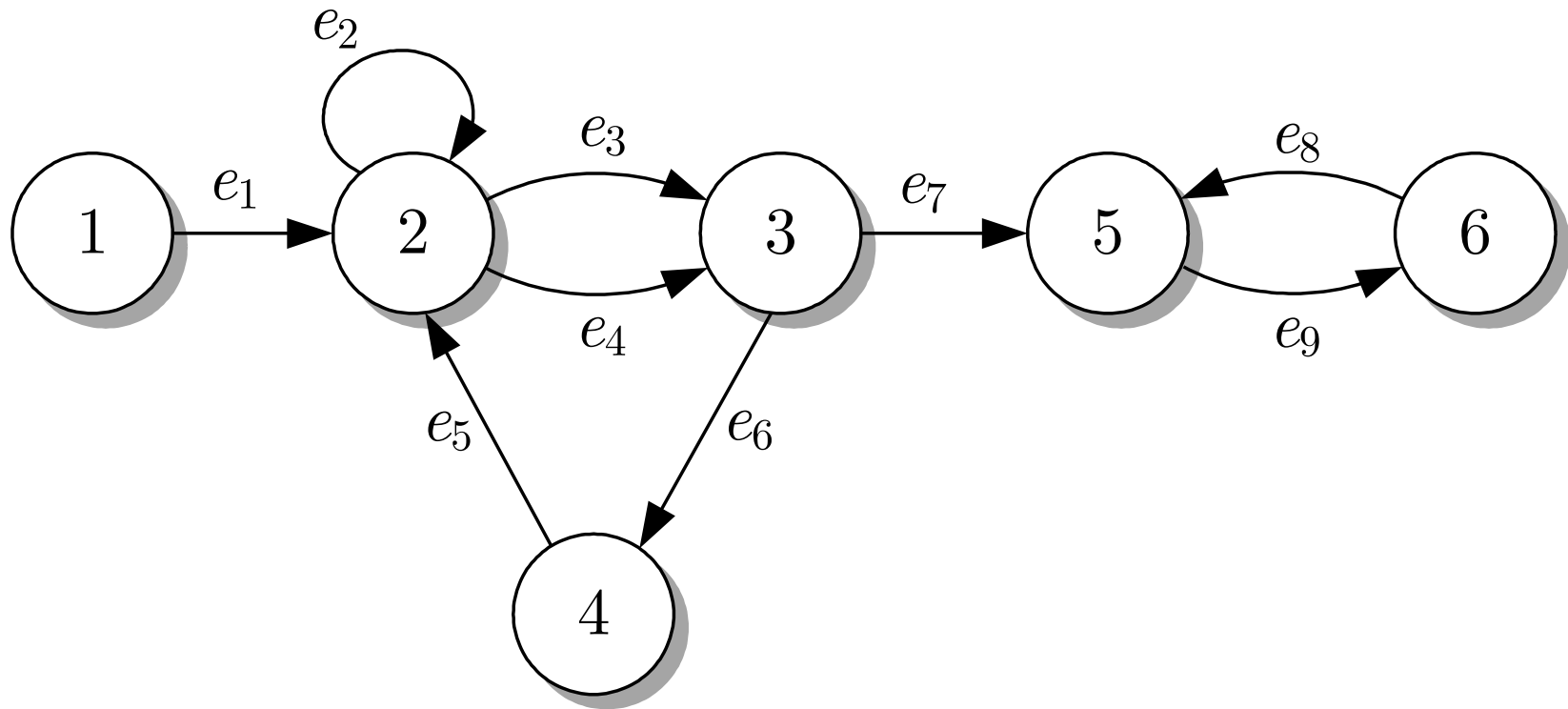


Abb. A2.1. Gerichteter Graph

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

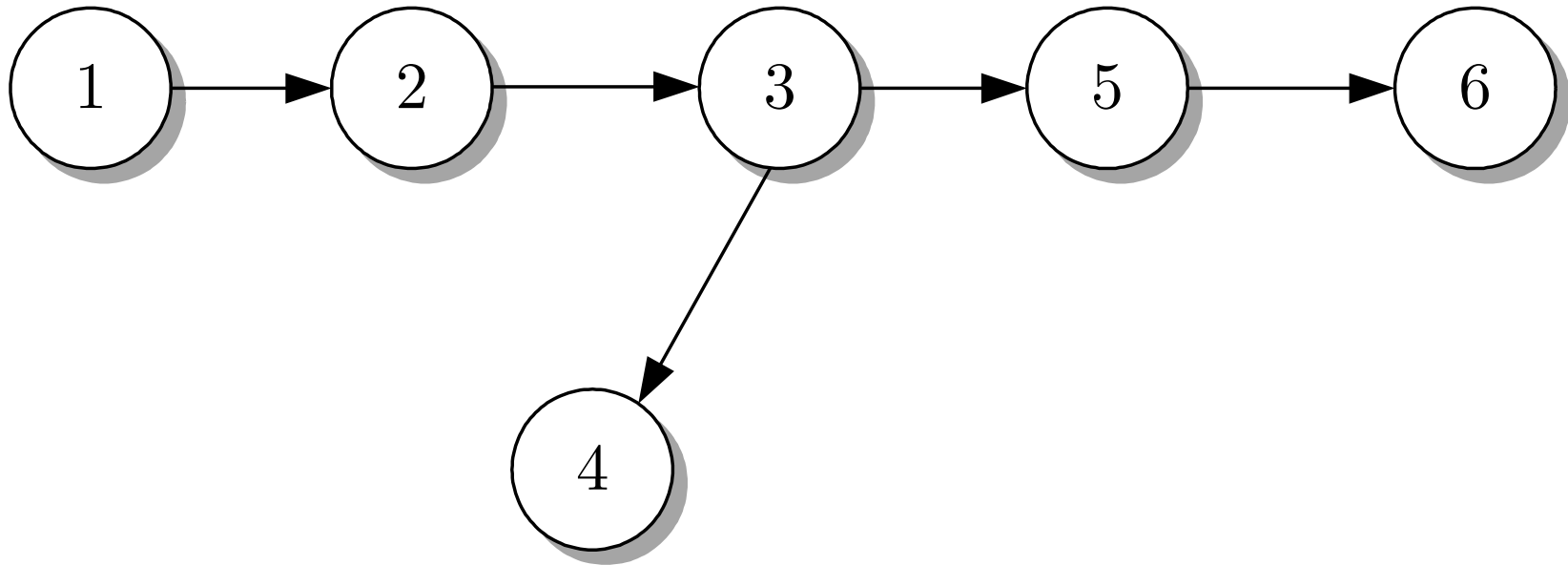


Abb. A2.2. Baum

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

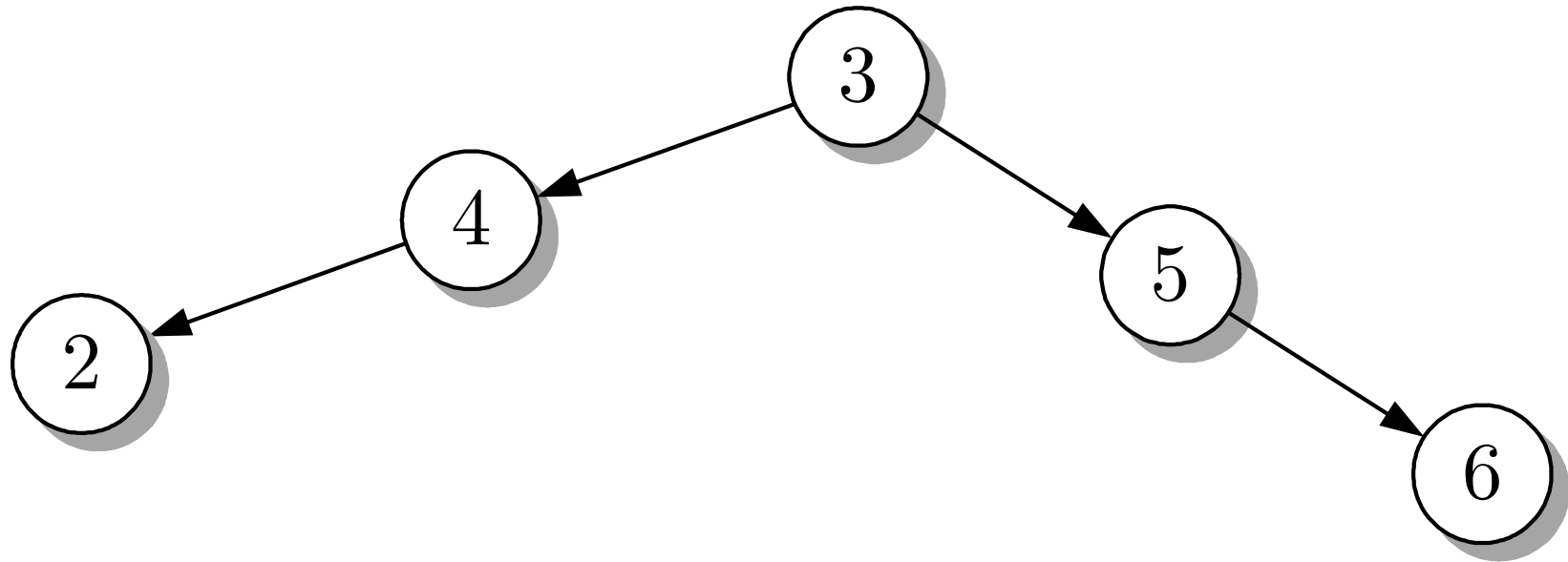


Abb. A2.3. Erreichbarkeitsbaum mit dem Wurzelknoten 3

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

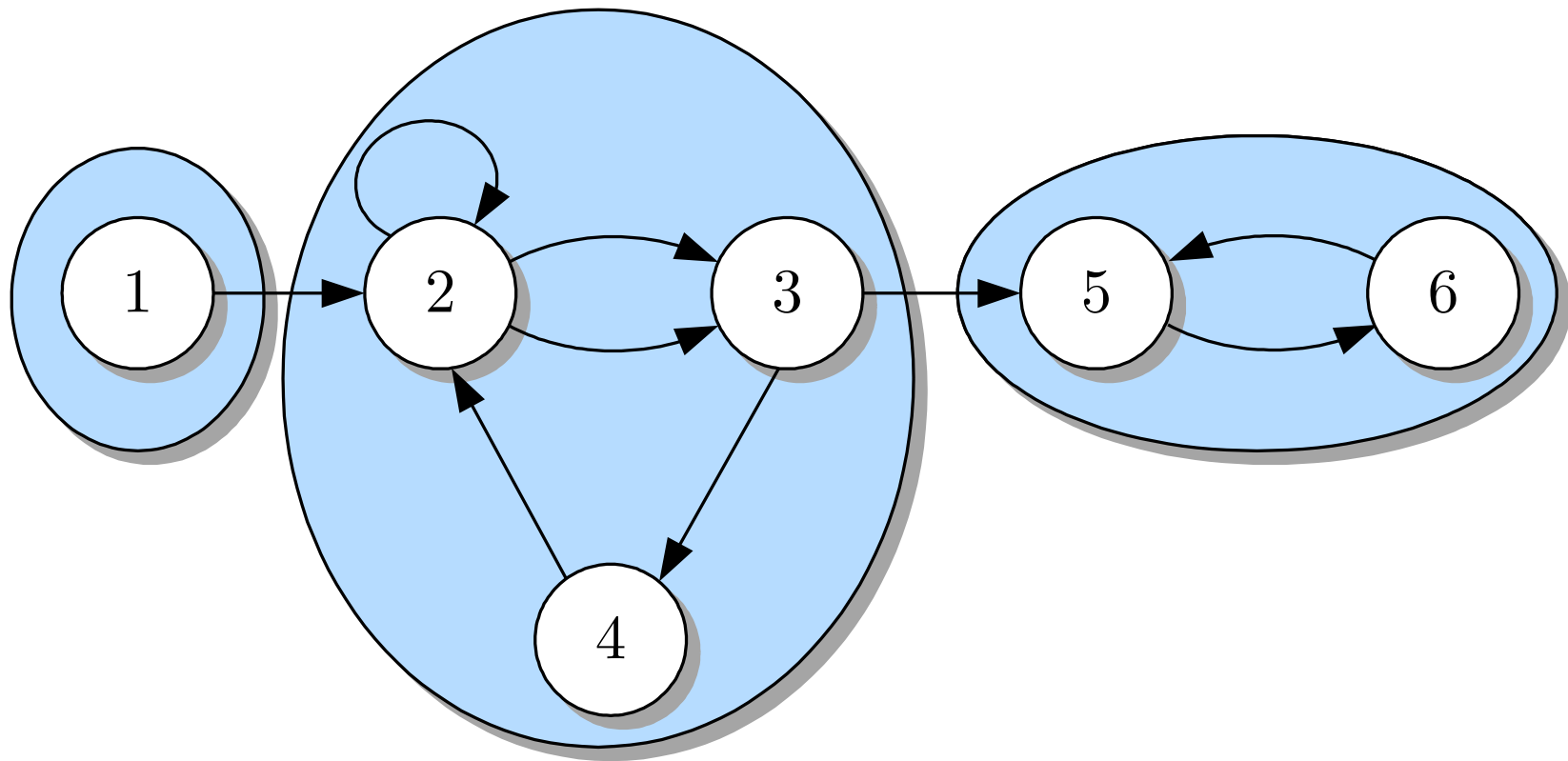


Abb. A2.4. Zerlegung des Graphen aus Abb. A2.1 in drei Mengen stark zusammenhängender Knoten

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

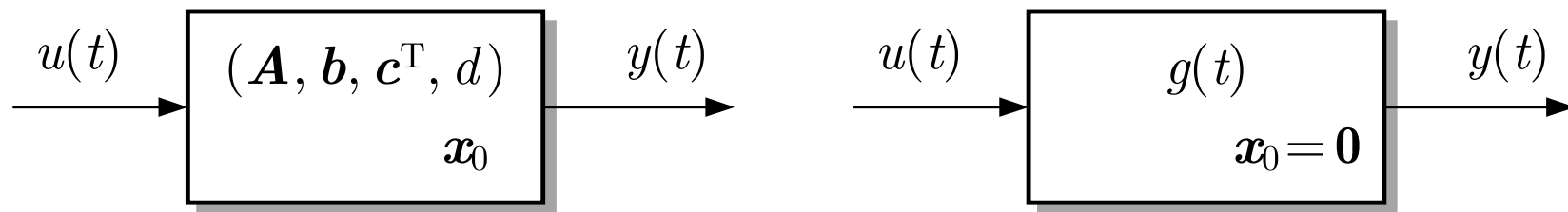


Abb. A3.1. Zwei Darstellungsformen kontinuierlicher Systeme

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017

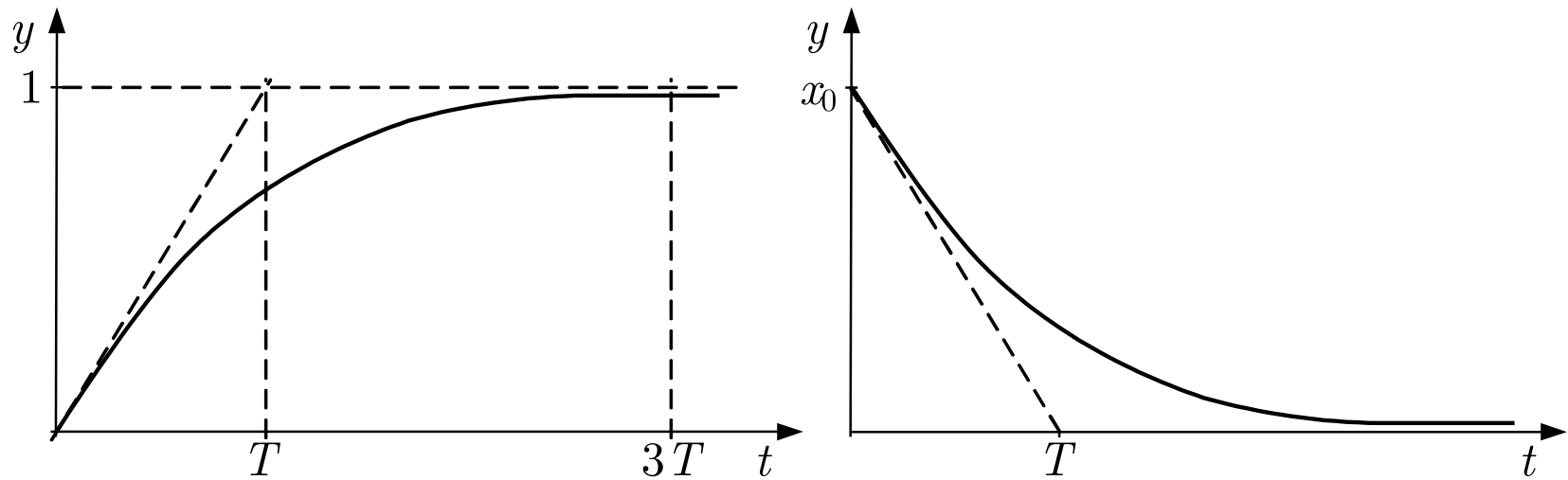


Abb. A3.2. Verhalten eines Systems erster Ordnung

J. LUNZE: *Ereignisdiskrete Systeme*, De Gruyter Oldenbourg 2017