# PETRINETZE ALS GRUNDLAGE DER ABLAUFMODELLIERUNG

**Jörg Desel**
Institut AIFB, Universität Karlsruhe (TH)

Petrinetze stellen eine Familie verschiedener Modellierungssprachen dar, die gemeinsamen Prinzipien genügen, aber sehr unterschiedliche Ausprägungen haben und in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Sie sind benannt nach Carl-Adam Petri, der vor fast 40 Jahren diese Prinzipen als grundlegende Phänomene bzw. adäquate Beschreibungsmittel bei der Kommunikation mit Rechnern und zwischen Rechnern erkannt hat und über viele Jahre die Theorie der Petrinetze weiterentwickelt hat. Für dieses Lebenswerk wurde Petri mit der Konrad-Zuse-Medaille und dem Werner-von-Siemens-Ring ausgezeichnet. Zu Theorie und Anwendungen von Petrinetzen gibt es regelmäßig internationale Konferenzen und Workshops, eine Buchreihe innerhalb der LNCS-Reihe und den Petri Net Newsletter, herausgegeben von der Petrinetz-Fachgruppe der Gesellschaft für Informatik. Eine ebenfalls von dieser Fachgruppe organisierte Bibliographie zu Petrinetzen enthält über 5000 Einträge.

Dieser Beitrag kann keine Übersicht über alle Aspekte der Petrinetz-Theorie und ihre Anwendungen im Bereich Modellierung geben. Statt dessen wird stichpunktartig die subjektive Sicht des Autors beschrieben.

## 1 Grundprinzipien der Modellierung mit Petrinetzen

Petrinetze modellieren Systeme mit dynamischem Verhalten und auch ihre Abläufe. Dabei werden die Systemebene und die Ablaufebene streng unterschieden. Ein Petrinetz, das ein System modelliert, kann Abläufe besitzen, die die Abläufe dieses Systems repräsentieren.

**Formalität.** Unabhängig von der konkreten Darstellung besteht ein Petrinetz aus mathematisch definierten Komponenten. So ist z.B. stets klar, wann zwei Petrinetze gleich sind, welche Bestandteile bei der Darstellung zum Modell gehören und welche rein darstellungsspezifisch sind.

**Dualität.** Auf allen Ebenen erfordert die Modellierung mit Petrinetzen eine konsequente Zerlegung dynamischer Systemkomponenten in passive (zustandsähnliche) und aktive (transformierende) Komponenten und eine Identifikation von unmittelbaren Beziehungen zwischen diesen Komponententypen.

**Grafische Darstellung.** Petrinetze können grafisch dargestellt werden. Grundsätzlich sind passive Komponenten runde Knoten, aktive Komponenten eckige Knoten, und die Verbindungen gerichtete Kanten. Andere Bestandteile sind durch entsprechende Annotationen am Gesamtnetz oder an seinen Komponenten angegeben.

**Lokalität des Verhaltens.** Das Verhalten eines Petrinetzes wird generiert vom Verhalten seiner aktiven Komponenten. Deren Verhalten hängt ausschließlich ab von ihren unmittelbar benachbarten passiven Komponenten und hat auch nur Auswirkungen auf diese. Es wird beschrieben durch die netzklassenspezifische Schaltregel.

**Nebenläufigkeit.** Sofern sie definiert ist, kann die Dynamik eines Petrinetzes durch Abläufe beschrieben werden, die durch die halbgeordneten Mengen der Ereignisse und Bedingungen gegeben sind.

## 2 Einsatz von Petrinetz-Modellen

**Validierung.** Aufgrund ihrer grafischen Darstellung können Petrinetze eingesetzt werden, um Vorstellungen über Systemstrukturen darzustellen, zu kommunizieren und so ihre Richtigkeit zu validieren.

**Simulation.** Für Petrinetze mit definiertem Verhalten können (sequentielle und nebenläufige) Abläufe durch sukzessive Anwendung der Schaltregel konstruiert werden.

**Steuerung.** Petrinetze können als Basis für die Steuerung komplexer dynamischer Systeme verwendet werden. Syntaktische Repräsentationen von Petrinetzen dienen dabei als Software für einen entsprechenden Interpreter.

**Analyse.** Es existieren Verfahren, die zu einem gegebenen Petrinetz Informationen zu seinem Verhalten ermitteln, z.B. zu möglichen Verklemmunssituationen, oder eine Zerlegung in sequentielle Teilnetze vornehmen.

**Verifikation.** Ein aktueller Forschungsgegenstand ist die Entwicklung von Verfahren, die zu einem gegebenen Petrinetz-Modell und einer Spezifikation gewünschter Verhaltenseigenschaften entscheiden, ob das Netz diese Eigenschaften besitzt oder nicht.

**Beweisverfahren.** Mit diesen Verfahren kann die Gültigkeit von Verhaltenseigenschaften gezeigt werden.

## 3 Anwendungsbereiche

**Technische Systeme.** Siehe z.B. die Tagungsreihe „Entwurf komplexer Automatisierungssysteme“ in Braunschweig.

**Betriebliche Informationssysteme.** Siehe z.B. die Aktivitäten der GI-Arbeitsgruppe „Petrinetze und betriebliche Informationssysteme in der Praxis“.

**Organisatorische Systeme.** Siehe die meisten Beispiele in den einschlägigen Lehrbüchern.

## 4 Abstraktionsebenen

Petrinetze unterstützen die Systemdarstellung auf verschiedenen Abstraktionsebenen. Die Petrinetz-Theorie entwickelt Formalismen für die Übergänge zwischen diesen Ebenen. Abstraktion läßt sich dabei in verschiedenen unabhängigen Dimensionen definieren:

**Granularität.** Wichtig für Top-Down Entwurf komplexer Modelle. Die Petrinetz-Struktur kann auf allen Ebenen zur Prüfung von Korrektheit und Plausibilität eingesetzt werden, auch wenn keine Schaltregel definiert ist.

**Modularität.** Komplexe Systeme entstehen durch Komposition von Modulen. Petrinetze erlauben zwei Kompositionstypen, nämlich Synchronisation (mit aktiven Schnittstellen) und Fusion (mit passiven Schnittstellen).

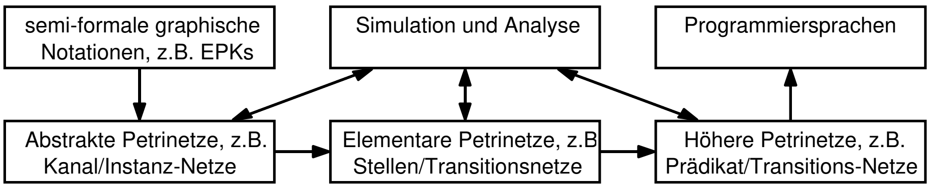
**Unterbestimmtheit.** Wenn das Verhalten eines Petrinetzes verschiedene, alternative Fortsetzungen hat, kann eine übergeordnete Instanz die Auswahl treffen. Auch Benutzungsschnittstellen können so modelliert werden.

**Daten.** Petrinetze können entweder ohne Schaltregel definiert sein, oder ihr Verhalten ist durch ein Markenspiel gegeben. Marken können ununterscheidbar oder verschiedenartig sein, oder auch komplexe Strukturen darstellen. Abstraktionsübergänge zwischen diesen Darstellungsformen erhalten wichtige Eigenschaften der Netzdynamik.

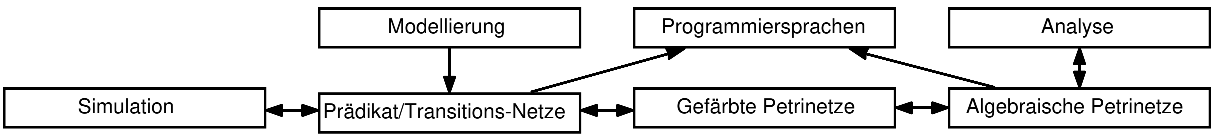
## 5 Petrinetze als Grundlage der Ablaufmodellierung

**Petrinetze als Bezugssprache für andere Modellierungssprachen.** Petrinetze stehen nicht in Konkurrenz zu anderen Modellierungssprachen, die meist im Kontext kommerzieller Werkzeuge eingesetzt werden, sondern sind formale Grundlage vieler Aspekte dieser Sprachen (analog zu den Formalen Sprachen in der Theoretischen Informatik, die auch nur geringe kommerzielle Bedeutung haben). Die Petrinetz-Theorie stellt die Terminologie für grundlegende Phänomene der Ablaufmodellierung zur Verfügung und ihre Ergebnisse sind auf andere Modellierungssprachen übertragbar. Wegen ihrer einfachen Definition und grafischen Darstellung werden Varianten von Petrinetzen aber auch selbst unmittelbar eingesetzt.

**Petrinetze als Bindeglied zwischen semi-formalen Beschreibungssprachen und Programmen.** Die zu große Distanz zwischen konzeptuellen (semi-formalen) Beschreibungssprachen, die abhängig vom Anwendungsbereich und den beteiligten Personen variieren, und exakten programmiersprachlich formulierten Algorithmen, die plattformabhängig variieren, wird mit Hilfe von Petrinetz-basierten Zwischensprachen überbrückt.




**Integration von Modellierung und Analyse.** Eine verfeinerte Sicht auf höhere Petrinetze unterscheidet syntaktisch definierte Prädikat/Transitions-Netze, die logische Ebene der repräsentationsunabhängigen Gefärbten Petrinetze und schließlich Algebraische Petrinetze als Ausgangspunkt für Analyseverfahren.




## 6 Aktuelle Forschungsprojekte

**Die Forschergruppe Petrinetz-Technologie in Berlin.** Entwicklung eines mehrdimensionalen Baukastens für die Modellierung und Analyse in verschiedenen Anwendungsbereichen.

**Das Projekt VIP in Karlsruhe und Frankfurt (M).** Validierung und Verifikation von Modellen betrieblicher Abläufe durch Konstruktion und Auswertung nebenläufiger Abläufe.

**Das Projekt INCOME in Karlsruhe.** Unterstützung des evolutionären Systementwurfs und Modellierung von Geschäftsprozessen und Workflows.

**Das Projekt PEP in Oldenburg, Hildesheim und Berlin.** Führendes Verifikationswerkzeug mit besonderem Schwerpunkt auf parallele Programme.