

TH1 Praktikum 2 : Ausarbeitung

Carsten Noetzel, Armin Steudte

18.04.2012

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe 1	1
1.1 Streckenmodellierung	2
1.2 Exklusives Befahren eines Gleisabschnitts	2
1.3 Zugmodellierung	2
2 Aufgabe 2	2
2.1 Umsetzung der Schranke	3
2.2 Umsetzung der Weiche	3
3 Aufgabe 3	4
3.1 S-Invarianten	4
3.2 T-Invarianten	5
3.3 Erreichbarkeitsgraph	6
3.4 Verhalten mit mehreren Zügen	6

Abbildungsverzeichnis

1 Umsetzung der Schranke	3
2 Umsetzung der Weiche	4
3 S-Invarianten des Netzes aus Aufgabe 2	4
4 T-Invarianten des Netzes aus Aufgabe 2	5
5 Erreichbarkeitsgraph für Aufgabe 1	7
6 Erreichbarkeitsgraph für Aufgabe 2	8

1 Aufgabe 1

In dieser Aufgabe ist eine Modelleisenbahn in Form eines Kreises zu modellieren. Dabei sollen folgende Aspekte beachtet werden:

- Es sollen mindestens 8 Gleisabschnitte geben.
- Zügen sollen sowohl vorwärts als auch rückwärts fahren können.
- Es dürfen sich nicht zwei Züge gleichzeitig auf einem Gleisabschnitt befinden.
- Es soll zwei Züge geben.

Im Folgenden sollen diese Aspekte in der oben genannten Reihenfolge betrachtet werden.

1.1 Streckenmodellierung

Ein Gleisabschnitt wird im Modell in Form einer Stelle mit der Kapazität von eins modelliert. Gleichzeitig existiert pro Gleisabschnitt eine zusätzliche Stelle mit einer Kapazität von eins, welche den Zustand eines Gleisabschnitts angibt. Sie wird initial mit einem Token belegt, was bedeutet dass dieser Gleisabschnitt nicht von einem Zug befahren wird und damit befahren werden kann. Kein Token auf der Stelle signalisiert einen nicht befahrbaren Gleisabschnitt.

Züge werden durch Token auf den Stellen dargestellt, die sich auf den Gleisabschnitts-Stellen bewegen. Ihre Bewegung wird dabei über das Schalten von Transitionen realisiert. Für jede Bewegungsrichtung existiert eine Transition t_1 zwischen zwei Stellen p_1 und p_2 . Für das Vorwärtsfahren bzw. die Hinrichtung existiert zwei Kanten (p_1, t_1) und (t_1, p_2) . Diese verbinden p_1 mit t und t_1 zusätzlich mit p_2 . Das Rückwärtsfahren bzw. die Rückrichtung wird durch eine weitere Transition t_2 und den dazugehörigen Kanten (p_2, t_2) sowie (t_2, p_1) simuliert.

1.2 Exklusives Befahren eines Gleisabschnitts

Wechselt ein Zug in den nächsten Gleisabschnitt so wird der Stelle, welche den Zustand zum Befahren eines Gleisabschnitts angibt, das Token entzogen. Diese Stellen agieren als Vorbedingung für die Transitionen die den Zug auf den ihnen zugeordneten Gleisabschnitt fahren lässt. Ist kein Token auf der Stelle, und damit der Streckenabschnitt nicht befahrbar, kann sowohl die Transition die den Zug im Uhrzeigersinn als auch die Transition die den Zug gegen den Uhrzeigersinn fahren lässt, nicht schalten.

Schaltet ein Transition so wird das Token an die Stelle davor zurückgegeben. Auf diese Weise kann nur ein Zug zur selben Zeit einen Gleisabschnitt befahren.

1.3 Zugmodellierung

Züge werden durch Token auf Gleisabschnitts-Stellen modelliert. Zwei Züge sind damit zwei Token die sich auf unterschiedlichen Stellen befinden.

2 Aufgabe 2

In dieser Aufgabe ist eine Modelleisenbahn in Form einer acht zu modellieren. Dabei sollen folgende Aspekte beachtet werden:

- Es sollen eine Schranke geben.
- Züge dürfen die Schranke nur passieren, wenn die die Schranke geschlossen ist.
- Es soll eine Weiche geben, die die beiden Kreise zu einer acht verbindet.
- Die Weiche soll in beide Richtungen befahrbar sein.

Im Folgenden sollen diese Aspekte in der oben genannten Reihenfolge betrachtet werden.

2.1 Umsetzung der Schranke

Abbildung 1 zeigt die im Schienennetz eingebrachte Schranke zwischen dem ersten und dritten Gleisabschnitt. Ein Zug der auf Gleisabschnitt 1 steht und mittels der Transition „rückwärts“ Gleisabschnitt 2 befahren will, hat als Vorbedingung die Stellen „Schranke geschlossen“ und „Abschnitt 2 frei“. Damit wird sichergestellt, dass Gleisabschnitt 2 immer nur dann befahren werden kann, wenn die Schranke geschlossen und der Abschnitt nicht von einem Zug belegt ist. Gleiches gilt für Gleisabschnitt 3 bei Zügen die mittels der Transition „vorwärts“ auf Gleisabschnitt 2 vorrücken wollen.

Die Schranke kann mittels der Transitionen „Schranke öffnen“ und „Schranke schließen“ geöffnet und geschlossen werden.

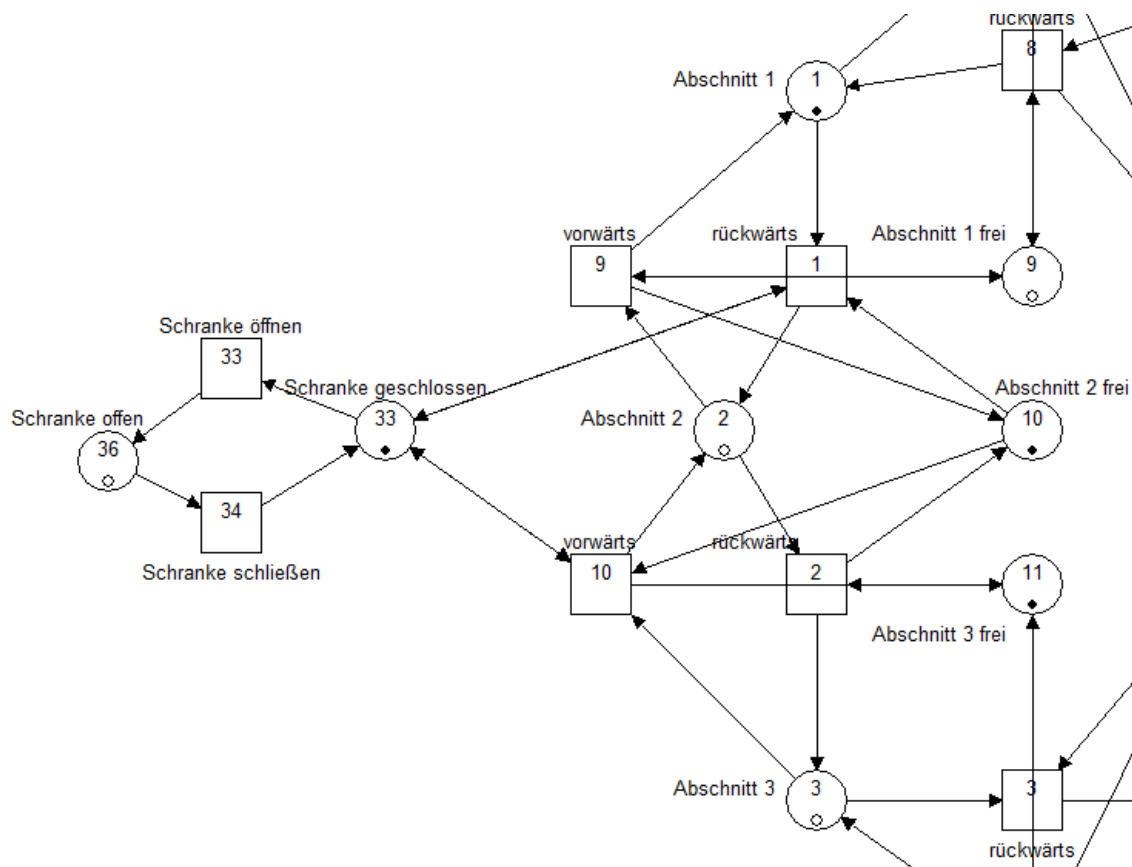


Abbildung 1: Umsetzung der Schranke

2.2 Umsetzung der Weiche

Abbildung 2 zeigt die im Gleisnetz eingebrachte Weiche, die die beiden kreisförmigen Strecken zu einer acht verbindet.

Ein Zug der auf Gleisabschnitt 6 steht, kann mittels der Transition „nehme Abzweigung“ die Abzweigung befahren, um zum rechten kreisförmigen Segment zu gelangen, wenn die Abzweigung frei ist. Nimmt ein Zug auf Gleisabschnitt 6 die Abzweigung so, wird durch die Transition „nehme Abzweigung“ der entsprechende Gleisabschnitt wieder auf frei gesetzt, da der Zug sich nun auf der Abzweigung befindet. Gleich gilt für Züge die sich auf Gleisabschnitt 2 im rechten kreisförmigen Segment befinden und zum linken kreisförmigen Segment wechseln wollen.

Nutzt ein Zug die Abzweigung, ist die Stelle „Abzweigung“ belegt. Die Transition „verlasse Abzweigung“ wird aktiviert wenn Gleisabschnitt 2 bzw. Gleisabschnitt 6 frei sind und ermöglichen es dem Zug, der sich auf der Abzweigung befindet, wieder in den kreisförmigen Verkehr einzusteigen. Mit dieser Modellierung ist sichergestellt, dass die Abzweigung in beide Richtungen befahren werden und auch in beide Richtungen verlassen werden kann. Zu jedem Zeitpunkt darf sich immer nur ein Zug auf der Abzweigung befinden.

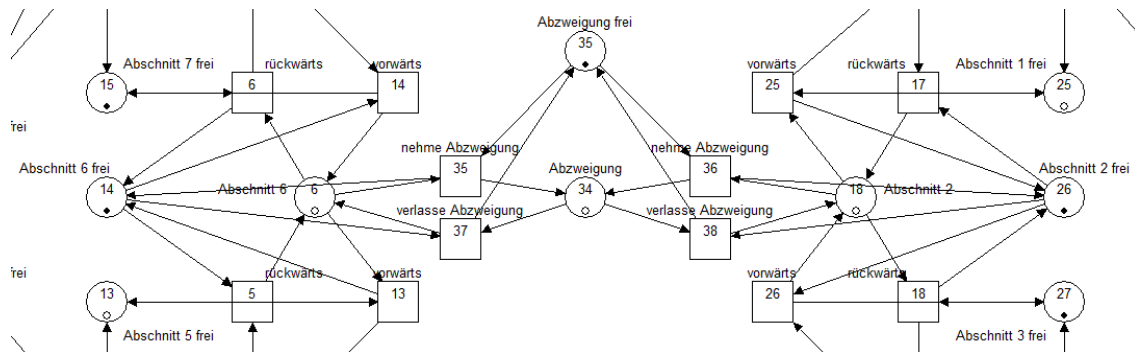


Abbildung 2: Umsetzung der Weiche

3 Aufgabe 3

3.1 S-Invarianten

Mit Hilfe des Tools Netlab wurde den die folgenden S-Invarianten berechnet.

[illegible]

Abbildung 3: S-Invarianten des Netzes aus Aufgabe 2

Die orange markierten Invarianten repräsentieren die Beziehung zwischen Gleisabschnitt (z.B. S1) und Token (z.B. S9), welches einen freien Gleisabschnitt signalisiert. Diese Invarianten sagen aus, dass jeweils immer nur ein Zug einen Gleisabschnitt befahren kann.

Die grün markierte Invariante beschreibt die Zusammenhänge der Stellen-Kreise (S1-S9; S17-S24) auf denen die Züge fahren. Da alle Stellen in den Kreisen ein Gewicht von 1 besitzen, ist sichergestellt, dass beim Bewegen des Zuges keine neuen Züge erstellt werden. Es werden nur existierende

Züge fortbewegt. Die Stelle S34 in dieser Invariante symbolisiert die Weiche, auch bei ihr ist sichergestellt dass keine neuen Züge erstellt werden.

Die blauen Markierungen repräsentieren den gleichen Aspekt für Stellen welche die „Freitokens“ beinhalten und zur Signalisierung eines freien Gleisabschnitts dienen. Eine Gewichtung von 1 sagt dabei aus, dass keine neuen „Freitokens“ erzeugt werden und somit sichergestellt ist, dass sich immer nur ein Zug auf einem Gleisabschnitt befinden kann.

Das Schaltverhalten der eingebauten Schranke wird durch die gelb markierte Invariante beschrieben. Sie beschreibt, dass die Schranke nie gleichzeitig offen und geschlossen sein kann, wie es in der Aufgabenstellung gefordert wurde.

Durch die rote Invariante ist sichergestellt, dass die Weiche nur durch einen Zug befahren werden kann und beim Befahren der Weiche keine neuen Züge erzeugt werden.

3.2 T-Invarianten

Für das Netz aus Aufgabe 2 wurden von Netlab die folgenden T-Invarianten berechnet.

T1:	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3:	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T9:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T10:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T11:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T12:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T13:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T14:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T15:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T16:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T17:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T18:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T19:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T20:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T21:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T22:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T23:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T24:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T25:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T26:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T27:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T28:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T29:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T30:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T31:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T32:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T33:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T34:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T35:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T36:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T37:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T38:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 4: T-Invarianten des Netzes aus Aufgabe 2

Die Zyklen innerhalb des Petrinetzes, die das Befahren der beiden Kreise in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung darstellen, wurden in den T-Invarianten blau markiert. Da Netlab nur einen Teil der T-Invarianten anzeigt, fehlt in der Abbildung das Befahren des linken Kreises in Vorwärtsrichtung. Generell zeigen die Invarianten aber, dass beide kreisförmigen Gleisabschnitt sowohl vorwärts als auch rückwärts durchgängig befahren werden können.

Die orangen Markierungen bedeuten, dass alle Gleisabschnitte sowohl vorwärts als auch rückwärts befahren werden können. Auch hier wird durch Netlab nur ein Teil der dazugehörigen Invarianten berechnet. Ein Beispiel sind die Transitionen T1 und T9 die zusammen mit der Stelle 1 das Vorwärts- sowie Rückwärtsfahren des ersten Gleisabschnitts realisieren.

Die Weiche wird in den T-Invarianten durch die roten Markierungen sichtbar. Der Zyklus beschreibt hierbei, dass es in unserer Modellierung möglich ist Züge auf den Gleisabschnitt der Weiche rauf- und runterfahren zu lassen. Dieses ist von beiden Kreisen aus möglich.

Das Schalten der Schranke zwischen dem geöffneten und geschlossenem Zustand kann an der gelben Markierung festgemacht werden. Es ist somit sichergestellt, dass sich die Schranke nur in einem dieser beiden Zustände befindet und es keine nicht definierten Zustände gibt.

3.3 Erreichbarkeitsgraph

Um einen möglichst übersichtlichen Graphen zu erhalten, haben wir zunächst den Erreichbarkeitsgraphen für Aufgabe 1 mit einem einzigen Zug erzeugt. Dieser wird in Abbildung 5 dargestellt. Die Richtigkeit unserer Modellierung ist daran zu erkennen, dass zwischen den einzelnen Kombinationen möglicher Steller jeweils nur zwei Kanten existieren. Je eine Kante für die Vorwärts- und eine für die Rückwärts-Bewegung des Zuges.

Der Erreichbarkeitsgraph mit einem Zug für Aufgabe 2 ist in Abbildung 6 dargestellt. Durch die die zusätzlichen Stellen und das Vorhandensein der Schranke, die unabhängig von der aktuellen Position des Zuges geschaltet werden kann, sind in diesem Erreichbarkeitsgraphen wesentlich mehr Kombinationen belegter Stellen möglich. Da die Schranke in jedem Zustand mit den Transitionen „Schranke öffnen (T33)“ und „Schranke schließen (T34)“ schalten kann, verdoppelt sich allein durch das Vorhandensein der Schranke die Anzahl an möglichen Kombinationen. Auch für diesen Graphen gilt, dass mit zwei Kanten jeweils die Vorwärts- und Rückwärts-Bewegung des Zuges abgebildet wird.

3.4 Verhalten mit mehreren Zügen

Setzt man von Beginn an eine größere Anzahl von Zügen auf das Streckennetz, so haben die Züge weniger Möglichkeiten sich zu bewegen, da mehr Gleisabschnitte blockiert sind. Da es aber durch mehr Züge auf dem Netz vielmehr mögliche Kombinationen gibt, wie die Stellen belegt sein können, wird sich der Erreichbarkeitsgraph des Netzes mit jedem Zug der hinzugefügt wird vergrößern. Dies geschieht solange, bis alle Gleisabschnitt besetzt sind und es damit keine Bewegungsmöglichkeiten mehr gibt. Ein solche Situation würde einen Erreichbarkeitsgraphen mit der Anfangsmarkierung erzeugen der keine Kanten besitzt, da keine Transition schalten kann, die einen Zug bewegt. Als Ausnahme hiervon ist das öffnen und schließen der Schranke zu sehen, das unabhängig von den Zügen geschehen kann.

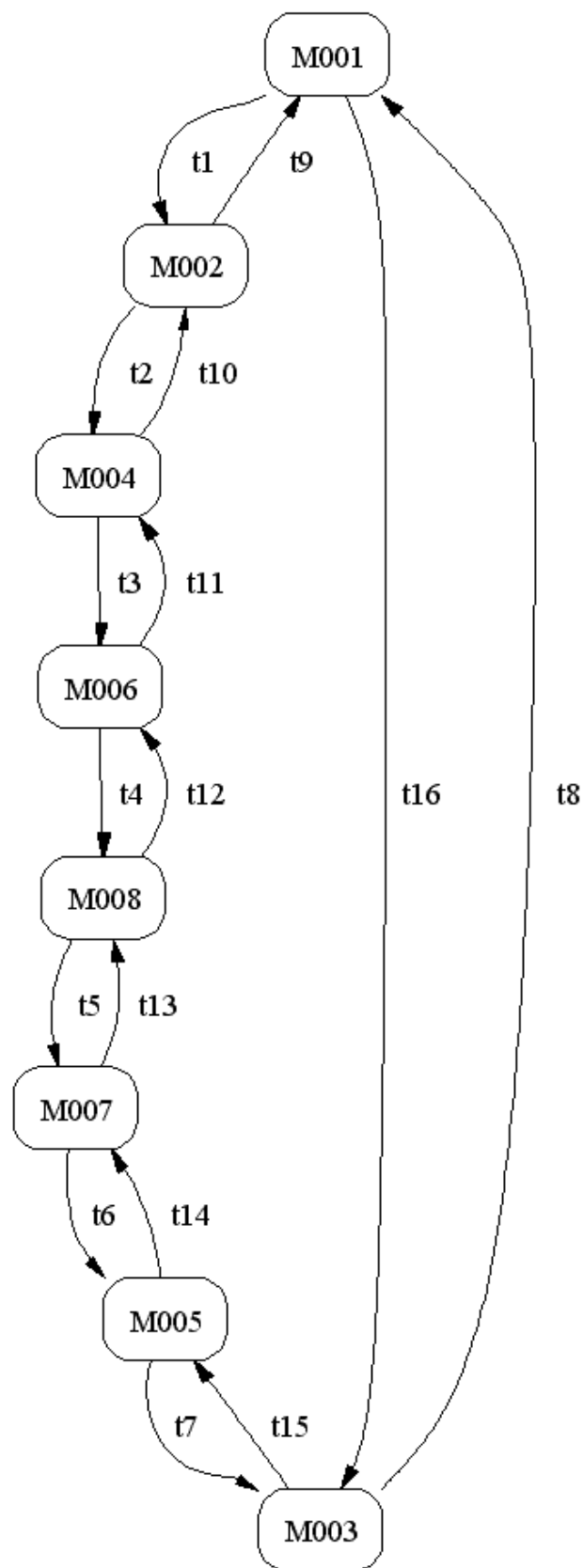


Abbildung 5: Erreichbarkeitsgraph für Aufgabe 1

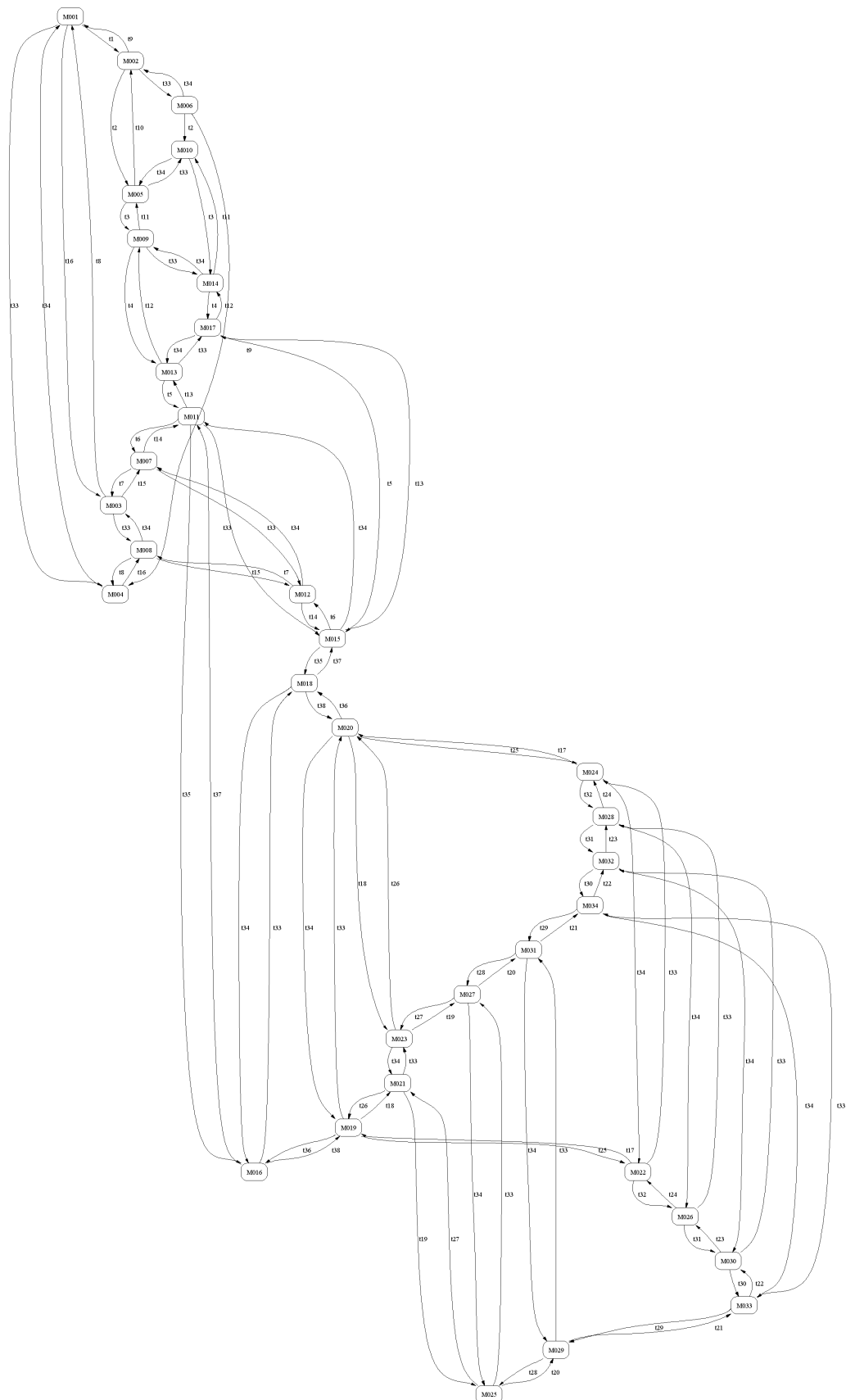


Abbildung 6: Erreichbarkeitsgraph für Aufgabe 2