

Animation vielfältiger Prozeßabläufe mit Hilfe von Petri-Netzen

Georg Hohmann, Matthias Schleinitz
Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen
Professur Computergestützte Techniken
Coudraystraße 13A, D-99421 Weimar

1. Einleitung

Petri-Netze und deren Erweiterungen stellen ein leistungsfähiges Instrument zur Modellierung von Systemen und Prozessen dar. Auf der Grundlage dieser Modelle ist eine computerstützte Simulation sowie Animation der Prozeßabläufe möglich.

Einen Schwerpunkt der Modellierung mittels Petri-Netzen bildeten bisher Warteschlangensysteme. Weitere mathematische Methoden, die sowohl analytisch beschreibbar als auch graphisch darstellbar sind, wie z. B. Netzpläne, die Suche optimaler Wege in Netzen bzw. Dynamische Optimierung, können gleichfalls mit Hilfe von Petri-Netzen modelliert werden.

Ein an der Professur Computergestützte Techniken entwickeltes Programmsystem Nemo 2.0 dient der Modellierung und Animation auf der Grundlage von Bedingungs-Ereignis-Netzen (B/E-Netze). In anschaulicher Weise kann damit das Verständnis für die genannten Methoden sowie die mit ihrer Hilfe dargestellten Prozesse erleichtert werden.

2. Programmsystem Nemo 2.0

Das Programmsystem Nemo 2.0 [3] dient der Darstellung von Bedingungs-Ereignis-Netzen (B/E-Netze). Sind in den Netzen Konflikte bzw. Deadlocks vorhanden, so werden diese aufgezeigt. Zum jeweiligen Netz läßt sich ferner automatisch ein Zustandsgraph erzeugen. Um das Programmsystem für die Simulation sowie Animation von Prozeßabläufen nutzen zu können, ist es möglich, den Ereignissen (Transitionen) Schaltzeiten bzw. den Bedingungen (Stellen) Platzzeiten zuzuweisen. Für diese Zeiten lassen sich wahlweise deterministische als auch stochastische Größen vorgeben.

Dem Gesamtnetz wird eine globale Uhr und den einzelnen zeitbehafteten Knoten jeweils eine lokale Uhr zugeordnet. Beim Markendurchlauf kann, infolge Animation, der Zeitfortschritt auf den jeweiligen Uhren verfolgt werden. Zur Festlegung einer Schaltfolge bei Konflikten lassen sich den Transitionen Prioritäten zuweisen. Eine statistische Auswertung im Ergebnis einer Simulation wird für die Teilmenge von Transitionen bzw. Stellen vorgenommen, welche als Kontrollpunkte gekennzeichnet sind.

3. Warteschlangensysteme als Petri-Netz

Ein Warteschlangensystem ist gekennzeichnet durch Bedienstationen mit entsprechenden Abfertigungsraten und vor den Stationen befindlichen Warteschlangen. Ferner spielt die Ankunftsrate der Forderungen eine Rolle. Bei der Darstellung als Petri-Netz entspricht einer Bedienstation eine Transition mit stochastischer Schaltdauer. Eine Warteschlange wird durch eine Folge von Stellen und Transitionen abgebildet. Als Forderungen dienen die Marken auf den Stellen.

Bei einem geschlossenen System reihen sich die abgefertigten Elemente nach einer gewissen Zeit wieder als neue Forderungen in die Warteschlangen ein. Ein offenes System benötigt einen Generator zur Erzeugung neuer Forderungen (Marken) sowie einen Absorber zur Beseitigung abgefertigter Elemente (Marken). Bild 1 zeigt einen Generator bzw. Absorber.

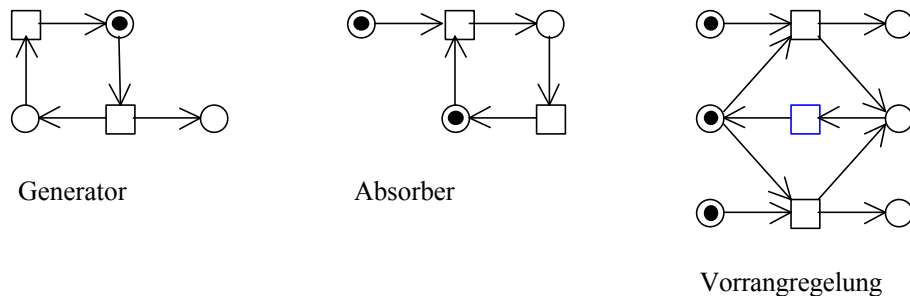


Bild 1: Makros für Generator, Absorber und Vorrangregelung

Mit Hilfe von Petri-Netzen lassen sich nicht nur einfache Warteschlangensysteme, sondern auch solche mit mehreren seriell bzw. parallel angeordneten Bedienstationen sowie entsprechenden Warteschlangen darstellen und simulieren. Eine Animation verdeutlicht den Durchlauf der Forderungen (Marken). Ist bei einem geschlossenen Warteschlangensystem die Strecke zur Hin- und Rückfahrt (z. B. bei Fahrzeugen als Forderungen) identisch und teilweise nur einspurig befahrbar, so wird eine Vorrangregelung erforderlich (Bild 1).

4. Netzpläne als Petri-Netz

Werden, ausgehend von einem Vorgangsknotennetz nach CPM, den Transitionen die Aktivitäten zugewiesen, so entsteht ein Synchronisationsnetz, d. h., die Stellen des Netzes besitzen keine Verzweigungen. Die Schaltzeiten der Transitionen entsprechen den Aktivitätsdauern. Durch Animation kann der Zeitfortschritt der einzelnen Aktivitäten (lokale Uhren) sichtbar gemacht werden.

Eine Hauptaufgabe der Netzplantechnik besteht darin, den kritischen Weg (längster Weg im Netz von der Quelle zur Senke) auszuweisen. Infolge zusätzlicher Netzstrukturen werden auf den Stellen der Teilstrecken, welche nicht zum kritischen Weg gehören, Marken gesetzt. Demzufolge handelt es sich beim kritischen Weg um einen markenfreien Weg. Bild 2 zeigt eine solche zusätzliche Netzstruktur zur Ermittlung des längsten Weges.

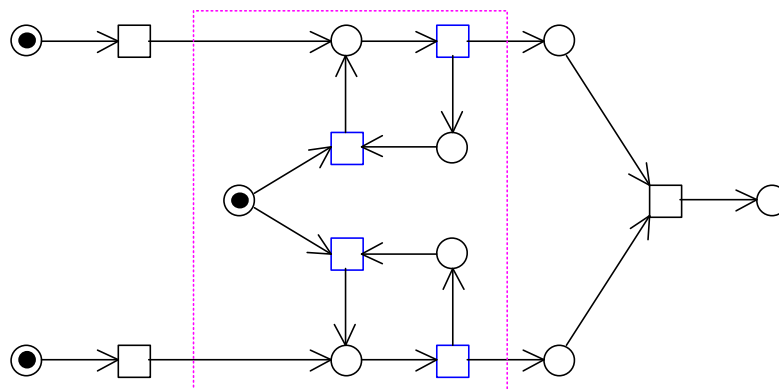


Bild 2: Makro zur Ermittlung des längsten Weges

5. Suche kürzester Wege in Netzen

Analog zum Netzplan werden den Transitionen Zeiten zugeordnet, welche der Bewertung der einzelnen Teilstrecken entsprechen. Die Animation macht den Zeitfortschritt auf den Teilstrecken sichtbar.

Infolge zusätzlicher Netzstrukturen werden auf den Stellen der Teilstrecken, die nicht zum kürzesten Weg gehören, Marken zurückgelassen. Demzufolge handelt es sich beim kürzesten Weg um einen markenfreien Weg. Bild 3 zeigt eine solche zusätzliche Netzstruktur zur Ermittlung des kürzesten Weges.

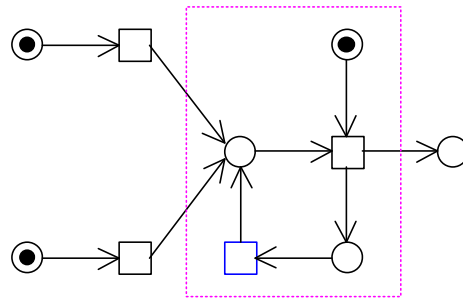


Bild 3: Makro zur Ermittlung des kürzesten Weges

6. Abschließende Bemerkungen

Ausgehend von den B/E-Netzen gibt es eine Reihe von Entwicklungen zu höheren Netzstrukturen. Die hier gewählte einfachste Form der Petri-Netze, die B/E-Netze, haben jedoch den Vorteil, daß eine Darstellung und Berechnung auch eindeutig in Matrizenform möglich ist. Dafür fallen die Netzstrukturen gegenüber höheren Petri-Netzen unter Umständen etwas umfangreicher aus. Es ist daher sinnvoll, immer wiederkehrende Teilstrukturen als Makros zu definieren und als solche in die Netze einzufügen.

Eine Form der höheren Netzstrukturen sind Evaluationsnetze (E-Netze). Bei der Modellierung auf ihrer Grundlage entstehen einfachere Netzstrukturen gegenüber den B/E-Netzen. Dafür muß allerdings in Kauf genommen werden, daß Entscheidungsprozeduren zur Auswahl von Marken zu erstellen sind und die Struktur nicht mehr problemlos in Form von Matrizen beschreibbar ist.

Literatur

- [1] Hohmann, G.: Ein Beitrag zur Modellierung, Simulation und Steuerung in CAD/CAM-Systemen des Bauwesens, Dissertation B
Weimar: Hochschule für Architektur und Bauwesen 1984
- [2] Franz, V.: Planung und Steuerung komplexer Bauprozesse durch Simulation mit modifizierten höheren Petri-Netzen; Dissertation
Kassel: Gesamthochschule-Universität 1989
- [3] Schleinitz, M.: Modellbildung und Simulation mit Nemo 2.0 auf der Grundlage von Petri-Netzen; Studienarbeit
Weimar: Bauhaus-Universität Weimar 1999

Anlagen

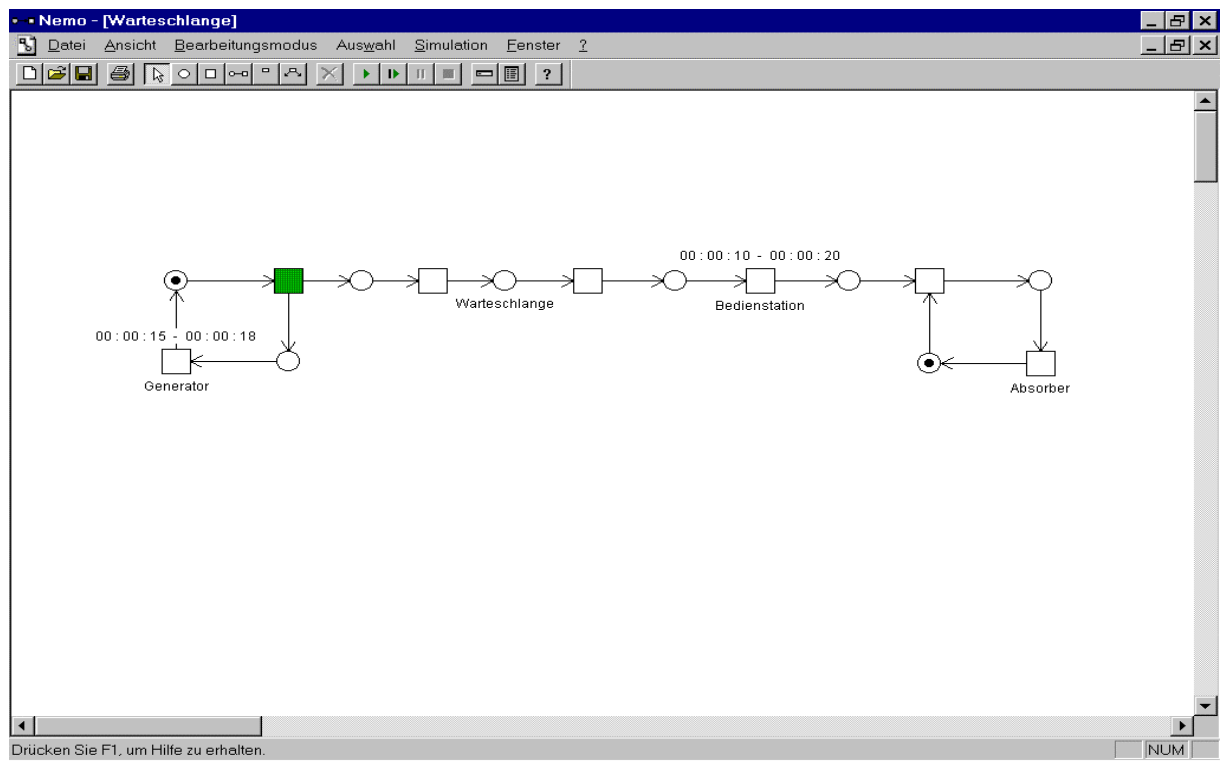


Bild A1: Offenes Warteschlangensystem mit Generator und Absorber

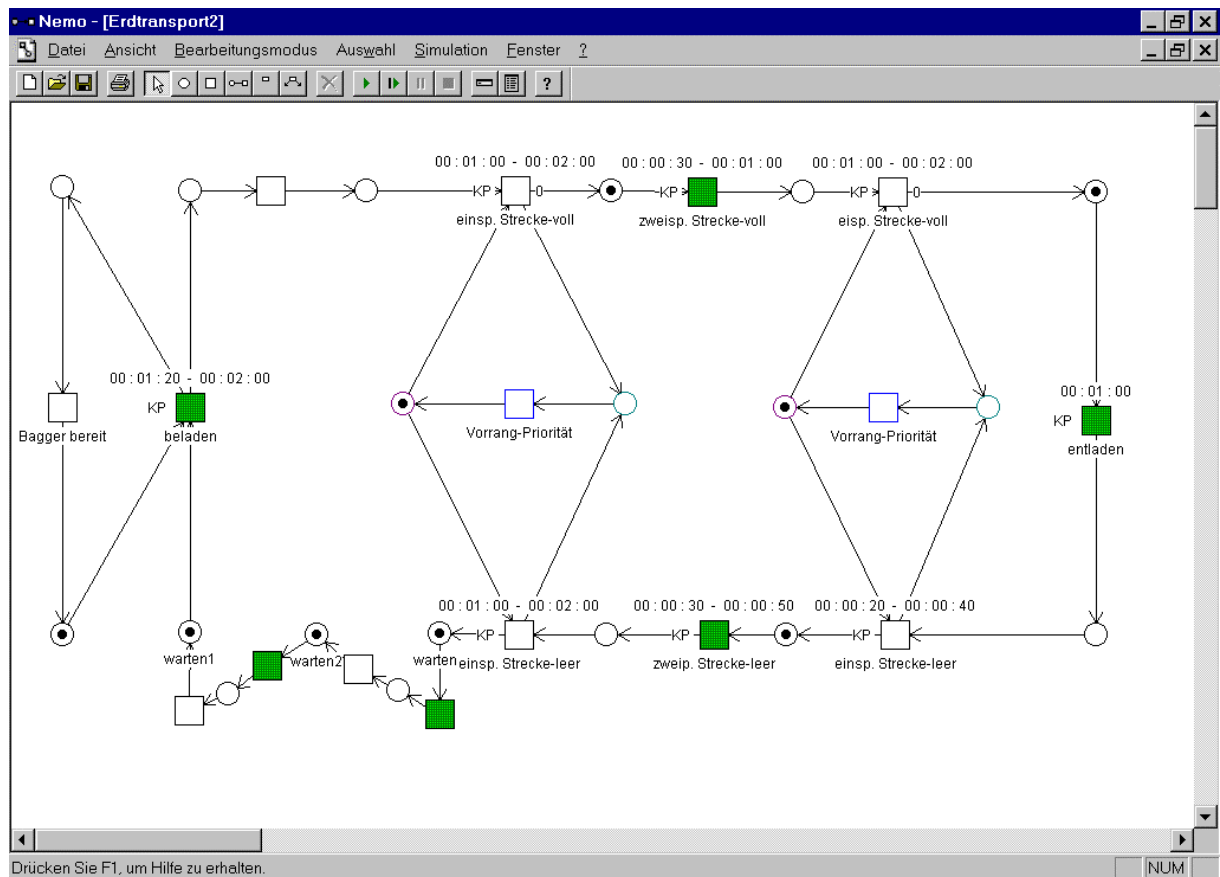


Bild A2: Geschlossenes Warteschlangensystem mit Vorrangregelung

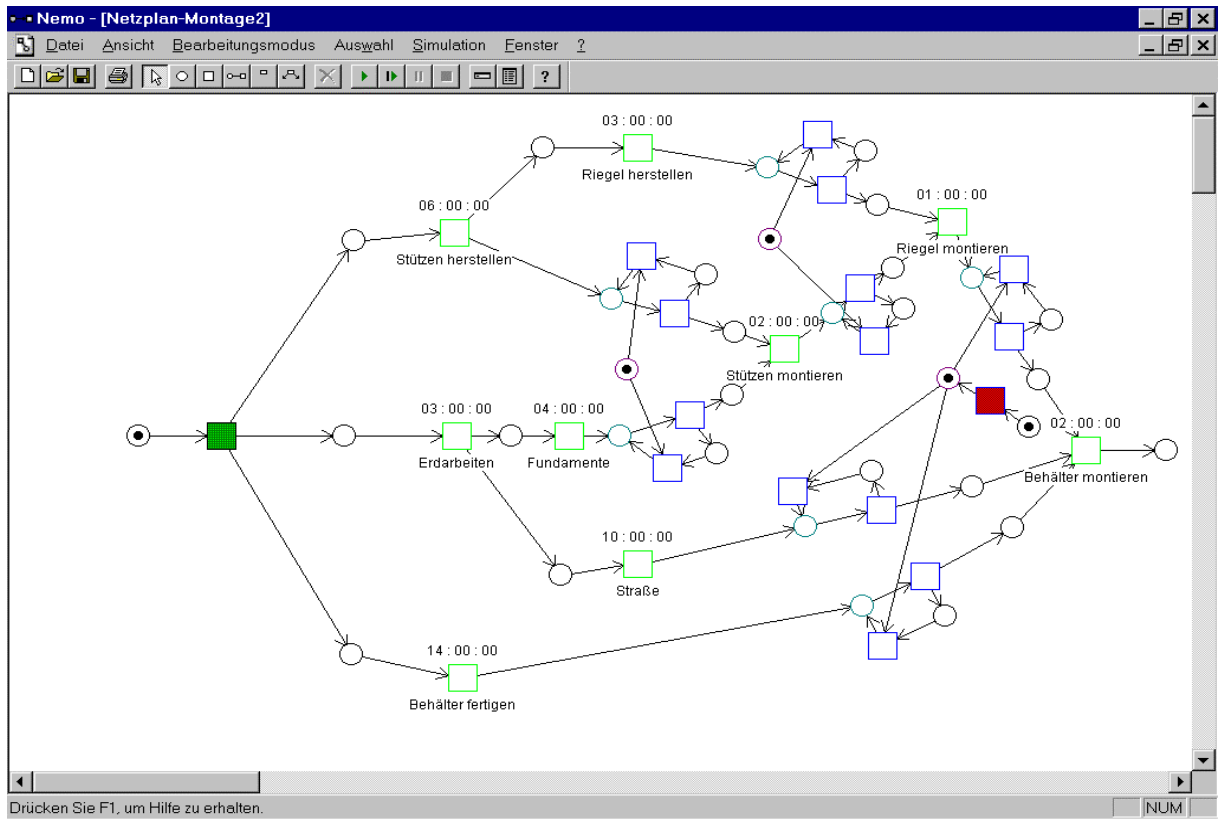


Bild A3: Netzplan vor dem Markendurchlauf

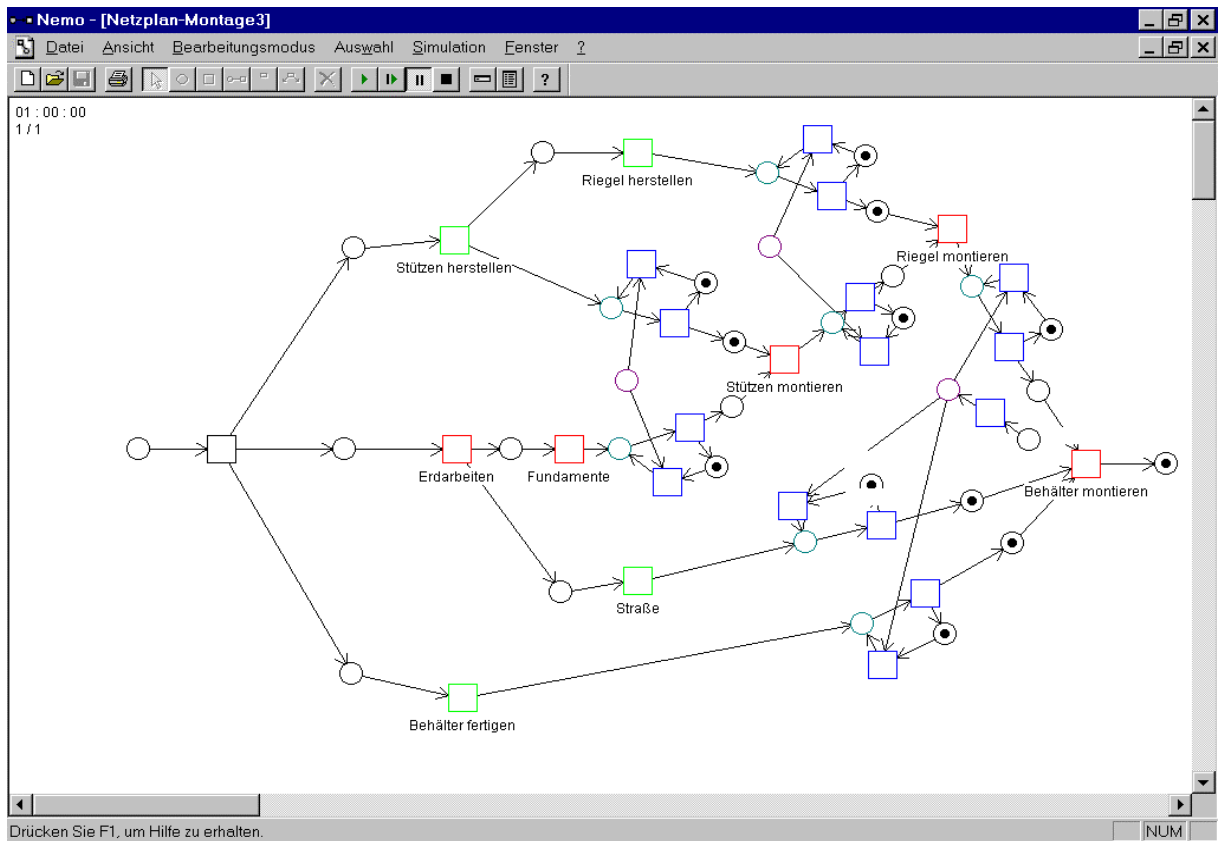


Bild A4: Netzplan nach dem Markendurchlauf (der kritischer Weg ist rot gekennzeichnet)

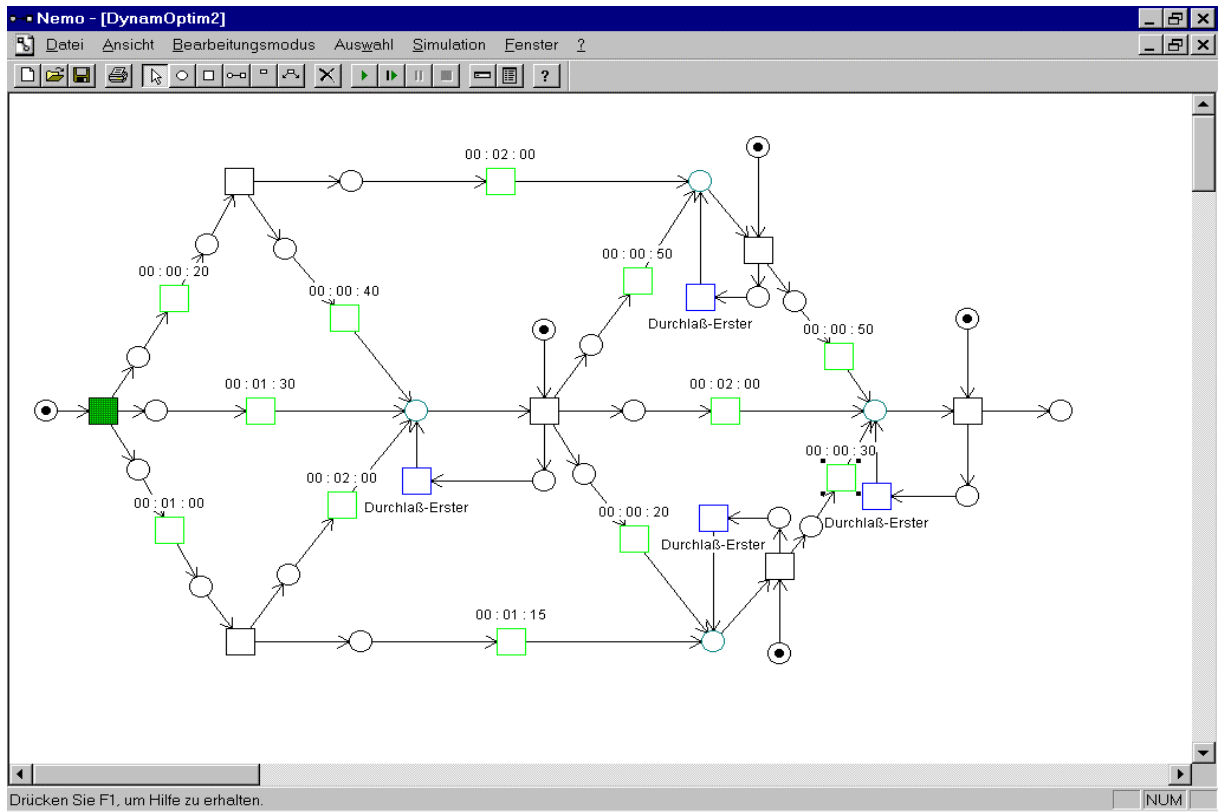


Bild A5: Suche des kürzesten Weges vor dem Markendurchlauf

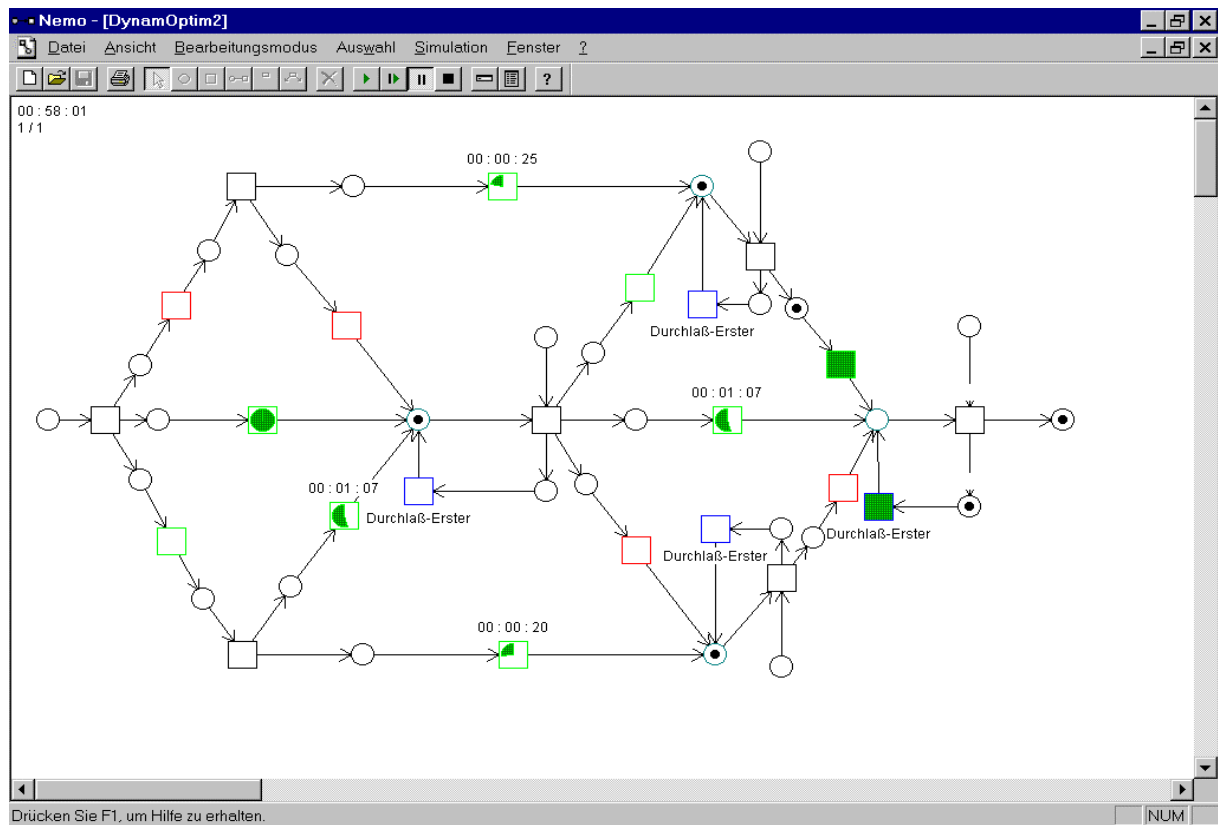


Bild A6: Suche des kürzesten Weges nach dem Markendurchlauf
(der kürzester Weg ist rot gekennzeichnet)