



Wolfgang Reisig

# Petrinetze

Eine Einführung

Mit 111 Abbildungen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York 1982

Dr. Wolfgang Reisig

Lehrstuhl für Informatik II, RWTH Aachen,  
Büchel 29–31, 5100 Aachen

ISBN-13: 978-3-540-11478-9      e-ISBN-13: 978-3-642-96705-4  
DOI: 10.1007/978-3-642-96705-4

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Reisig, Wolfgang:

Petrinetze: e. Einf. / Wolfgang Reisig. – Berlin; Heidelberg;

New York: Springer, 1982.

ISBN-13: 978-3-540-11478-9

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Die Vergütungsansprüche des § 54, Abs. 2 UrhG werden durch die „Verwertungsgesellschaft Wort“, München, wahrgenommen.

©Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1982

2141/3140-543210

# Vorwort

Netztheorie ist eine Theorie der Systemorganisation, die vor nunmehr ca. 20 Jahren mit der Dissertation von C.A. Petri [1] ihren Anfang nahm. Seither wurden Netze in verschiedenen Bereichen angewendet, modifiziert und theoretisch untersucht und finden in jüngster Zeit ein breiteres Interesse bei Informatikern.

Dieses Buch führt netztheoretische Grundbegriffe und Denkweisen ein, motiviert sie anhand von Beispielen und leitet Beziehungen zwischen ihnen her. Dabei wird ein Schwerpunkt auf solche Aspekte gelegt, die Netze von anderen Systemmodellen unterscheiden, beispielsweise die Rolle der Nebenläufigkeit, die Berücksichtigung endlicher Ressourcen oder die Möglichkeit, auf verschiedenen Darstellungsebenen dasselbe Darstellungsmittel zu verwenden. Es sollen so einige Voraussetzungen dafür geschaffen werden, die in [2] aufgeführten Arbeiten lesen und in die Systematik der Netztheorie einordnen zu können.

Diese Absicht war maßgeblich für die Auswahl des behandelten Stoffes. Seine Darstellung in diesem Buch ist mehr axiomatisch als induktiv. Ausgehend von Grundbegriffen wie "Bedingung", "Ereignis" und dem Verändern von Zuständen durch (nebenläufig) eintretende Ereignisse wird verallgemeinernd ein Teil der Netztheorie vorgestellt. Man hätte auch in der umgekehrten Reihenfolge vorgehen und zunächst reale Systeme in informellen Netzdarstellungen vorstellen können, um dann durch fortgesetzte Abstraktion zu Netzen aus Bedingungen und Ereignissen zu gelangen. Die gewählte Vorgehensweise entspricht aber eher dem herkömmlichen Vorgehen im Rahmen der theoretischen Informatik.

Mit diesem Buch soll nicht ein Überblick über Theorie und Anwendungen der Netze gegeben werden. Ein solcher Versuch müßte nicht nur angesichts der Zahl von über 500 Veröffentlichungen [2] scheitern, sondern auch aufgrund des weiten thematischen Spektrums, das beispielsweise die Komplexitätstheorie, die Theorie der formalen Sprachen, Schaltwerktheorie, Rechnerarchitektur, Betriebssysteme, Rechnerkopplung, Prozeßdatenverarbeitung, Programmier- und Dialogsprachen, Datenbanken, Software-Engineering umfaßt und in Themen außerhalb der Informatik (Verwaltung, Rechtswissenschaft, allgemeine Strukturen organisierten Handelns) hineinreicht. Es sollen auch nicht die Grundlagen der Netztheorie behandelt werden, die in der Wissenschaftstheorie,

den klassischen und nichtklassischen Logiken, der theoretischen Physik und den Kommunikationswissenschaften zu suchen sind.

Dieses Buch setzt lediglich einige elementare Kenntnisse über Aufbau, Programmierung und Anwendung von Rechenanlagen sowie elementare Mathematik voraus. Darüber Hinausführendes wird erläutert. Mit dem ersten Kapitel als Grundlage können Teil I und Teil II vergleichsweise unabhängig voneinander gelesen werden. Teil III baut auf den grundlegenden Begriffen der Kapitel 2,4,5 und 6 auf.

Der Praktiker mag neben dem ersten Kapitel insbesondere die Beispiele auf S.63, in Kapitel 6.3-6.5 und Kapitel 8.1-8.3 studieren.

Dieses Buch hätte nicht ohne die Hilfe vieler entstehen können. Im Institut für Informationssystemforschung der GMD Bonn waren Dr. C.A. Petri, Dr. H. Genrich, Prof. K. Lautenbach und Dr. P.S. Thiagarajan bei der Klärung inhaltlicher Fragen immer behilflich. Kritische Bemerkungen zum Manuskript haben Prof. W. Brauer, Frau U. Goltz und Herr T. Schübel gemacht. Beim Korrekturlesen haben Herr J. Bilstein, Frau U. Goltz, Herr B. Josko und Herr U. Vogt geholfen. Frau S. Horenbeek hat das Manuskript getippt und Herr L. Knoth die Abbildung gezeichnet. Ihnen allen sei herzlich gedankt.

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	1
<b>Kapitel 1</b> Einführende Beispiele und grundlegende Definitionen.....	4
1.1 Beispiele aus verschiedenen Bereichen .....	4
1.2 Beispiele zur Schaltlogik und zu Betriebssystemen .....	10
1.3 Nichtsequentielle Programme .....	11
1.4 Ein Beispiel zur Systemanalyse .....	14
1.5 Einige grundlegende Definitionen .....	16
1.6 Zusammenfassung und Ausblick .....	18

## ERSTER TEIL: BEDINGUNGS/EREIGNIS-SYSTEME

<b>Kapitel 2</b> Netze aus Bedingungen und Ereignissen .....	19
2.1 Fälle und Schritte .....	19
2.2 Bedingungs/Ereignis-Systeme .....	23
2.3 Zyklische und lebendige Systeme .....	25
2.4 Äquivalenz .....	26
2.5 Kontaktfreie B/E-Systeme .....	27
2.6 Fallgraphen .....	31
<b>Kapitel 3</b> Prozesse auf Bedingungs/Ereignis-Systemen .....	33
3.1 Geordnete Mengen .....	34
3.2 Kausalnetze .....	37
3.3 Prozesse .....	39
3.4 Beschränkte Prozesse und ihre Komposition .....	41
3.5 Prozesse und Fallgraphen .....	43
<b>Kapitel 4</b> Systemeigenschaften .....	47
4.1 Synchronieabstände .....	47
4.2 Einige numerische Eigenschaften von Synchronieabständen .....	54
4.3 Synchronieabstände in sequentiellen Systemen .....	55
4.4 Synchronieabstände in zyklischen Systemen .....	56
4.5 Fakten .....	58

## ZWEITER TEIL: STELLEN/TRANSITIONEN-NETZE

Kapitel 5	Netze aus Stellen und Transitionen .....	63
5.1	S/T-Netze .....	64
5.2	Vektor- und Matrixdarstellung für S/T-Netze .....	66
5.3	Überdeckungsgraphen .....	68
5.4	Entscheidungsverfahren für einige Netzeigenschaften .....	73
5.5	Lebendigkeit .....	74
Kapitel 6	Netz-Invarianten .....	77
6.1	S-Invarianten .....	77
6.2	Mit S-Invarianten überdeckte Netze .....	82
6.3	Beweis von Systemeigenschaften mit S-Invarianten .....	83
6.4	Eigenschaften eines Sender/Empfänger-Modells .....	86
6.5	Ein Platzbuchungssystem .....	90
6.6	Der Beweis von Fakten in B/E-Systemen mit Hilfe von S-Invarianten .....	96
6.7	T-Invarianten .....	97
Kapitel 7	Lebendigkeitsuntersuchungen spezieller Netzklassen .....	101
7.1	Markierte Netze, Deadlocks und Traps .....	101
7.2	Free Choice Netze .....	104
7.3	Synchronisationsgraphen .....	113

## DRITTER TEIL: NETZE MIT INDIVIDUEN ALS MARKEN

Kapitel 8	Prädikat/Ereignis-Netze .....	117
8.1	Ein einführendes Beispiel .....	117
8.2	P/E-Netze .....	120
8.3	Ein Organisationsschema für verteilte Datenbanken .....	123
8.4	Fakten in P/E-Netzen .....	125
8.5	P/E-Netze in Normalform .....	129
Kapitel 9	Relationennetze .....	131
9.1	Einführende Beispiele .....	131
9.2	R-Netze .....	134
9.3	Die Übersetzung von P/E-Netzen in R-Netze .....	136
9.4	Das Rechnen mit Multirelationen .....	137
9.5	Matrixdarstellung für R-Netze .....	141

9.6	S-Invarianten für R-Netze .....	142
9.7	Anwendungsbeispiel für S-Invarianten: Der Beweis von Fakten .....	142
9.8	Schemata für Relationennetze .....	144
Anhang:	Mathematische Begriffe und Bezeichnungen .....	148
Index	.....	153
Quellen	.....	158