Fragen, Antworten und Kommentare zur aktuellen Vorlesung

Das Video zur Lösung der Aufgaben 3 und 4 finden Sie unter: https://youtu.be/hcrGzXdIznk . Bei Aufgabe 4 fehlt ein Übergang `einb c zweic1 # L`

Das Video zur Lösung der Aufgaben 5 und 6 finden Sie unter: https://youtu.be/AbT9PHY7UIE.

Das Thema „Erstellung einer Turing-Maschine“ wird auch in der Übung in der nächsten Woche behandelt.

Frage: In Folie 36 wird gezeigt das der Schreib-Lese-Kopf auf der Position r steht, dies kann aber nicht der Startzustand sein oder? Der Startzustand muss zwingend nach dem Wort stehen und nicht mitten drinnen oder habe ich etwas falsch verstanden? Ist der Startzustand dann immer unmittelbar hinter dem Wort oder kann auch ein # noch dazwischen liegen?

Antwort: Genau auf Folie 36 wird das Konzept eingeführt und das Bild zeigt eine laufende Maschine in Aktion. Am Start würde der der Kopf wie von Ihnen beschrieben rechts neben dem „t“ stehen. Nach Folie 41 darf im Eingabewort kein Leerzeichen stehen, außer die Maschine soll mit n Wörtern (n > 1) starten, dann ist ein Leerzeichen zwischen den einzelnen Wörtern. Das wird allerdings als Verallgemeinerung erst in Folie 59 erklärt.

Die Eingabe ohne Leerzeichen ist dabei keine Einschränkung, man könnte statt der Leerzeichen ein neues Zeichen bei der Eingabe wählen und die Turing-Maschine würde in den ersten Schritten dieses neue Zeichen durch Leerzeichen ersetzen und wieder hinter die Eingabe laufen.

Frage: Soll ich zur Fehlerbehandlung einen speziellen error-Zustand nutzen?

Antwort: Nein, wenn in einem Zustand ein Zeichen gelesen wird, dass nicht erwartet wird, was also einen Fehler anzeigt, wird die Turing-Maschine an dieser Stelle schlicht nicht definiert. Formaler: Es gibt dann keine Folgekonfiguration, da aber die letzte Aktion für den Schreib-Lesekopf kein S war, wird die Eingabe so nicht akzeptiert.

Frage: Muss eine Turing-Maschine vollständig definiert werden?

Antwort: Nein, die Überführungsfunktion darf Lücken haben, also partiell sein. Ist ein Übergang nicht definiert, ist das Verhalten der Turing-Maschine nicht definiert, was bedeutet, dass sie nicht terminiert und es so keine erfolgreiche Berechnung ist.

Frage: Können wir Turing-Maschinen auch in der graphischen Form in der Klausur angeben?

Antwort: Ist auch ok. (Persönlich finde ich die graphische Notation nicht besser lesbar als die textuelle, zumindest wenn Korrekturen angebracht werden müssen.)

Frage: Soll in der Klausur die Turing-Maschine auch immer rechts neben dem Wort starten?

Antwort: Ja (auch wenn in der Literatur meist links vom Wort gestartet wird). Als Anmerkung ergänzt, wenn Sie Abläufe für Turing-Maschinen angeben, ist es wichtig, dass Sie immer vollständige Konfigurationen aufschreiben.

Frage: wenn da a^n steht und n=0, dann ist das doch das leere Wort?

Antwort: Stimmt.

Frage: Ist es wichtig wo der Schreib-Lesekopf am Ende steht?

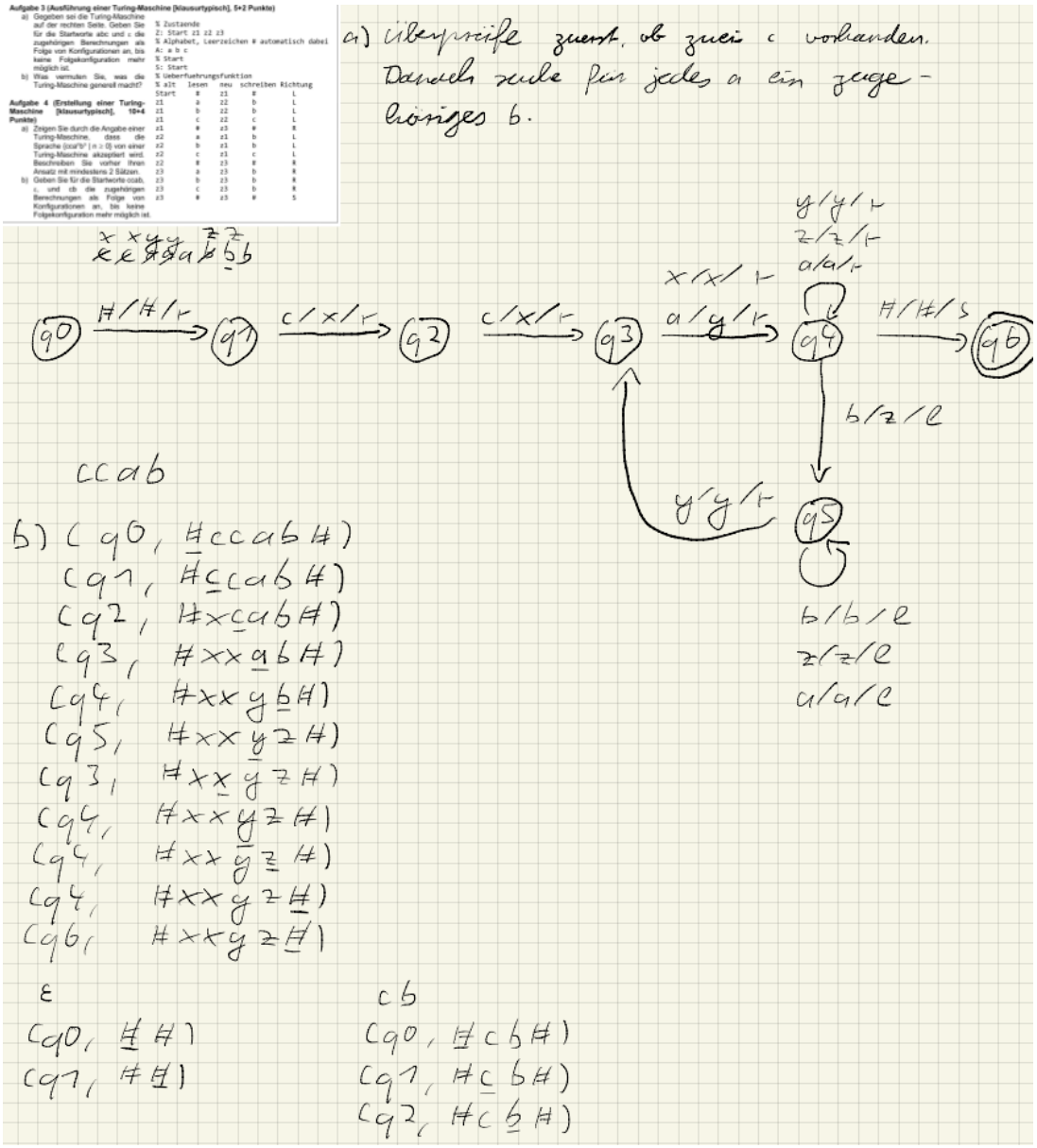
Antwort: Nein und ja. Nein, wenn Sie überprüfen sollen, ob ein Wort zu einer Sprache gehört. Da ist es nur wichtig, dass die Turing-Maschine genau dann terminiert (S), wenn das Wort zur Sprache gehört. Ja, die Position ist wichtig, wenn es darum geht eine Turing-Maschine für die Berechnung einer Funktion anzugeben. Hier ist gefordert, dass der Schreib-Lesekopf rechts neben dem Ergebnis (also nicht auf dem letzten Zeichen) steht.

- f(w1,…,wm) = (u1,…,un) genau dann wenn es eine terminierende Berechnung Start, #w1#w2#...#wm# ->* z, #u1#u2#...#un# gibt

Frage: Ich habe Schwierigkeiten bei der Eingabe der Turing-Maschine.

Antwort: Wenn Sie die Tests laufen lassen, dann bei der Ausgabe zuerst ganz nach oben scrollen, da könnte es Warnungen bezüglich fehlender Zeichen oder Zustände geben. Bei längeren Zustandsnamen immer genau nach Tippfehlern suchen.

Frage: Können Sie meine Lösung zu Aufgabe 4 überprüfen?



Antwort: Generell gerne, sollte aber wenn möglich in der Vorlesungs- oder der anschließenden Praktikumszeit geschehen, da man dann gemeinsam über die Ideen reden kann. In der VL-freien Zeit geht einfach eine E-Mail oder der Wunsch nach einem Zoom-Termin mit der Nennung möglicher Zeitintervalle. Meine Empfehlung ist immer, wenn möglich zuerst mit einem Simulator, entweder in meiner Umgebung oder einem im Netz auszuführen und vorhandene JUnit-Tests zu nutzen. Da der Computer auch dann noch einfach „nein“ sagen kann, schicken Sie dann Ihren Lösungsansatz, eventuell mit Ergebnissen der genannten Tests an mich.

zu a) Die grobe Beschreibung wäre in Ordnung, wobei der zweite Satz recht unpräzise ist (was auch zu Problemen führt)

Zunächst fällt auf, dass sie davon ausgehen, dass die Turing-Maschine links vor dem Eingabewort startet. Das findet man häufig in der Literatur, ist aber in der Vorlesung (auch K. Morisse) nicht der Fall. Lässt sich leicht retten, indem man auf die linke der Seite der Eingabe läuft, was allerdings hier fehlt und Punkte kostet. Die Maschine ist fast ok, das Problem ist, dass sie nach einem a und der Suche nach einem b, wenn Sie sofort ein Leerzeichen finden (cca), terminieren. Das passiert auch bei cca^n, n>0 allgemein. Sie müssten in q5 prüfen, ob danach ein Leerzeichen kommt, um dann zu

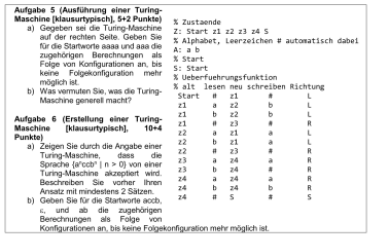
terminieren. Weiterhin muss das Wort cc akzeptiert werden, das ist bei Ihnen nicht der Fall. Der Rest ist ok.

Ihr Problem tritt auch in (q5,#xxyz#) auf, der von Ihnen genutzte Übergang existiert nicht im Diagramm. Die Idee, dass ein x auf das letzte gefundene a hindeutet, könnte zielführend werden.

Bei cb muss das c in der letzten Zeile ein x sein.

Generell würde Ihre Lösung in etwa die Hälfte der Punkte liefern.

Frage: Können Sie meine Lösung zu Aufgabe 6 überprüfen?



Aufgabe 5 (Ausführung einer Turing-Maschine [klausurtypisch], 5+2 Punkte)

a) Gegeben sei die Turing-Maschine auf der rechten Seite. Geben Sie für die Startworte aaaa und aaa die zugehörigen Berechnungen als Folge von Konfigurationen an, bis keine Folgekonfiguration mehr möglich ist.

b) Was vermuten Sie, was die Turing-Maschine generell macht?

```
% Zustaende
Z: Start z1 z2 z3 z4 S
% Alphabet, Leerzeichen # automatisch dabei
A: a b
% Start
S: Start
% Ueberfuehrungsfunktion
% alt  lesen neu schreiben Richtung
  Start  #   z1      #        L
  z1     a   z2      b        L
  z1     b   z2      b        L
  z1     #   z3      #        R
  z2     a   z1      a        L
  z2     b   z1      a        L
  z2     #   z3      #        R
  z3     a   z4      a        R
  z3     b   z4      #        R
  z4     a   z4      a        R
  z4     b   z4      b        R
  z4     #   S       #        S
```

Aufgabe 6 (Erstellung einer Turing-Maschine [klausurtypisch], 10+4 Punkte)

a) Zeigen Sie durch die Angabe einer Turing-Maschine, dass die Sprache $\{a^n c c b^n \mid n > 0\}$ von einer Turing-Maschine akzeptiert wird. Beschreiben Sie vorher Ihren Ansatz mit mindestens 2 Sätzen.

b) Geben Sie für die Startworte accb, ε, und ab die zugehörigen Berechnungen als Folge von Konfigurationen an, bis keine Folgekonfiguration mehr möglich ist.

Die grobe Beschreibung wäre in Ordnung, wobei der zweite Satz recht unpräzise ist. (Startproblem s. vorherige Frage)

Die Maschine ist fast richtig, das Problem ist, dass zu viele b auch akzeptiert werden, da der Fehler nicht entdeckt wird. Sie akzeptieren a^nccb^m mit $m \geq n$. Das Problem lässt sich beheben indem Sie prüfen, dass in q6 rechts davon kein b steht. Die Konfigurationsfolgen sind ok.

Generell würde Ihre Lösung in etwa 70% der Punkte liefern.

Generell ist es bei Strukturen der Form a^nb^n einfacher die äußeren a und b zu markieren und dann schrittweise nach innen zu gehen. So ist meist feststellbar, ob die Anzahl gleich ist. Das wurde bei beiden Aufgaben nicht gemacht und hat zu Problemen geführt.

Frage: Können die Lösungsüberprüfungen auch ohne Eclipse genutzt werden?

Antwort: Generell ja, da JUnit unabhängig von einer Entwicklungsumgebung auch von der Konsole aus aufrufbar ist. Allerdings ist der Weg recht aufwendig. Dabei gibt es eine einfachere funktionierende Lösung mit Schwächen in der Ausgabe und eine komplexere und schönere Lösung. Beide werden im Folgenden vorgestellt.

Bei der einfachen Lösung wird die Command-Umgebung (cmd) von Windows genutzt. Die Konsole wird entweder über Windows direkt oder über die KleukerSEU mit StartKonsole.bat aufgerufen. Wird die KleukerSEU nicht genutzt, muss Java installiert sein. Als Beispiel wird folgende Aufgabe betrachtet.

a) Übertragen Sie Ihre Turing-Maschine aus 4a) in das Format des Simulators in die vorhandene Datei beispiele/turingmaschinen/TMcca_nb_n.tm. Prüfen Sie mit den JUnit-Tests aus test.turingMaschine.TMcca_nb_nTest.java ob Ihre Maschine die enthaltenen Tests besteht. Korrigieren Sie gegebenenfalls Ihre Turing-Maschine.

Zur Vorbereitung wird die Datei theoriesammlung.zip von der Veranstaltungsseite geladen und in einem beliebigen Verzeichnis, hier C:\Internet ausgepackt. Weiterhin wird eine Hilfsbibliothek zur einfachen JUnit-Ausführung benötigt, die unter https://repo1.maven.org/maven2/org/junit/platform/junit-platform-console-standalone/ und der höchsten Nummer heruntergeladen werden kann. Im Beispiel wird https://repo1.maven.org/maven2/org/junit/platform/junit-platform-console-standalone/1.9.3/junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar genutzt und in das Unterverzeichnis der Theoriesammlung kopiert. Das Verzeichnis sieht dann wie folgt aus, in diesem Verzeichnis erfolgen auch die folgenden Schritte:

```
C:\Internet\theoriesammlung> dir
 Volume in Laufwerk C: hat keine Bezeichnung.
 Volumeseriennummer: 64A2-8XYZ

 Verzeichnis von C:\Internet\theoriesammlung

03.04.2024  16:52    <DIR>          .
03.04.2024  16:52    <DIR>          ..
03.12.2022  12:39               502 .classpath
03.12.2022  11:43               391 .project
03.12.2022  11:43    <DIR>          .settings
02.03.2023  20:36    <DIR>          beispiele
19.02.2024  20:40    <DIR>          bin
03.04.2024  16:36         2.614.186 junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar
```

```
02.03.2023  20:27    <DIR>          src
               3 Datei(en),      2.615.079 Bytes
               7 Verzeichnis(se), 15.514.030.080 Bytes frei
```

Falls nicht die KleukerSEU genutzt wird und Java nicht in der PATH-Variablen steht, kann der PATH auch nur für diese Nutzung der Umgebung ergänzt werden. Dabei muss der Pfad natürlich zur vorhandenen Java-Installation passen.

```
set PATH=C:\kleukersSEU\java\bin;%PATH%
```

Jetzt muss zunächst die zur Verfügung gestellte Testdatei aus der Aufgabenstellung übersetzt werden. Dies erfolgt mit dem folgenden Befehl, der in einer Zeile steht.

```
javac -d out -cp junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar;src
src\test\turingMaschine\TMcca_nb_nTest.java
```

Mit -d out wird ein Verzeichnis für die übersetzten Dateien angegeben. Werden verschiedene Tests ausgeführt, ist es sinnvoll, dieses Verzeichnis zwischenzeitlich wieder zu löschen. Mit -cp werden Bibliotheken, also Jar-Dateien und Ordner dem Class-Path von Java hinzugefügt, in dem Java die genutzten Klassen sucht. Die einzelnen Einträge in den Class-Path werden in Windows mit einem Semikolon getrennt.

Die eigentlichen Tests werden mit dem folgenden Befehl ausgeführt. Der letzte Parameter verhindert die farbige Ausgabe der Ergebnisse, da im Standard keine ANSI-Steuerzeichen unterstützt werden. Die Turing-Maschine muss in der in der Aufgabe geforderten Datei stehen. Im Beispiel befindet sich dort eine Turing-Maschine, die keine Schritte machen kann.

```
java -jar junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar --class-path out --scan-
class-path --disable-ansi-colors
```

Der folgende Ausschnitt des Ergebnisses zeigt die Testergebnisse, weiterhin sind Ausgaben der theoriesammlung erahnbar, allerdings nicht klar lesbar. Zu jedem gescheiterten Test werden weitere Informationen ausgegeben.

```
C:\Internet\theoriesammlung>java -jar junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar
--class-path out --scan-class-path --disable-ansi-colors
Start: (Start, #aabbc←[4m#←[0m)
Start: (Start, #ccab←[4m#←[0m)
Start: (Start, #cc←[4m#←[0m)
Start: (Start, #ccaaabbb←[4m#←[0m)
Start: (Start, #ccaaaaaaaaaabbbbbbbbbb←[4m#←[0m)
Start: (Start, #←[4m#←[0m)
Start: (Start, #cb←[4m#←[0m)
Start: (Start, #cab←[4m#←[0m)
Start: (Start, #cccab←[4m#←[0m)
Start: (Start, #ccaacbb←[4m#←[0m)

Thanks for using JUnit! Support its development at https://junit.org/sponsoring

.
+-- JUnit Jupiter [OK]
| '-- TMcca_nb_nTest [OK]
|   +-- test10() [OK]
|   +-- test1() [X] expected: <true> but was: <false>
|   +-- test2() [X] expected: <true> but was: <false>
|   +-- test3() [X] expected: <true> but was: <false>
|   +-- test4() [X] expected: <true> but was: <false>
|   +-- test5() [OK]
```

```
|   +-- test6() [OK]
|   +-- test7() [OK]
|   +-- test8() [OK]
|   '-- test9() [OK]
+-- JUnit Vintage [OK]
'-- JUnit Platform Suite [OK]

Failures (4):
  JUnit Jupiter:TMcca_nb_nTest:test1()
    MethodSource [className = 'test.turingMaschine.TMcca_nb_nTest', methodName =
'test1', methodParameterTypes = '']
```

Um zu einer lesbareren Ausgabe zu kommen, wird eine Erweiterung der Windows Powershell genutzt, die unter https://github.com/microsoft/terminal/releases geladen werden kann. Im Beispiel wird https://github.com/microsoft/terminal/releases/download/v1.19.10821.0/Microsoft.WindowsTerminal_1.19.10821.0_x64.zip genutzt. Um Java temporär in der Shell zu nutzen, kann folgender Befehl genutzt werden, der zum Installationsverzeichnis zeigen muss.

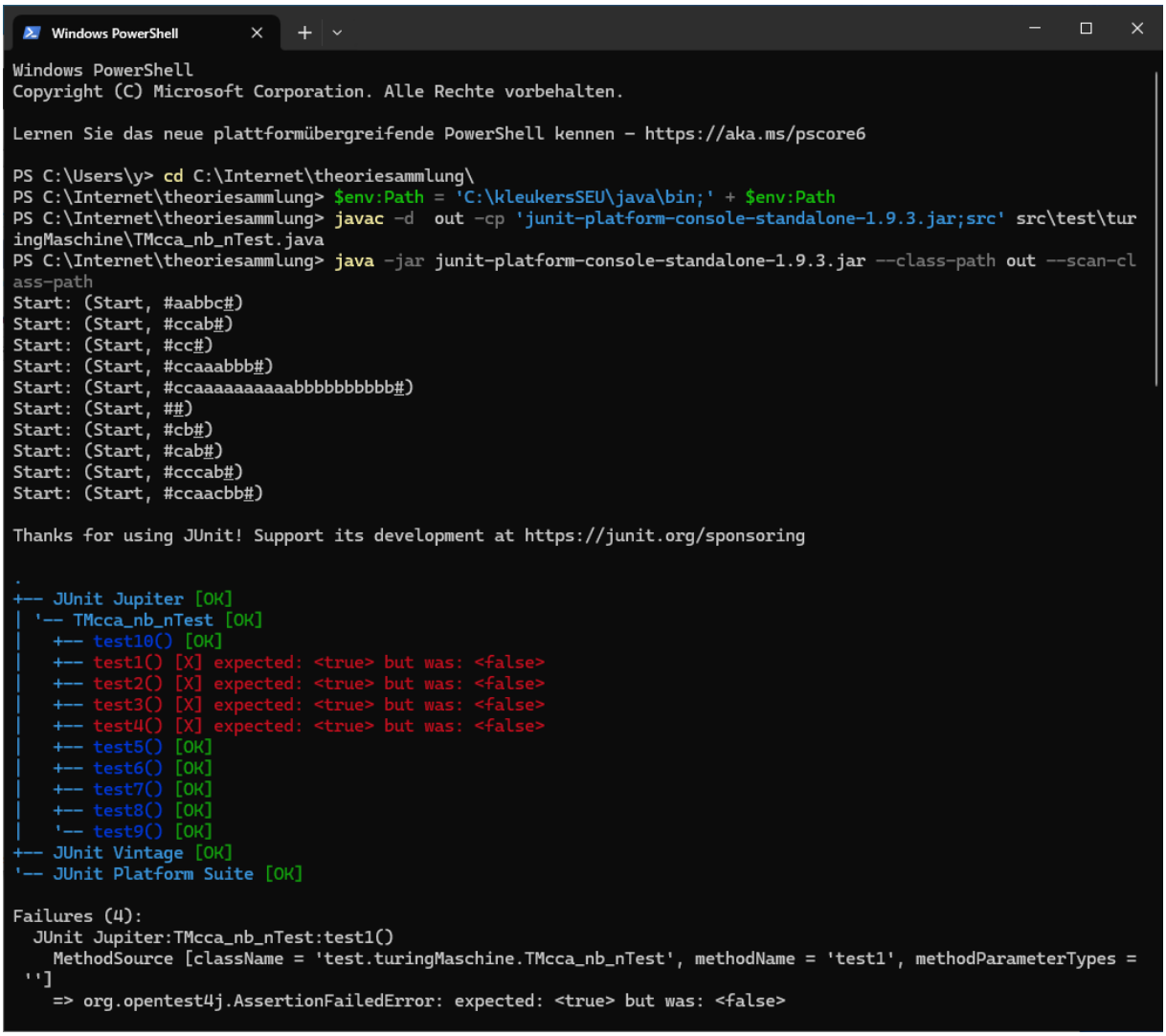
```
$env:Path = 'C:\kleukersSEU\java\bin;' + $env:Path
```

Es wird das Programm WindowsTerminal.exe gestartet. Generell werden fast die gleichen Befehle genutzt, allerdings der Class-Path (-cp) muss bei der Kompilierung in Anführungszeichen stehen und bei der Ausführung wird der letzte Parameter weggelassen.

```
javac -d out -cp 'junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar;src'
src\test\turingMaschine\TMcca_nb_nTest.java
```

```
java -jar junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar --class-path out --scan-
class-path
```

Ein Ausschnitt des Ergebnisses sieht wie folgt aus.


Windows PowerShell
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.
Lernen Sie das neue plattformübergreifende PowerShell kennen – https://aka.ms/pscore6
PS C:\Users\y> cd C:\Internet\theoriesammlung\
PS C:\Internet\theoriesammlung> $env:Path = 'C:\kleukersSEU\java\bin;' + $env:Path
PS C:\Internet\theoriesammlung> javac -d out -cp 'junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar;src' src\test\turingMaschine\TMcca_nb_nTest.java
PS C:\Internet\theoriesammlung> java -jar junit-platform-console-standalone-1.9.3.jar --class-path out --scan-class-path
Start: (Start, #aabbc#)
Start: (Start, #ccab#)
Start: (Start, #cc#)
Start: (Start, #ccaaabbb#)
Start: (Start, #ccaaaaaaaaaabbbbbbbbbb#)
Start: (Start, ##)
Start: (Start, #cb#)
Start: (Start, #cab#)
Start: (Start, #cccab#)
Start: (Start, #ccaacbb#)
Thanks for using JUnit! Support its development at https://junit.org/sponsoring
.
+-- JUnit Jupiter [OK]
| '-- TMcca_nb_nTest [OK]
| +-- test10() [OK]
| +-- test1() [X] expected: <true> but was: <false>
| +-- test2() [X] expected: <true> but was: <false>
| +-- test3() [X] expected: <true> but was: <false>
| +-- test4() [X] expected: <true> but was: <false>
| +-- test5() [OK]
| +-- test6() [OK]
| +-- test7() [OK]
| +-- test8() [OK]
| '-- test9() [OK]
+-- JUnit Vintage [OK]
'-- JUnit Platform Suite [OK]
Failures (4):
  JUnit Jupiter:TMcca_nb_nTest:test1()
    MethodSource [className = 'test.turingMaschine.TMcca_nb_nTest', methodName = 'test1', methodParameterTypes = '']
    => org.opentest4j.AssertionFailedError: expected: <true> but was: <false>