



SIEMENS



Lern-/Lehrunterlage

Siemens Automation Cooperates with Education
(SCE) | Ab Version V9 SP1

PA Modul P01-08
SIMATIC PCS 7 – Ablaufsteuerungen

[siemens.de/sce](https://www.siemens.de/sce)

SIEMENS

Global Industry
Partner of
WorldSkills
International



Passende SCE Trainer Pakete zu dieser Lern-/Lehrunterlage

- **SIMATIC PCS 7 Software 3er Paket V9.0**
Bestellnr.: 6ES7650-0XX58-0YS5
- **SIMATIC PCS 7 Software 6er Paket V9.0**
Bestellnr.: 6ES7650-0XX58-2YS5
- **SIMATIC PCS 7 Software Upgrade Pakete 3er**
Bestellnr.: 6ES7650-0XX58-0YE5 (V8.x→ V9.0)
- **SIMIT Simulation Platform mit Dongle V10**
(beinhaltet SIMIT S & CTE, FLOWNET, CONTEC Bibliotheken) – 2500-Simulation-Tags
Bestellnr.: 6DL8913-0AK00-0AS5
- **Upgrade SIMIT Simulation Platform V10**
(beinhaltet SIMIT S & CTE, FLOWNET, CONTEC Bibliotheken) von V8.x/V9.x
Bestellnr.: 6DL8913-0AK00-0AS6
- **Demo-Version SIMIT Simulation Platform V10**
[Download](#)
- **SIMATIC PCS 7 AS RTX Box (PROFIBUS) nur in Kombination mit ET 200M für RTX –**
Bestellnr.: 6ES7654-0UE23-0XS1
- **ET 200M für RTX Box (PROFIBUS) nur in Kombination mit PCS 7 AS RTX Box –**
Bestellnr.: 6ES7153-2BA10-4AB1

Bitte beachten Sie, dass diese Trainer Pakete ggf. durch Nachfolge-Pakete ersetzt werden.
Eine Übersicht über die aktuell verfügbaren SCE Pakete finden Sie unter: [siemens.de/sce/tp](https://www.siemens.de/sce/tp)

Fortbildungen

Für regionale Siemens SCE Fortbildungen kontaktieren Sie Ihren regionalen SCE Kontaktpartner:
[siemens.de/sce/contact](https://www.siemens.de/sce/contact)

Weitere Informationen rund um SCE

[siemens.de/sce](https://www.siemens.de/sce)

Verwendungshinweis

Die SCE Lern-/Lehrunterlage für die durchgängige Automatisierungslösung Totally Integrated Automation (TIA) wurde für das Programm "Siemens Automation Cooperates with Education (SCE)" speziell zu Ausbildungszwecken für öffentliche Bildungs- und F&E-Einrichtungen erstellt. Siemens übernimmt bezüglich des Inhalts keine Gewähr.

Diese Unterlage darf nur für die Erstausbildung an Siemens Produkten/Systemen verwendet werden. D. h. Sie kann ganz oder teilweise kopiert und an die Studierenden zur Nutzung im Rahmen deren Studiums ausgehändigt werden. Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage und Mitteilung Ihres Inhalts ist innerhalb öffentlicher Aus- und Weiterbildungsstätten für Zwecke im Rahmen des Studiums gestattet.

Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung durch Siemens. Alle Anfragen hierzu an scsupportfinder.i-ia@siemens.com.

Zuwendungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte auch der Übersetzung sind vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patentierung oder GM-Eintragung.

Der Einsatz für Industriekunden-Kurse ist explizit nicht erlaubt. Einer kommerziellen Nutzung der Unterlagen stimmen wir nicht zu.

Wir danken der TU Dresden, besonders Prof. Dr.-Ing. Leon Urbas und der Fa. Michael Dziallas Engineering und allen weiteren Beteiligten für die Unterstützung bei der Erstellung dieser SCE Lehrunterlage.

Inhaltsverzeichnis

1	Zielstellung.....	6
2	Voraussetzung.....	6
3	Benötigte Hardware und Software.....	7
4	Theorie.....	8
4.1	Theorie in Kürze.....	8
4.2	Kontinuierliche und Sequentielle Steuerungen.....	9
4.3	Aufbau von Schrittketten.....	9
4.4	Entwurf von Ablaufsteuerungen.....	12
4.5	Interaktion von Ablauf- und Verknüpfungssteuerungen.....	13
4.6	Schutzfunktionen und Betriebsarten in Ablaufsteuerungen.....	14
4.7	Ablaufsteuerungen in PCS 7.....	15
4.8	Literatur.....	16
5	Aufgabenstellung.....	17
6	Planung.....	18
7	Lernziel.....	19
8	Strukturierte Schritt-für-Schritt-Anleitung.....	20
8.1	SFC erstellen und konfigurieren.....	20
8.2	Schrittkette bearbeiten.....	23
8.3	Eigenschaften von Schritten und Transitionen bearbeiten.....	28
8.4	Bearbeitung der Schritte und Transitionen.....	33
8.4.1	Transition: Init_OK.....	33
8.4.2	Schritt: EduktB003inR001.....	36
8.4.3	Transition: L001 >= 350 ml.....	44
8.4.4	Schritt: Heizen25°CRühren.....	45
8.4.5	Transition: T001 >= 25°C.....	46
8.4.6	Schritt: Warten.....	47
8.4.7	Schritt: EduktB002inR002.....	47
8.4.8	Transition: L002 >= 200 ml.....	49
8.4.9	Schritt: EduktB001inR002.....	49

8.4.10	Transition: L002 >= 350 ml.....	51
8.4.11	Schritt: Rühren.....	51
8.4.12	Transition: Parallel_OK.....	53
8.4.13	Schritt: R002nachR001.....	55
8.4.14	Transition: L002 <= 50 ml.....	56
8.4.15	Schritt: Heizen28°C.....	57
8.4.16	Transition: T001 >= 28°C.....	58
8.4.17	Schritt: R001inProdB001.....	58
8.4.18	Transition: L001 <= 50 ml.....	60
8.4.19	Schritt: ENDE.....	60
8.5	Objekte übersetzen und Laden.....	64
8.6	SFC Testen.....	69
8.7	Checkliste – Schritt-für-Schritt-Anleitung.....	77
9	Übungen.....	78
9.1	Übungsaufgabe.....	78
9.2	Checkliste – Übung.....	78
10	Weiterführende Information.....	79

Ablaufsteuerungen

1 Zielstellung

Die Studierenden können Ablaufsteuerungen erfolgreich mit Hilfe von Schrittketten realisieren. Sie verstehen die Struktur und die Wirkungsweise von Schrittketten und lernen entsprechende Entwurfsmethoden kennen. Die Kenntnisse über Betriebsarten und Schutzmaßnahmen werden für Ablaufsteuerungen erweitert. Die Studierenden verstehen die Interaktion zwischen den Programmen der Basisautomatisierung und den Ablaufsteuerungen. Sie wissen, wie Ablaufsteuerungen in **PCS 7** erstellt werden können.

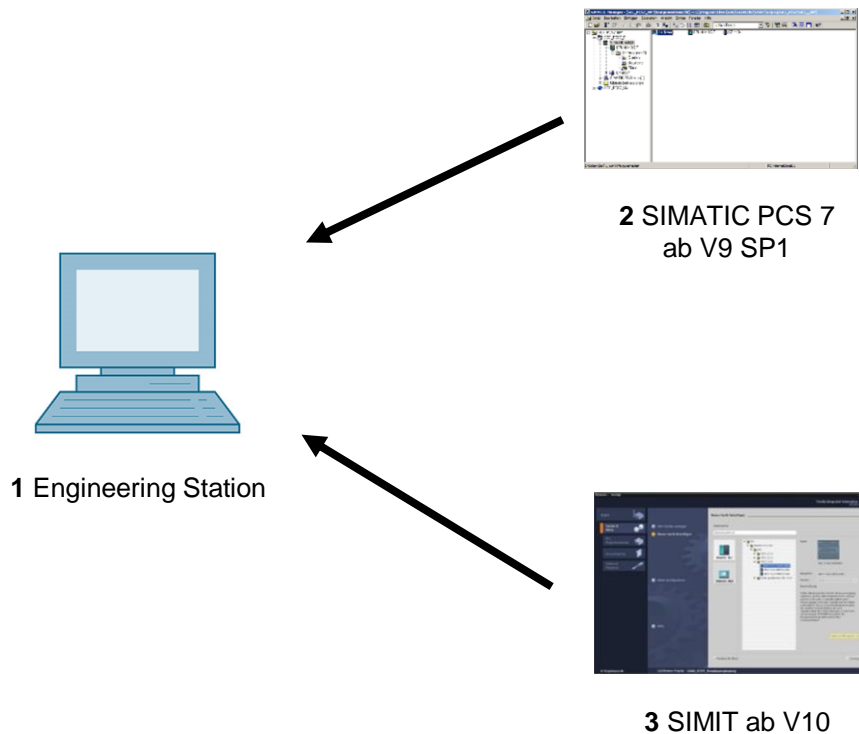
2 Voraussetzung

Dieses Kapitel baut auf das Kapitel ‚Anlagensicherheit‘ auf. Zur Durchführung des Kapitels kann ein bereits bestehendes Projekt aus dem vorhergehenden Kapitel oder das durch SCE zur Verfügung gestellte archivierte Projekt ‚p01-07-exercise-r1905-de.zip‘ genutzt werden. Der Download des Projekts (bzw. der Projekte) ist beim jeweiligen Modul im SCE Internet hinterlegt.

Die (optionale) Simulation für das Programm SIMIT kann aus der Datei p01-04-plantsim-v10-r1905-de.simarc dearchiviert werden. Es ist im Demo-Modus lauffähig.

3 Benötigte Hardware und Software

- 1 Engineering Station: Voraussetzungen sind Hardware und Betriebssystem
(weitere Informationen siehe Readme/Liesmich auf den PCS 7 Installations-DVDs)
- 2 Software SIMATIC PCS 7 – ab V9 SP1
 - Installierte Programm-Pakete (enthalten im Trainer Paket SIMATIC PCS 7 Software):
 - *Engineering* → *PCS 7 Engineering*
 - *Engineering* → *BATCH Engineering*
 - *Runtime* → *Single Station* → *OS Single Station*
 - *Runtime* → *Single Station* → *BATCH Single Station*
 - *Options* → *SIMATIC Logon*
 - *Options* → *S7-PLCSIM V5.4 SP8*
- 3 Demo-Version SIMIT Simulation Platform V10



4 Theorie

4.1 Theorie in Kürze

Ablaufsteuerungen ermöglichen eine zeit- oder ereignisdiskrete Abarbeitung sequenzieller und paralleler Abläufe. Sie dienen der Koordination von verschiedenen kontinuierlichen Funktionen sowie zur Steuerung von komplexen Prozessabläufen. Abhängig von definierten Zuständen oder Ereignissen werden Betriebs- und Zustandswechsel in den vorhandenen Verknüpfungssteuerungen erzeugt und so das gewünschte Ablaufverhalten realisiert. Sie werden durch eine oder mehrere **Schrittketten** (engl. **Sequential Function Charts** bezeichnet) implementiert.

Eine Schrittfolge ist eine alternierende Aneinanderreihung von **Schritten**, die jeweils bestimmte Aktionen auslösen, und **Transitionen**, welche den Wechsel von einem Schritt in einen anderen veranlassen, sobald die entsprechende **Weiterschaltbedingung** erfüllt ist. Jede Schrittfolge besitzt genau einen **Start-Schritt** und einen **Ende-Schritt** sowie zusätzlich beliebig viele Zwischenschritte, die jeweils durch gerichtete Kanten über zwischengeschaltete Transitionen miteinander verbunden sind. Die Graphen dürfen auch Rückkopplungen durch Schleifen innerhalb der Schrittfolge erzeugen. Ebenso können sie parallele oder alternative Verzweigungen enthalten. Dabei muss jedoch beim Entwurf sichergestellt werden, dass die Kette keine unsicheren oder unerreichbaren Teile enthält.

Für den Entwurf einer Ablaufsteuerung bieten sich insbesondere die formalen Entwurfsmethoden mit Hilfe von **Zustandsgraphen** oder **Petrinetzen** an. Zustandsgraphen sind leicht erlernbar, ermöglichen eine automatische Fehlerdiagnose und lassen sich problemlos in viele bestehende Programmiersprachen für Ablaufsteuerungen umsetzen. Allerdings ist der Entwurf paralleler Strukturen nicht möglich, da Zustandsgraphen nur genau einen aktiven Zustand haben.

Petrinetze sind wesentlich komplexer und mathematisch anspruchsvoller. Jedoch können sämtliche Strukturen, die in Ablaufsteuerungen erlaubt sind, modelliert und umfassend analysiert werden. Damit können notwendige Eigenschaften der Steuerung formal nachgewiesen werden. Petrinetze erlauben ebenfalls eine problemlose Implementierung in Ablaufsteuerungen.

Ablaufsteuerungen parametrieren und aktivieren untergeordnete Verknüpfungssteuerungen, indem sie entsprechende globale Steuersignale setzen. Diese Steuersignale können kurzzeitig oder dauerhaft, unmittelbar oder verzögert wirken. Ablaufsteuerungen müssen ebenso wie Verknüpfungssteuerungen verschiedene Betriebsarten unterstützen, wobei insbesondere die manuelle Steuerung der Transitionen und die zeitweise oder dauerhafte Unterbrechung der Prozessabläufe möglich sein muss. Außerdem werden prozessspezifische Schutzfunktionen durch Ablaufsteuerungen realisiert.

Ablaufsteuerungen werden in **PCS 7** durch **Sequential Function Charts (SFC)** realisiert. SFC bieten eine leistungsfähige Betriebsartenverwaltung, eine hohe Steuerbarkeit durch mehrere Schaltmodi sowie eine umfangreiche Parametrierbarkeit durch verschiedene Ablaufoptionen. Die Interaktion und Verknüpfung zwischen SFC und CFC erfolgt in **PCS 7** über

Prozesswerte und Steuerwerte. Das Interaktionsverhalten kann ebenfalls detailliert gesteuert werden.

4.2 Kontinuierliche und Sequentielle Steuerungen

Im Rahmen der Basisautomatisierung werden verschiedene Verknüpfungssteuerungen entwickelt, die jeweils eine begrenzte, klar definierte Funktion realisieren. Die Funktionen verarbeiten kontinuierlich Eingangssignale und generieren entsprechende Ausgangssignale. Über verschiedene Steuersignale können die Funktionen aktiviert und parametrisiert werden. Um komplexe Prozessabläufe, zum Beispiel Herstellungsvorschriften von Produkten (**Rezepte**), zu realisieren ist es notwendig die verschiedenen Funktionen zu koordinieren und zum rechten Zeitpunkt mit den richtigen Parametern zu aktivieren. Diese Aufgabe kann mit Hilfe von Ablaufsteuerungen realisiert werden.

Ablaufsteuerungen ermöglichen eine schrittweise, ereignisdiskrete Abarbeitung sequenzieller und paralleler Abläufe mit Hilfe von **Schrittketten** (auch als **Ablaufketten** bezeichnet). Sie erzeugen abhängig von definierten Zuständen oder Ereignissen Betriebs- und Zustandswechsel in den vorhandenen Verknüpfungssteuerungen und realisieren so das gewünschte Ablaufverhalten. Schrittketten werden auch als **Sequential Function Charts** bezeichnet.

4.3 Aufbau von Schrittketten

Eine Schrittkeite ist eine wechselweise Abfolge von **Schritten** und **Transitionen**. Die einzelnen Schritte aktivieren jeweils bestimmte Aktionen. Transitionen steuern den Wechsel von einem Schritt in einen anderen.

Der erste Schritt einer Schrittkeite wird als **Start-Schritt** bezeichnet. Er ist der eindeutige Einstiegspunkt in die Kette und wird daher stets ausgeführt. Der letzte Schritt einer Schrittkeite wird entsprechend als **Ende-Schritt** bezeichnet. Er ist der einzige Schritt der Kette, der keine Folgetransition besitzt. Nach der Abarbeitung des Ende-Schrittes wird die Schrittkeite beendet oder die Abarbeitung beginnt von neuem. Im zweiten Fall spricht man auch von einer Kettenschleife.

Schritte und Transitionen werden durch gerichtete Graphen miteinander verbunden. Dabei kann ein Schritt mit mehreren Folgetransitionen verbunden sein, ebenso ist der umgekehrte Fall möglich. Eine Transition wird freigegeben, wenn alle vorgeschalteten Schritte aktiv sind und die Weiterschaltbedingung erfüllt ist. In diesem Fall werden zunächst die unmittelbar vorangehenden Schritte deaktiviert und anschließend die unmittelbaren Folgeschritte aktiviert.

Die einfachste Form einer Schrittkeite ist die unverzweigte Kette. Auf jeden Schritt folgt in diesem Fall genau eine Transition und auf diese wiederum genau ein Folgeschritt. Damit wird ein rein sequenzieller Prozessablauf realisiert. Abbildung 1 zeigt die entsprechenden graphischen Grundelemente.

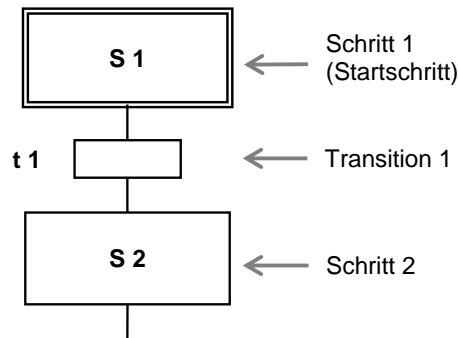


Abbildung 1: Grundelemente eines Ablauf-Funktionsplans

Schleifen innerhalb der Schrittkette entstehen, wenn durch die Aneinanderreihung mehrerer Schritte ein zyklischer Ablauf innerhalb der Kette möglich wird. Die Kettenschleife stellt einen Sonderfall einer Schleife dar, bei dem sämtliche Schritte zyklisch durchlaufen werden.

Eine weitere Möglichkeit der Strukturierung von Schrittketten stellen Sprünge dar. Beim Erreichen einer Sprungmarke wird die Abarbeitung mit dem Schritt fortgesetzt, auf den die Sprungmarke zeigt. Durch Sprünge innerhalb der Schrittkette können ebenfalls Schleifen entstehen. Da eine solche Strukturierung nur schwer nachvollziehbar ist, sollte auf Sprünge nach Möglichkeit verzichtet werden.

In vielen Fällen ist es aus Prozesssicht notwendig, zur Programmlaufzeit auf verschiedene Ereignisse unterschiedlich zu reagieren. In diesem Fall besitzt ein Schritt mehrere alternative Folgeschritte. Diese Struktur wird **Alternativverzweigung** genannt. Der Schritt ist mit jedem möglichen Folgeschritt über eine eigene Transition verbunden. Um sicherzustellen, dass zu jeder Zeit höchstens eine dieser Transitionen freigegeben wird (und die Zweige tatsächlich alternativ sind), sollten die Transitionen gegenseitig verriegelt oder aber eindeutig priorisiert werden. Ansonsten werden diese in den meisten Leitsystemen von links nach rechts ausgewertet, und die erste Transition, deren Weiterschaltbedingung erfüllt ist, wird freigegeben.

Abbildung 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Alternativverzweigung mit zwei Zweigen. Sie ist durch einfassende horizontale Einfachstriche mit überstehenden Enden dargestellt. Wie zu erkennen ist, beginnen und enden Alternativverzweigungen immer mit Transitionen.

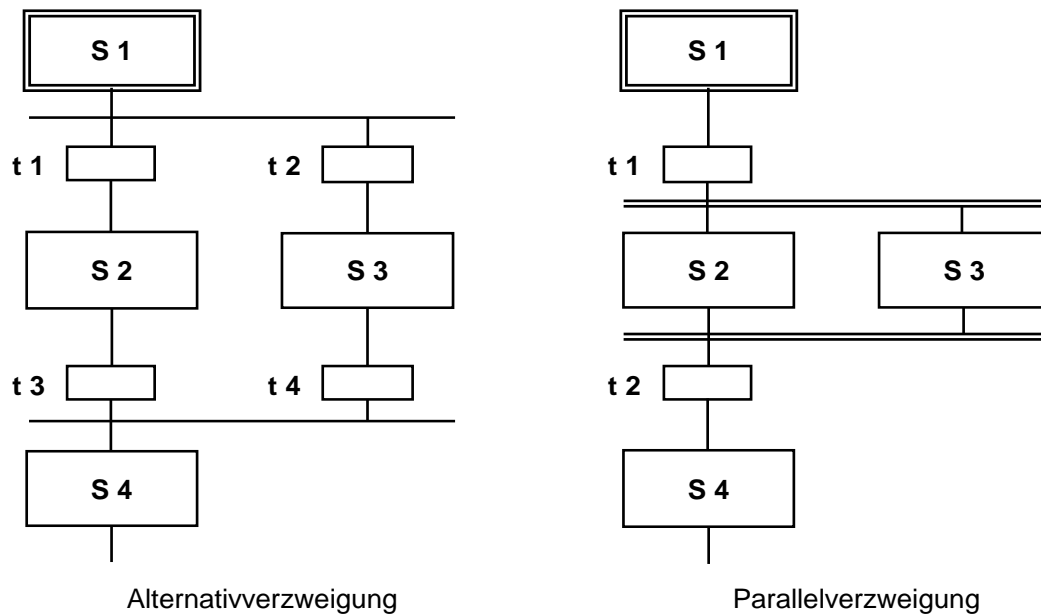


Abbildung 2: Alternative und parallele Verzweigungen in Schrittketten

Eine weitere häufige Anforderung besteht darin, dass nach einem Schritt mehrere Folgeschritte gleichzeitig abgearbeitet werden sollen. In diesem Fall besitzt der Ausgangsschritt genau eine Transition, die gleichzeitig mehrere Folgeschritte aktiviert. Diese Struktur wird **Parallelverzweigung** genannt. Die Folgeschritte der einzelnen Zweige werden daraufhin unabhängig voneinander abgearbeitet und anschließend wieder zusammengeführt. Sämtliche Zweige enden wiederum in einer gemeinsamen Transition. Erst wenn alle Zweige vollständig abgearbeitet sind und die Weberschaltbedingung der Folgetransition erfüllt ist, kann der gemeinsame Folgeschritt ausgelöst werden.

Der Ablauf einer Parallelverzweigung mit zwei Zweigen wird ebenfalls in Abbildung 2 dargestellt. Sie sind durch einfassende horizontale Doppelstriche mit überstehenden Enden dargestellt. Wie zu erkennen ist, beginnen und enden Parallelverzweigungen immer mit Aktionen.

Ein besonderes steuerungstechnisches Problem ist die Möglichkeit, durch die ungünstige Verwendung von Sprüngen und Verzweigungen fehlerhafte Schrittketten zu erzeugen. Dabei ist zwischen drei möglichen Fällen zu unterscheiden.

- **Unsichere Kette:** Eine Schrittkette enthält eine Struktur, deren Erreichbarkeit durch das definierte Ablaufverhalten nicht sichergestellt ist.
- **Partielle Verklemmung:** Eine Schrittkette enthält eine innere Schleife, die nicht mehr verlassen wird. Damit können die Schritte innerhalb dieser Schleife ausgeführt werden, nicht aber die Schritte außerhalb der Schleife. Teile der Schrittkette sind somit unerreichbar.
- **Totale Verklemmung:** Eine Schrittkette enthält eine Struktur, für die es keine zulässige Weberschaltbedingung gibt. In diesem Fall verbleibt die Schrittkette dauerhaft in einem Zustand und sämtliche anderen Schritte werden unerreichbar.

Solche Strukturen sind in Schrittketten nicht erlaubt und müssen mit entsprechenden formalen Entwurfsmethoden ausgeschlossen werden. Abbildung 3 zeigt beispielhaft zwei Schrittketten mit unerlaubten Strukturen.

In der linken Kette kann das Erreichen des Schritts S6 nicht sichergestellt werden, da die Alternativverzweigung nach Schritt S3 bei Freigabe der Transition t3 verhindert, dass die Parallelverzweigung in der Transition t4 wieder zusammengeführt wird. Daher ist diese Kette unsicher. Die rechte Kette hingegen wird genau einmal ausgeführt und bleibt anschließend in Schritt S4 stehen. Da der Schritt S2 in diesem Zustand nicht aktiv ist, kann die Parallelverzweigung in Transition t3 nicht mehr zusammengeführt werden. Es entsteht eine totale Verklemmung, der Schritt S5 wird unerreichbar.

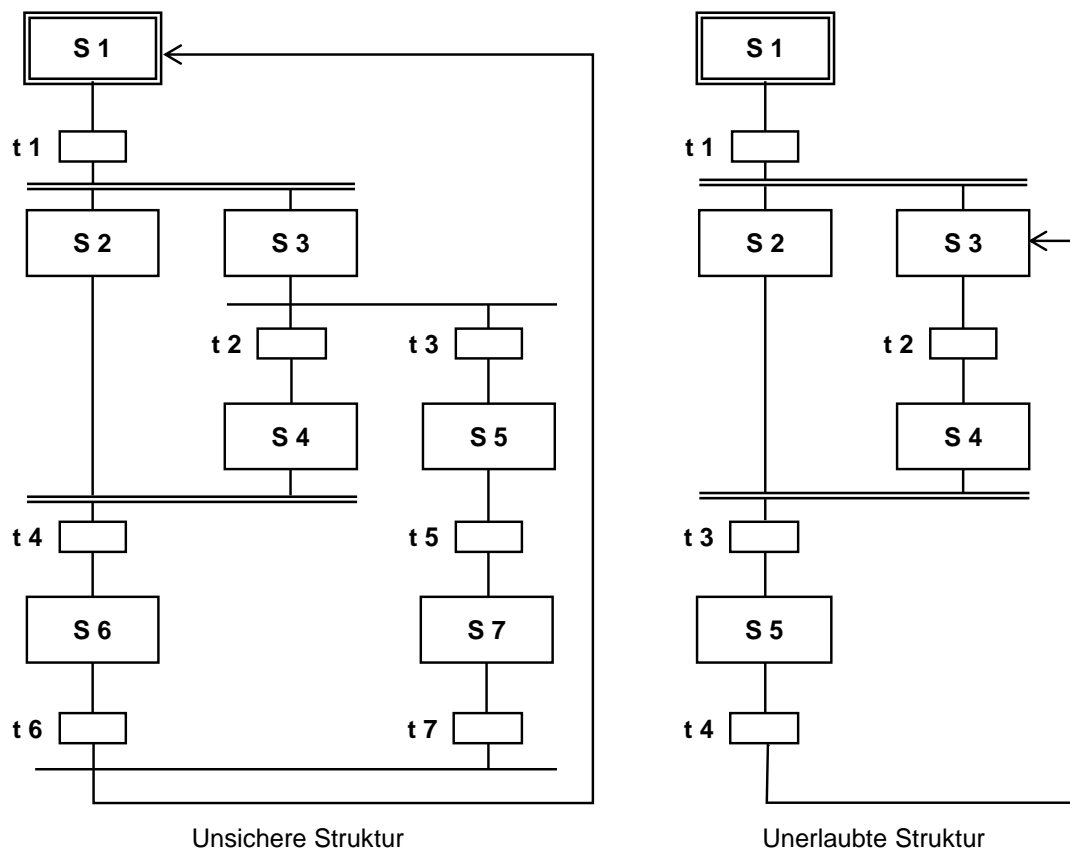


Abbildung 3: Unsichere und unerlaubte Strukturen in Schrittketten

4.4 Entwurf von Ablaufsteuerungen

Es existiert eine Vielzahl formaler Entwurfsmethoden für Ablaufsteuerungen. In der Praxis haben sich jedoch insbesondere die Modelle des **Zustandsgraphen** sowie des **Petrinetzes** bewährt.

Ein **Zustandsgraph** ist ein zusammenhängender, gerichteter Graph. Zustände werden als Kreise dargestellt und Zustandsübergänge als Pfeile, die genau zwei Zustände miteinander verbinden. In einem Zustandsgraphen ist zu einem Zeitpunkt stets genau ein Zustand aktiv. Die Zustände können mit bestimmten Aktionen verknüpft werden. Es besteht die Option diesen Aktionen ein bestimmtes Ablaufverhalten zuzuweisen.

Sie können einmalig beim Eintritt in den Zustand oder beim Austritt ausgeführt werden, oder aber zyklisch, solange der Zustand aktiv ist. Zustandsübergänge können Sie mit Übergangsbedingungen behaften.

Zustandsgraphen können hierarchisch gegliedert und miteinander verknüpft werden. Sie gelten als leicht erlernbar, ermöglichen eine automatische Fehlerdiagnose, zum Beispiel durch Paar-, Zeit- oder Zustandsüberwachung. Diese Graphen lassen sich problemlos in viele bestehende Programmiersprachen für Ablaufsteuerungen umsetzen.

Petrinetze eignen sich besonders zur Modellierung nebenläufiger Prozesse. Ein Petrinetz besteht aus Plätzen und Transitionen, die durch gerichtete Kanten miteinander verbunden sind. Damit entsteht ebenfalls ein gerichteter Graph. Ein Platz wird als Kreis dargestellt, eine Transition als Rechteck (häufig auch reduziert zu einem Querbalken). Aktive Plätze werden durch Marken gekennzeichnet, was durch einen Punkt innerhalb des Kreises für den entsprechenden Platz dargestellt wird.

Im Unterschied zu Funktionsgraphen wird der Zustand in einem Petrinetz durch die Menge der aktiven Plätze im gesamten Netz bestimmt. Die Dynamik des Systems wird durch die Bewegung der Marken innerhalb des Netzes modelliert. Welche Bedeutung die Plätze und Transitionen für den modellierten Prozess haben (also die **Semantik** des Petrinetzes), ist grundsätzlich nicht definiert und muss je nach Anwendungsfall festgelegt werden. Petrinetze, deren Semantik festgelegt wurde, nennen sich **Interpretierte Petrinetze (IPN)**. Für den Steuerungsentwurf sind in der Regel **Steuerungstechnisch Interpretierte Petrinetze (SIPN)** verwendbar.

Petrinetze können umfassend analytisch untersucht werden. Sie erlauben ebenfalls eine problemlose Umsetzung in bestehende Programmiersprachen für Ablaufsteuerungen. Es existieren zahlreiche Erweiterungen für Petrinetze, die jeweils für bestimmte Anwendungsfälle optimiert sind oder eine genauere Modellierung des Prozesses erlauben. Petrinetze können daher recht komplex werden, was sie als Entwurfsmethode entsprechend anspruchsvoll macht. Aufgrund ihrer strukturellen Ähnlichkeit zu Schrittketten und der Möglichkeit der Modellierung paralleler Abläufe bieten Petrinetze jedoch auch deutliche Vorteile.

Welche Entwurfsmethode zur Anwendung kommt, hängt letztendlich von den Anforderungen der Entwurfsaufgabe sowie von der Präferenz des Entwicklers ab. Für weiterführende Informationen sei auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

4.5 Interaktion von Ablauf- und Verknüpfungssteuerungen

Wie bereits beschrieben können jedem Schritt in der Schrittkette bestimmte Aktionen zugeordnet werden. Diese Aktionen bestehen im Allgemeinen in der Parametrierung und Aktivierung von Verknüpfungssteuerungen, wofür sich entsprechende Steuersignale eignen.

Von Schrittketten verwendete Prozess- und Steuersignale müssen global deklariert werden, damit sie den Programmen der Ablauf- und der Verknüpfungssteuerungen gleichermaßen sind. Üblicherweise werden die Signale in einer Symboltabelle zusammengefasst.

Grundsätzlich wirken Steuersignale stets so lange, wie der entsprechende Schritt aktiv ist. Zur Realisierung komplexerer Funktionsabläufe besteht aber auch die Möglichkeit die Verarbeitung eines Steuersignals selbst zu variieren (speichernd oder nicht speichernd, zeitlich verzögert oder limitiert).

Üblicherweise werden prozessspezifische Funktionen durch Ablaufsteuerungen realisiert, während Verknüpfungssteuerungen alle gerätespezifischen Funktionen implementieren.

4.6 Schutzfunktionen und Betriebsarten in Ablaufsteuerungen

Ebenso wie bei Einzelsteuerfunktionen müssen für Ablaufsteuerungen adäquate Schutzfunktionen und Betriebsarten realisiert werden. Ablaufsteuerungen müssen auch im Fehlerfall manuell bedienbar sein. Dazu sind in der Steuerung entsprechende Betriebsarten vorzusehen.

- **Automatikbetrieb:** Die Aktion der Schrittkette wird ausgeführt, wenn die vorgeschaltete Transition freigegeben ist.
- **Handbetrieb:** Die Aktion der Schrittkette wird durch den Bediener ausgelöst, auch wenn die vorgeschaltete Transition nicht freigegeben ist.
- **Mischbetrieb:** Die Aktion der Schrittkette wird ausgeführt, wenn die vorgeschaltete Transition freigegeben ist oder der Bediener sie ausgelöst hat. Alternativ kann auch die Auslösung durch den Bediener sowie die Freigabe der vorgeschalteten Transition gefordert sein.

Mit Hilfe des Handbetriebs wird verhindert, dass eine Ablaufsteuerung in Folge eines Fehlzustands dauerhaft blockiert werden kann. Der Mischbetrieb ermöglicht eine manuelle Unterbrechung des Ablaufs zum Test- oder zur Inbetriebnahme. Die Weiterschaltbedingungen sämtlicher Transitionen der Ablaufsteuerung müssen dementsprechend erweitert werden.

Schrittketten müssen auf Störungen in den angesteuerten Geräten reagieren können. Dazu ist eine kontinuierliche Störüberwachung erforderlich. Diese erkennt und meldet Störungen in den angesteuerten Geräten. Sie ermöglicht eine automatisierte Sicherung der Anlage, indem die Schrittkette im Störfall automatisch angehalten wird. Außerdem muss eine Schrittkette bei einer Störung jederzeit durch den Bediener angehalten und abgebrochen werden können.

In beiden Fällen müssen entsprechende Schutzfunktionen aktiviert werden, um die Anlage in einen sicheren Zustand zu überführen. Im Falle einer angehaltenen Kette ist es überdies erforderlich eine sichere und prozesstechnisch zulässige Fortsetzung der Kette auch nach einer längeren Unterbrechung sicherzustellen. In den Ablaufsteuerungen werden prozessspezifische Schutzfunktionen wie die sequentielle Verriegelung mehrerer Geräte im Falle eines Fehlzustandes im Prozess realisiert.

4.7 Ablaufsteuerungen in PCS 7

Ablaufsteuerungen werden in **PCS 7** durch **Sequential Function Charts (SFC)** realisiert. Diese enthalten die Schrittketten und definieren deren Kettentopologie, die Bedingungen der Transitionen und die Aktionen der Schritte. Die Startbedingungen und Ablaufeigenschaften kann man für jede Schrittkette separat definieren und priorisieren.

Außerdem ist es möglich, Vor- und Nachverarbeitungsschritte zu definieren, die einmalig vor bzw. nach der Abarbeitung der Schrittkette ausgeführt werden.

Betriebsarten und Schaltmodi

Das Verhalten einer Ablaufsteuerung in **PCS 7** ist abhängig der gewählten Betriebsart, dem festgelegten Schaltmodus, ihrem aktuellen Betriebszustand und den Ablaufoptionen. Für Ablaufsteuerungen können zwei verschiedene Betriebsarten gewählt werden.

- **Auto:** Der Ablauf wird durch das Programm gesteuert.
- **Hand:** Der Ablauf wird vom Bediener durch Befehle oder Änderung der Ablaufoptionen gesteuert.

Im Handbetrieb stehen dem Bediener die Befehle Starten, Stoppen, Anhalten, Beenden, Abbrechen, Fortsetzen, Neustarten, Rücksetzen und Fehler zur Verfügung, um die Ablaufsteuerung manuell zu bedienen. Das Verhalten einer Schrittkette beim Weiterschalten von aktiven Schritten zu den Folgeschritten kann in Abhängigkeit von der gewählten Betriebsart durch verschiedene Schaltmodi gesteuert werden.

- **Schaltmodus T:** Die Ablaufsteuerung läuft prozessgesteuert, also automatisch, ab. Bei einer freigegebenen Transition werden die Vorgängerschritte deaktiviert und die Folgeschritte aktiviert. (T = Transaktionen)
- **Schaltmodus O:** Die Ablaufsteuerung läuft bedienergesteuert, also manuell ab. Die Transition wird durch einen Bedienerbefehl freigegeben. Dazu setzt jede Folgetransition eines aktiven Schritts automatisch eine Bedienanforderung. (O = Operator)
- **Schaltmodus T oder O:** Die Ablaufsteuerung läuft prozessgesteuert oder bedienergesteuert ab. Die Transition kann entweder durch einen Bedienerbefehl oder durch eine erfüllte Weiterschaltbedingung freigegeben werden.
- **Schaltmodus T und O:** Die Ablaufsteuerung läuft prozessgesteuert und bedienergesteuert ab. Die Transition wird nur freigegeben, wenn ein Bedienerbefehl vorliegt und die Weiterschaltbedingung erfüllt ist.
- **Schaltmodus T/T und O:** In diesem Schaltmodus kann für jeden Schritt einzeln festgelegt werden, ob die Ablaufsteuerung prozessgesteuert oder bedienergesteuert erfolgt. Damit können im Testbetrieb Haltepunkte in der Ablaufsteuerung definiert werden. (T/T = Test-Transaktionen)

In der Betriebsart **Auto** können nur die Schaltmodi **T** sowie **T/T und O** ausgewählt werden. Der Betriebszustand der Ablaufsteuerung zeigt den aktuellen Stand im Ablauf und das resultierende Betriebsverhalten an. Eine entsprechende Betriebszustandslogik definiert die möglichen Zustände, die zulässigen Übergänge zwischen den Zuständen sowie die Übergangsbedingungen für einen Zustandswechsel. **PCS 7** definiert dabei jeweils eine eigene Betriebszustandslogik für Ablaufsteuerungen und für Schrittketten. Es besteht die Möglichkeit, Schrittketten abhängig vom Zustand der Ablaufsteuerung ablaufen zu lassen.

Ablaufoptionen

Mit Hilfe von Ablaufoptionen besteht die Option das Laufzeitverhalten einer Ablaufsteuerung zu steuern. Es kann unter anderem festgelegt werden, ob eine Ablaufsteuerung einmalig oder zyklisch abgearbeitet wird (Option **Zyklischer Betrieb**) oder ob die Aktionen des aktiven Schrittes tatsächlich ausgeführt werden (Option **Befehlsausgabe**). Außerdem kann eine Zeitüberwachung für die einzelnen Schritte einer Schrittkette aktiviert werden, die im Falle einer Zeitüberschreitung einen Schrittfehler meldet (Option **Zeitüberwachung**).

Interaktionsverhalten

Die Interaktion zwischen CFC und SFC erfolgt in **PCS 7** über Prozesswerte und Steuerwerte. Diese Werte werden über die gewünschten Signale, entweder aus der globalen Symboltabelle oder über die Angabe der absoluten Signaladresse, miteinander verknüpft. Eine Steuerung der Verarbeitung der Steuersignale ist über die Merkmale des SFC möglich. **PCS 7** stellt in der Bibliothek **SFC Library** bereits vorgefertigte Schrittketten für verschiedene Standardszenarien zur Verfügung. Diese Vorlagen können verwendet und an aktuelle Projekte angepasst werden.

4.8 Literatur

- [1] Seitz, M. (2008): Speicherprogrammierbare Steuerungen. Hanser Fachbuchverlag
- [2] Wellenreuther, G. und Zastrow, D. (2002): Automatisieren mit SPS: Theorie und Praxis. Vieweg+Teubner
- [3] Uhlig, R. (2005): SPS — Modellbasierter Steuerungsentwurf für die Praxis: Modellierungsmethoden aus der Informatik in der Automatisierungstechnik. Oldenbourg Industrieverlag
- [4] SIEMENS (2014): Prozessleitsystem PCS 7: SFC für SIMATIC S7 (V9.0). A5E41356233-AB (support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109755020)

5 Aufgabenstellung

Entsprechend dem Rezept aus dem Kapitel ‚Prozessbeschreibung‘ soll eine SFC-Schrittfolge angelegt und programmiert werden.

1. Zuerst sollen 350 ml aus dem Edukttank =SCE.A1.T1-B003 in den Reaktor =SCE.A1.T2-R001 und gleichzeitig 200 ml aus dem Edukttank =SCE.A1.T1-B002 in den Reaktor =SCE.A1.T2-R002 abgelassen werden.
2. Ist das Füllen von dem Reaktor =SCE.A1.T2-R001 beendet, so ist die eingefüllte Flüssigkeit bei eingeschaltetem Rührer auf 25°C zu erwärmen.
3. Ist das Füllen von dem Reaktor =SCE.A1.T2-R002 beendet, so sollen 150 ml des Edukts A aus Edukttank =SCE.A1.T1-B001 in den Reaktor =SCE.A1.T2-R002 dazu dosiert werden. Ist dies abgeschlossen, so soll 10 s später der Rührer des Reaktors =SCE.A1.T2-R002 eingeschaltet werden.
4. Hat die Temperatur der Flüssigkeit in Reaktor =SCE.A1.T2-R001 25°C erreicht, so soll das Gemisch aus dem Reaktor =SCE.A1.T2-R002 in den Reaktor =SCE.A1.T2-R001 gepumpt werden.
5. Das Gemisch im Reaktor =SCE.A1.T2-R001 soll nun auf 28°C erwärmt und anschließend in den Produkttank =SCE.A1.T3-B001 abgelassen werden.

6 Planung

Alle notwendigen Aktoren und Sensoren sind bereits implementiert und entsprechend der Sicherheitsanforderungen verriegelt. Sie müssen also nur noch entsprechend mit der Ablaufsteuerung verknüpft werden.

Die in der Aufgabenstellung genannte Schrittkette muss nachfolgend nur noch in Schritte und Transitionen umgeformt werden. Folgende Besonderheiten sind bekannt:

- Aufgabe 1 führt parallele Schritte aus (beide Reaktoren können unabhängig voneinander arbeiten)
- Aufgabe 3 nennt eine Zeitbedingung
- Aufgabe 4 führt die beiden parallelen Verarbeitungsschritte (im Reaktor R001) zusammen

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die verwendeten Aktoren und wie diese initialisiert werden müssen:

Baustein	SP_LiOp .Value	SP_ExtLi .Value	SP_IntLi .Value
A1T2T001\Regler_A1T2T001	TRUE	TRUE	FALSE

Baustein	ModLiOp .Value	AutModLi .Value	ManModLi .Value
A1T1X006\Ventil_A1T1X006	TRUE	TRUE	FALSE
A1T1S003\Pumpe_A1T1S003	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2X003\Ventil_A1T2X003	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2S001\Ruehrer_A1T2S001	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2T001\Regler_A1T2T001	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2S004\Pumpe_A1T2S004	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2X008\Ventil_A1T2X008	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2S003\Pumpe_A1T2S003	TRUE	TRUE	FALSE
A1T3X001\Ventil_A1T3X001	TRUE	TRUE	FALSE
A1T1X005\Ventil_A1T1X005	TRUE	TRUE	FALSE

Baustein	ModLiOp .Value	AutModLi .Value	ManModLi .Value
A1T1S002\Pumpe_A1T1S002	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2X005\Ventil_A1T2X005	TRUE	TRUE	FALSE
A1T1X004\Ventil_A1T1X004	TRUE	TRUE	FALSE
A1T1S001\Pumpe_A1T1S001	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2X004\Ventil_A1T2X004	TRUE	TRUE	FALSE
A1T2S002\Ruehrer_A1T2S002	TRUE	TRUE	FALSE

7 Lernziel

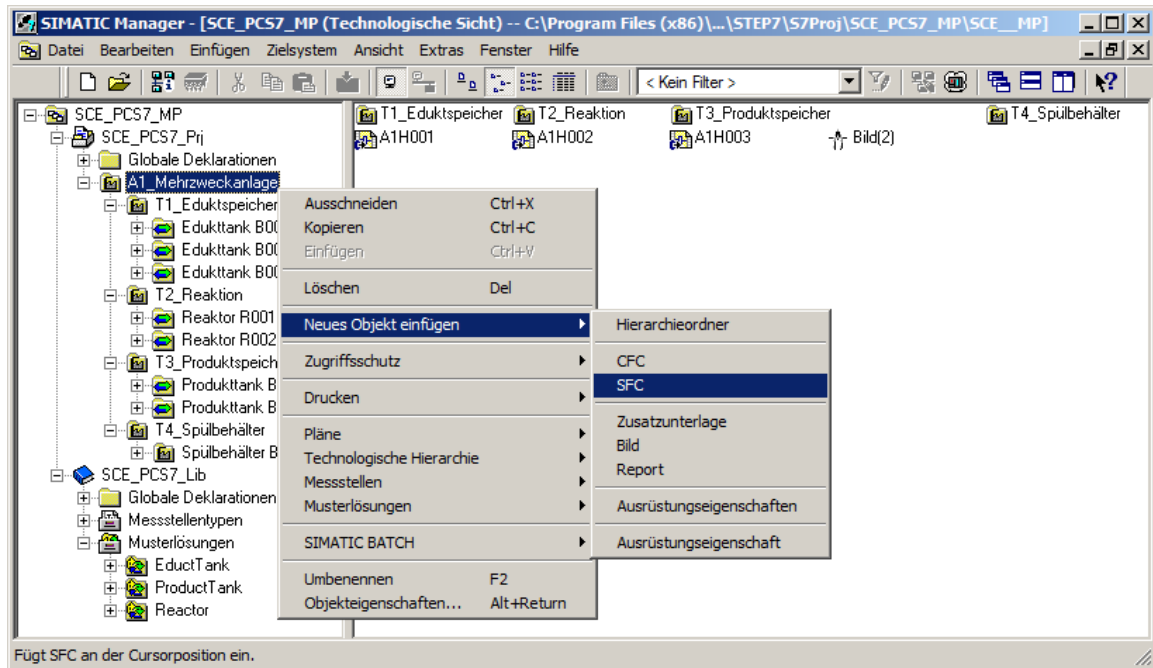
In diesem Kapitel lernen Studierende:

- SFC-Schrittketten anlegen und bearbeiten
- Verknüpfungen herstellen zwischen SFC-Schrittketten und CFC-Plänen
- Verknüpfungen herstellen zwischen SFC-Schrittketten und den Operanden aus der Symboltabelle
- Testen von Schrittkettenprogrammen

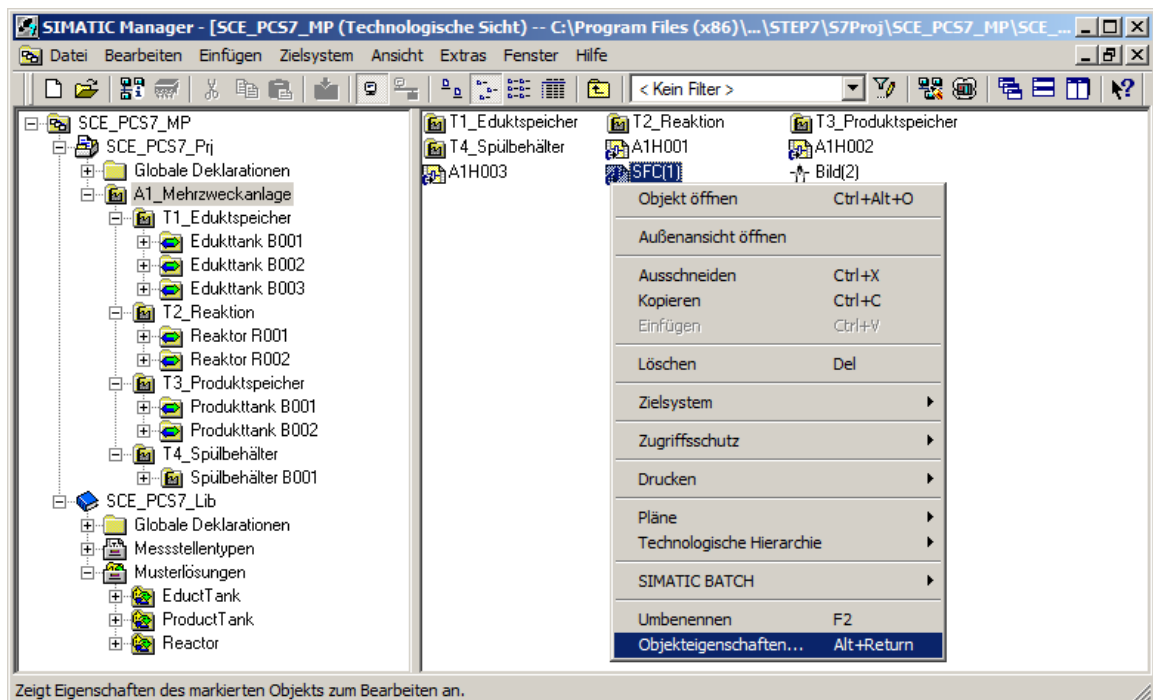
8 Strukturierte Schritt-für-Schritt-Anleitung

8.1 SFC erstellen und konfigurieren

1. Zu Beginn legen Sie in der Technologischen Sicht in dem Ordner ‚A1_Mehrzweckanlage‘ einen neuen SFC an. (→ A1_Mehrzweckanlage → Neues Objekt einfügen → SFC)



2. Anschließend werden die Objekteigenschaften des SFC geöffnet. (→ SFC(1) → Objekteigenschaften)



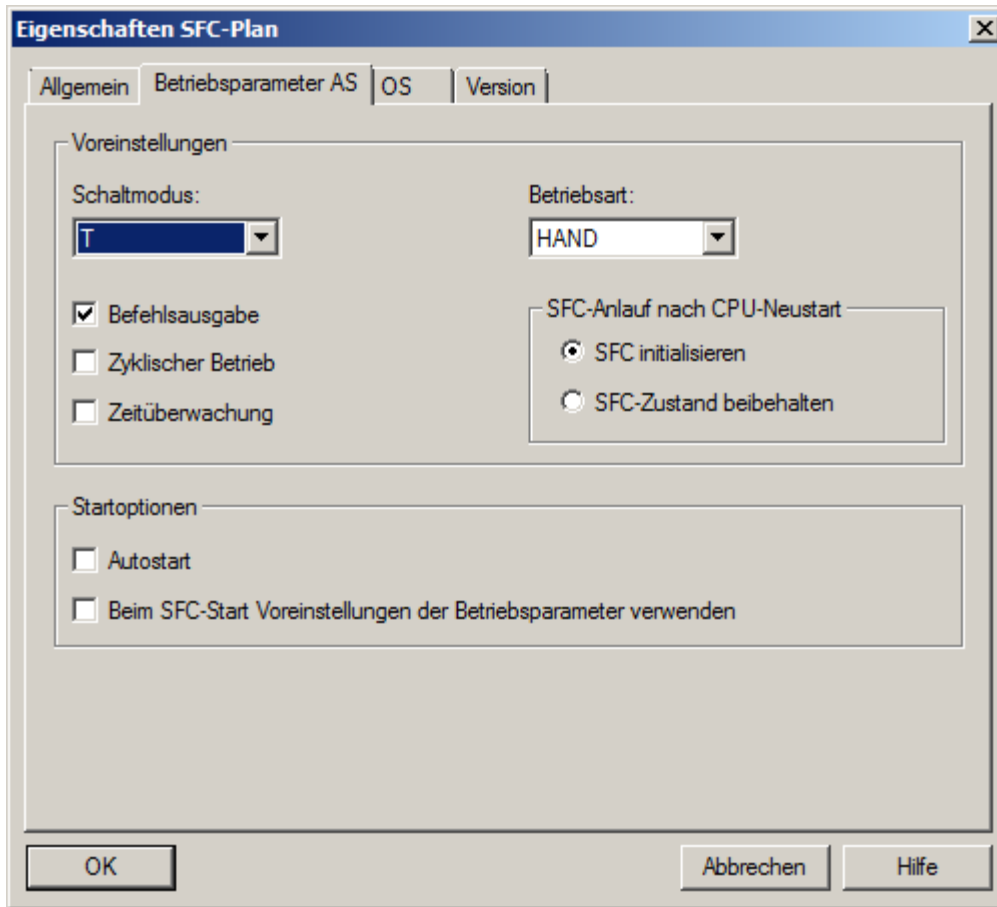
3. Unter Allgemein wird der Name auf ‚SFC_Produkt01‘ geändert, ein Kommentar sowie der Autor eingetragen. (→ Allgemein → SFC_Produkt01)

The screenshot shows the 'Eigenschaften SFC-Plan' dialog box with the 'Allgemein' tab selected. The fields are filled with the following information:

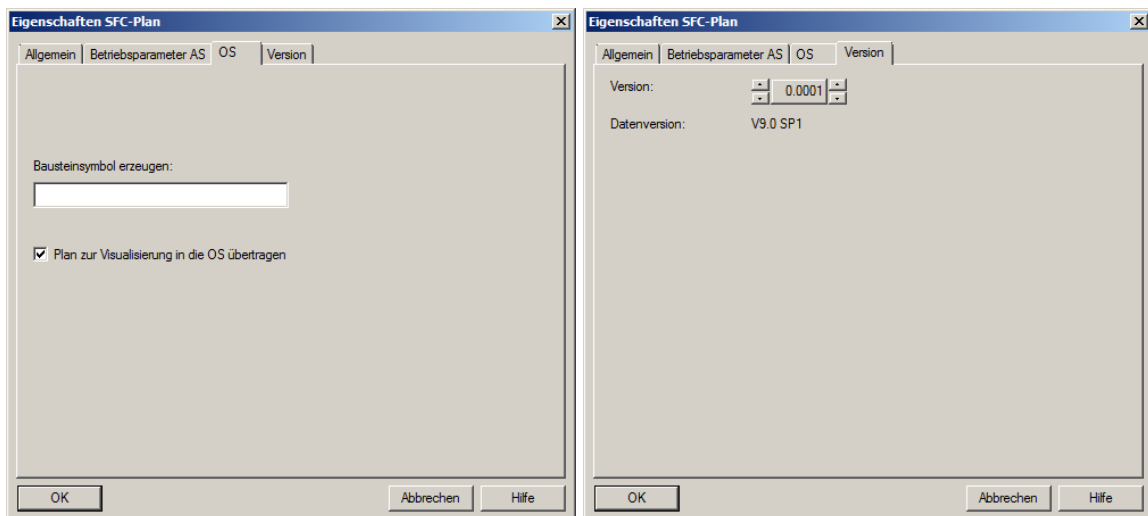
Field	Value
Name:	SFC_Produkt01
Projektpfad:	SCE_PCS7_Pj\AS1\CPU 414-3 DP\S7-Programm(1)\Pläne
Technologischer Pfad:	SCE_PCS7_Pj\A1_Mehrzweckanlage
Speicherort des Projekts:	C:\Program Files (x86)\SIEMENS\STEP7\S7Proj\SCE_PCS7_MP\S
Autor:	plt-admin
Erstellt am:	04.03.2019 16:02:59
Zuletzt geändert am:	04.03.2019 16:02:59
Kommentar:	SFC zur Herstellung von Produkt 1

At the bottom, there is a checkbox for 'Schreibgeschützt' which is currently unchecked. The dialog box has 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons.

4. Die Betriebsparameter stellen Sie wie folgt ein, wobei diese auch später noch im Online-Modus geändert werden können. (→ Betriebsparameter AS)



5. Bei dem Punkt OS ist es wichtig, dass der Haken gesetzt ist, damit der SFC später auch in der Visualisierung zur Verfügung steht. Bei der Anzeige der Version übernehmen Sie jetzt sämtliche Parameter mit OK. (→ OS → Plan zur Visualisierung in die OS übertragen → Version → OK)

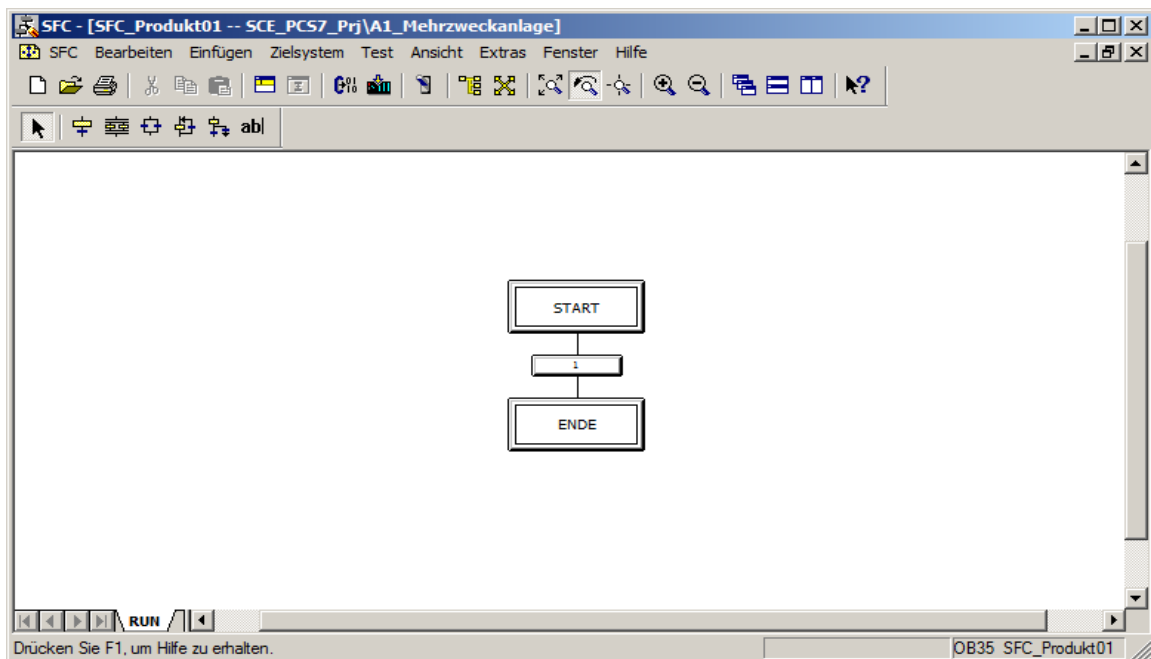
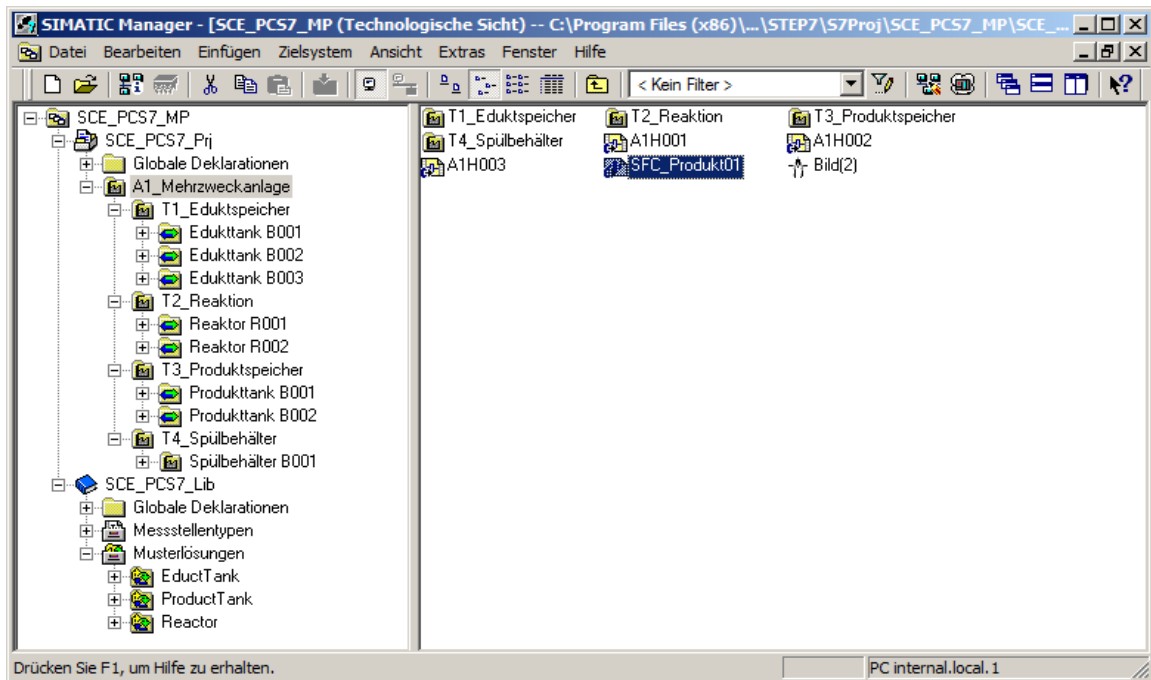


Hinweis:

- Im Eingabefeld "Bausteinsymbol erzeugen" können Sie angeben, welches Bausteinsymbol in WinCC für diesen Baustein angezeigt werden soll. Somit können unterschiedliche Varianten, sofern vorhanden, für den gleichen Bausteintyp ausgewählt werden. Leer lassen des Feldes führt zur Standarddarstellung.

8.2 Schrittkette bearbeiten

1. Jetzt wird die Schrittkette ‚SFC_Produkt01‘ im **SIMATIC Manager** per Doppelklick geöffnet.
(→ SFC_Produkt01)




2. Im SFC-Editor haben Sie jetzt die Möglichkeit, mit den folgenden Symbolen aus der Werkzeugleiste die Ablaufsteuerung aufzubauen.


 Schaltfläche **Selektieren einschalten**

 Schaltfläche **Schritt + Transition einfügen**



 Schaltfläche **Parallelzweig einfügen**

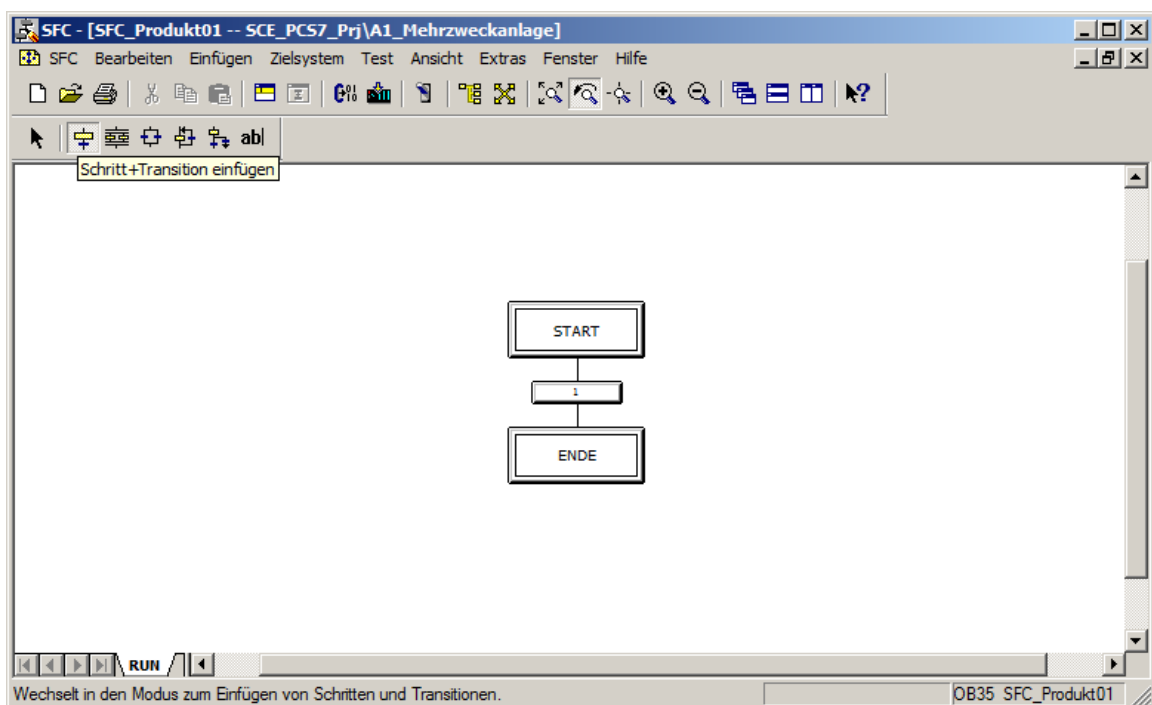
 Schaltfläche **Alternativzweig einfügen**

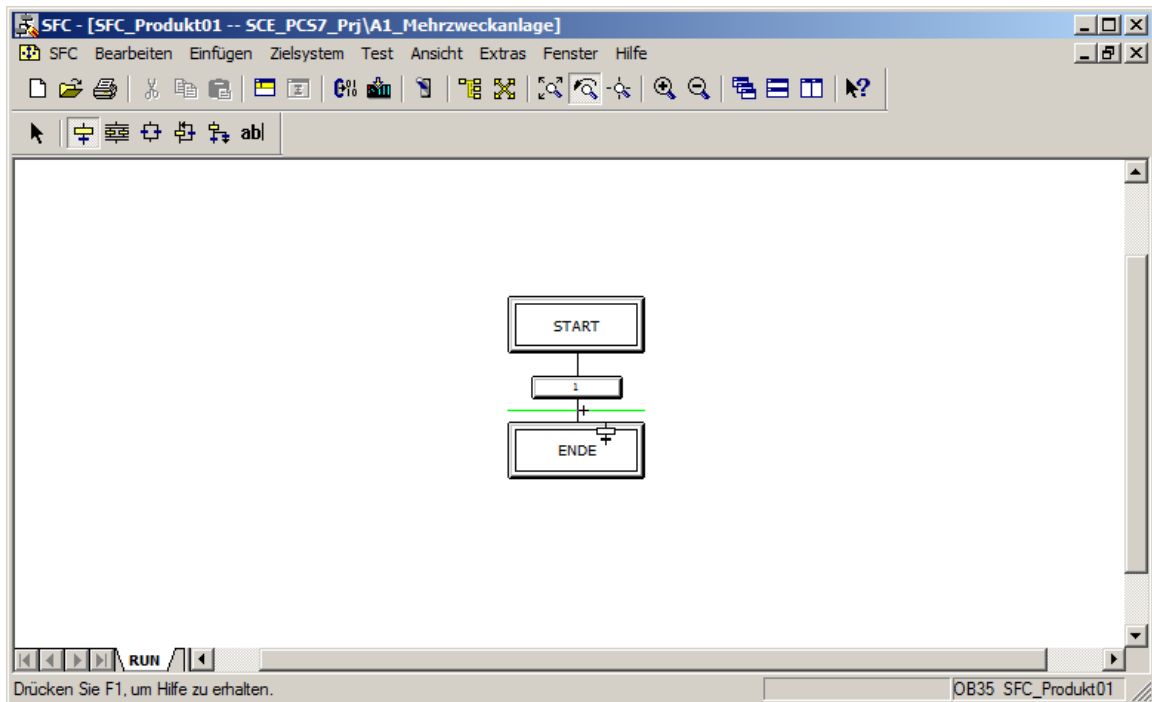
 Schaltfläche **Schleife einfügen**



 Schaltfläche **Sprung einfügen**

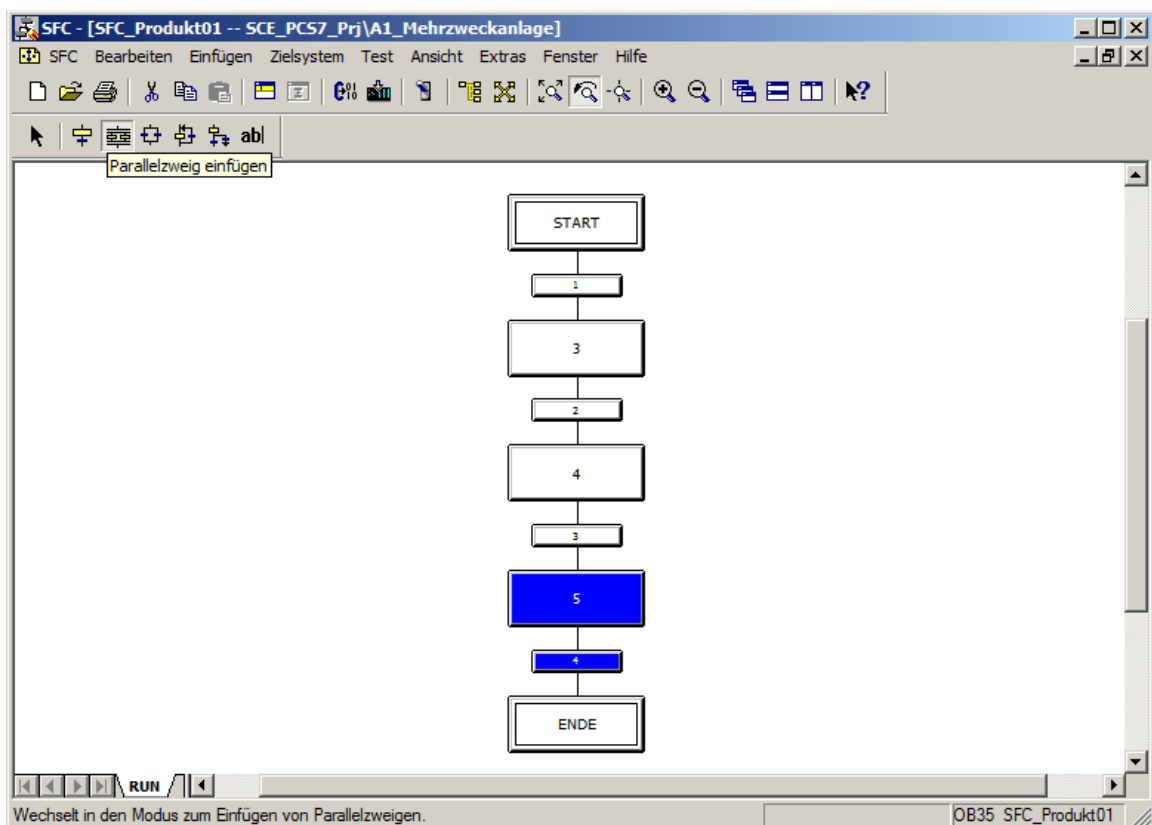
abl Schaltfläche **Textfeld einfügen**

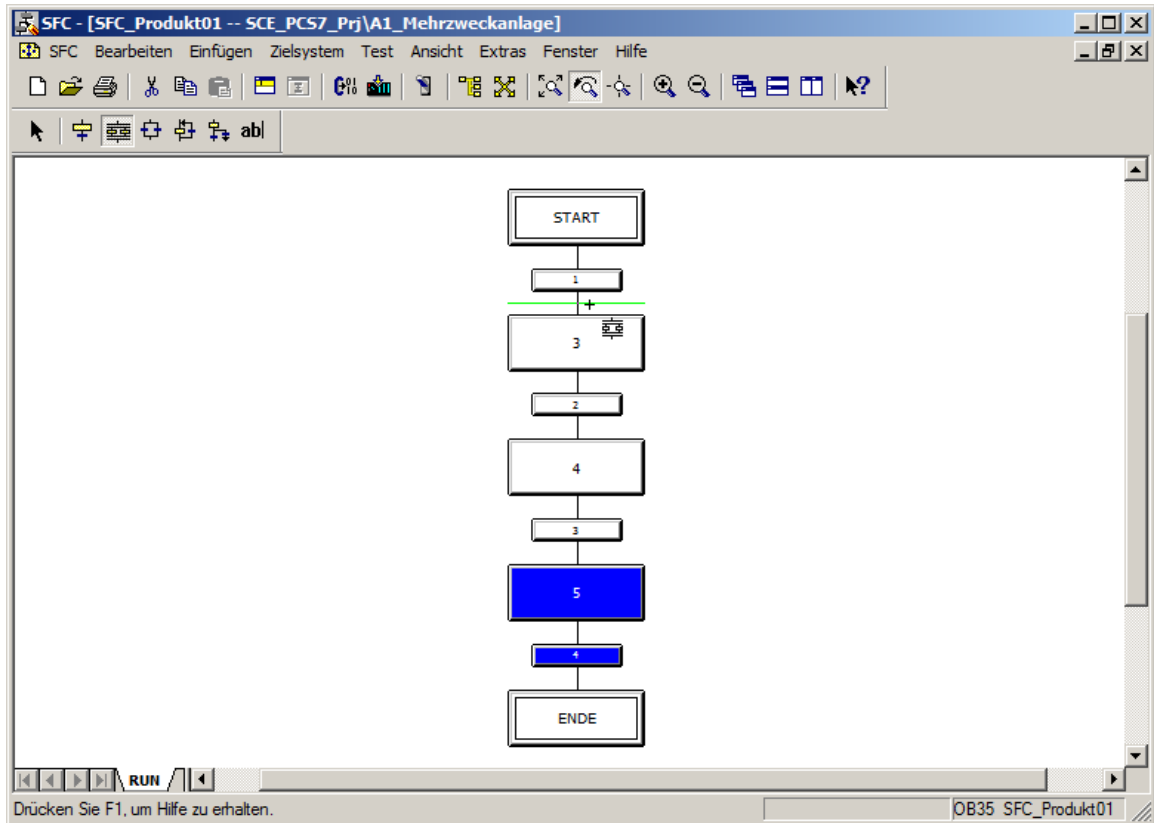
3. Für die Aufgabe benötigen Sie weitere Schritte und Transitionen. Um beides einzufügen, wählen Sie die Schaltfläche  und markieren anschließend die Stelle, an welcher Sie diese einfügen wollen. (→ )





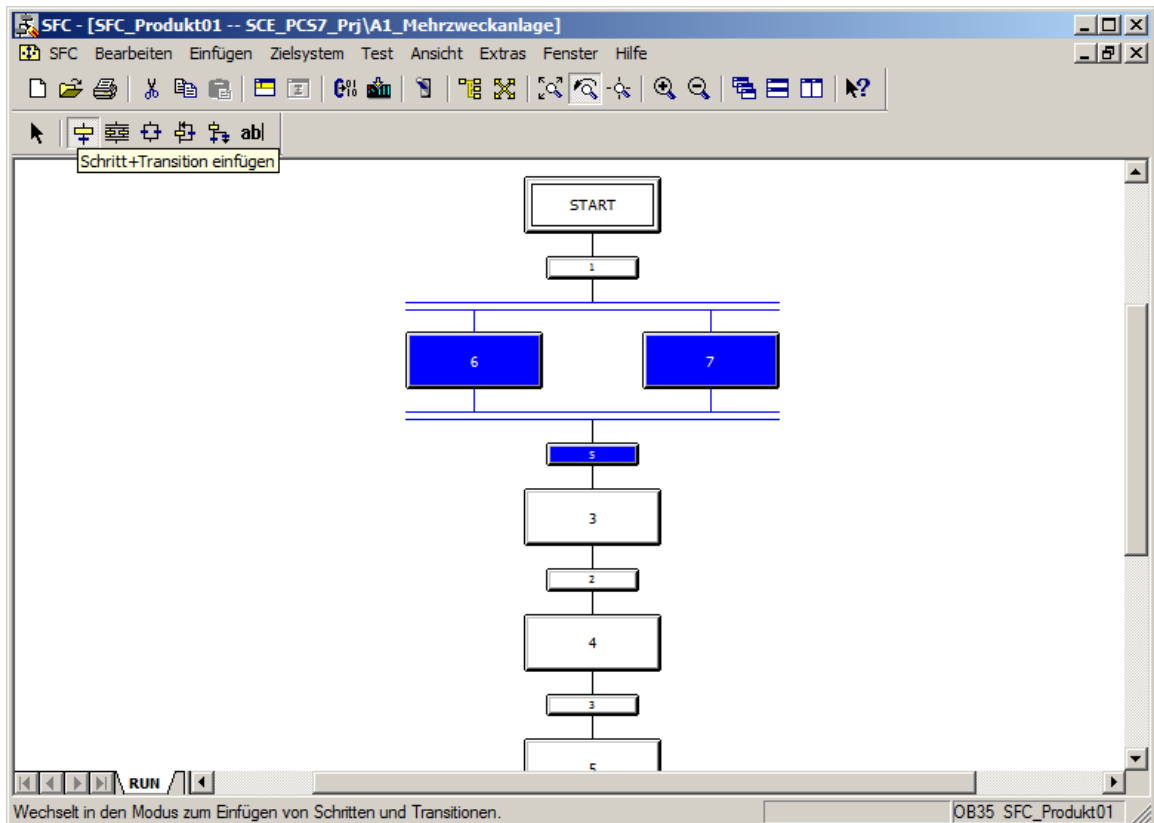
**Hinweis:**

- Die Nummerierung der Schritte und Transitionen hat für die Reihenfolge der Abarbeitung der Schrittfolge keine Bedeutung.
4. Nachdem auf diese Art drei Schritte und Transitionen eingefügt wurden, klicken Sie auf das Symbol  um eine parallele Verzweigung einzufügen. Markieren Sie daraufhin wieder die Stelle, an welcher Sie diese einfügen wollen. (→ )

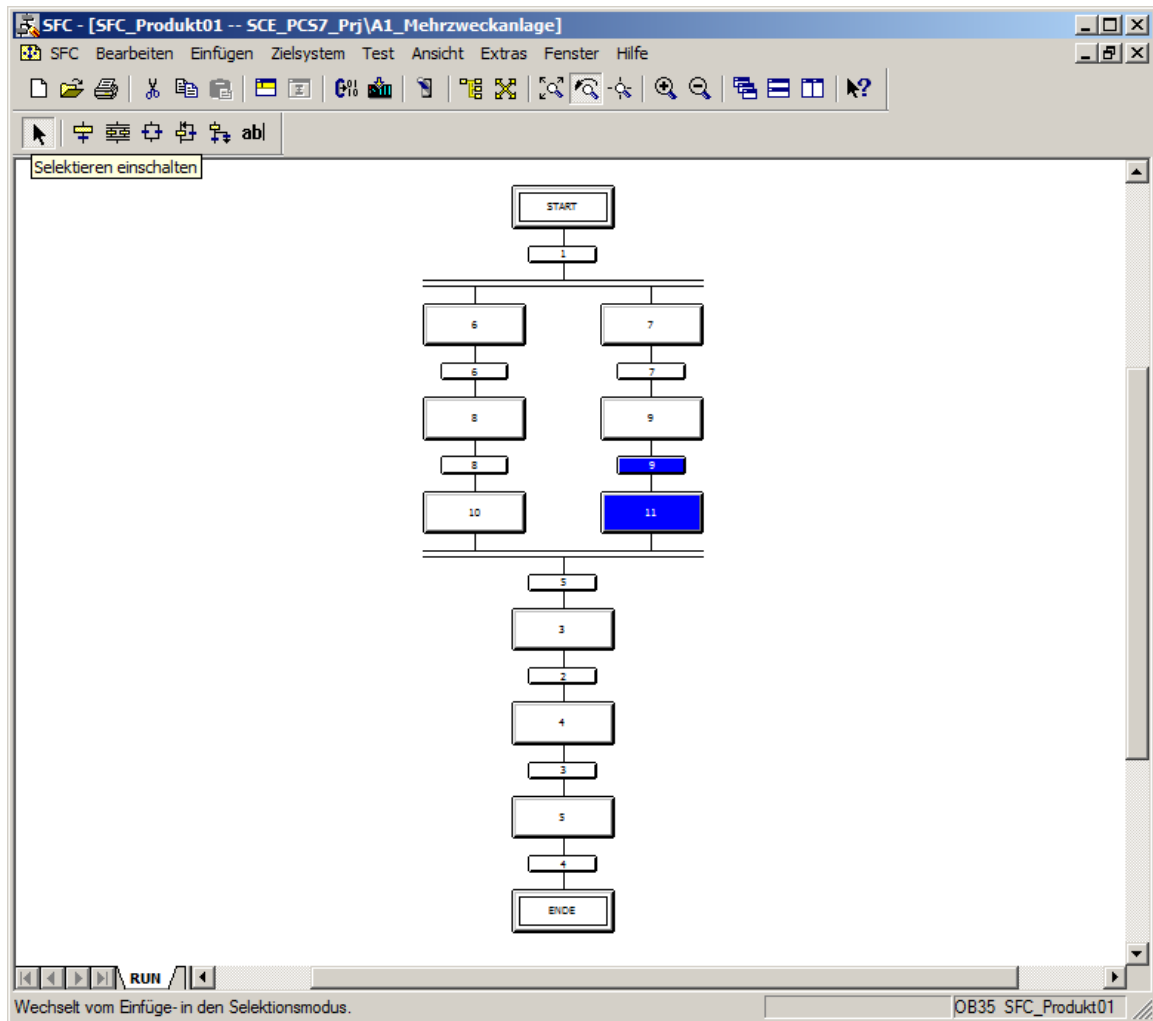




5. In die Parallelverzweigung sollen anschließend noch weitere Schritte und Transitionen eingefügt werden. Wechseln Sie deshalb wieder zum Symbol  und fügen Sie die weiteren Schritte und Transitionen ein. (→ )



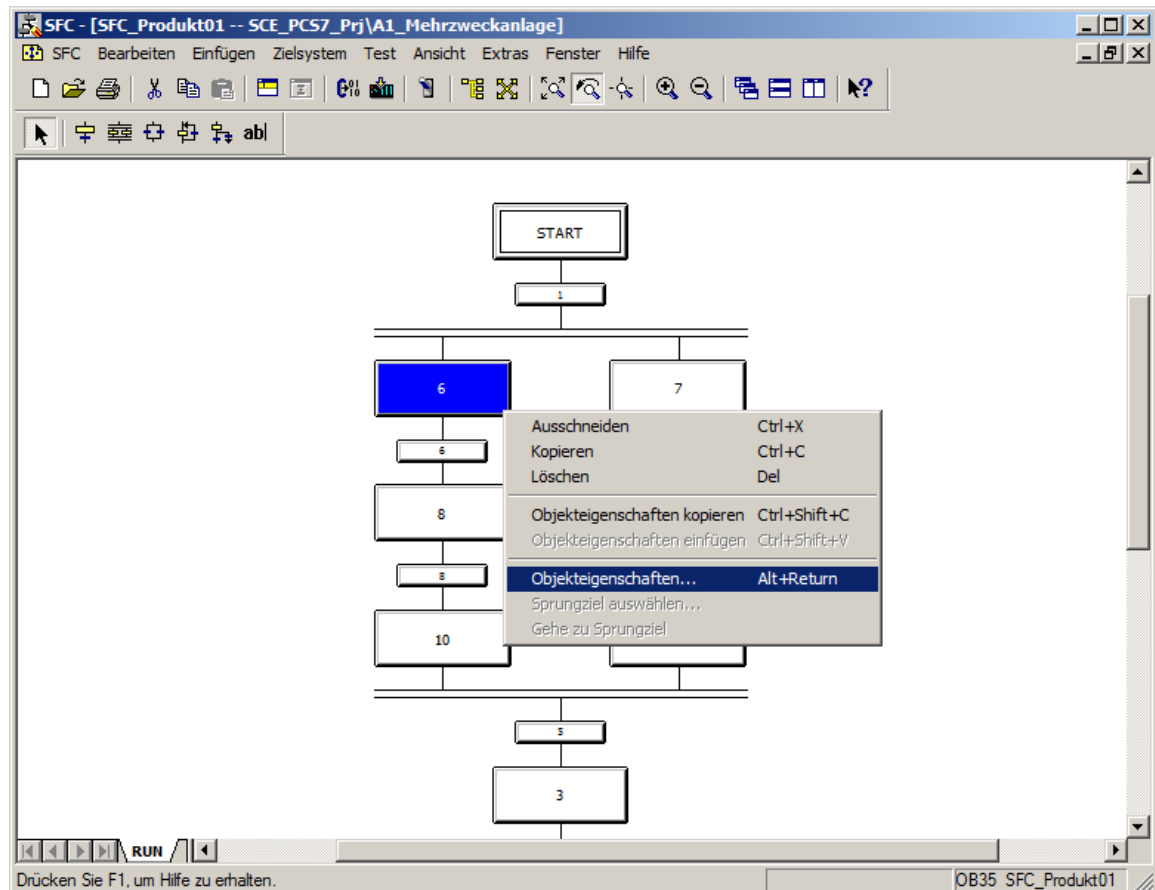
6. Klicken Sie anschließend auf das Symbol  , um normal editieren zu können. (→ )



8.3 Eigenschaften von Schritten und Transitionen bearbeiten

1. Als Nächstes wird gezeigt, wie die Eigenschaften eines Schrittes verändert werden können. Dazu klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Schritt und wählen Objekteigenschaften aus.

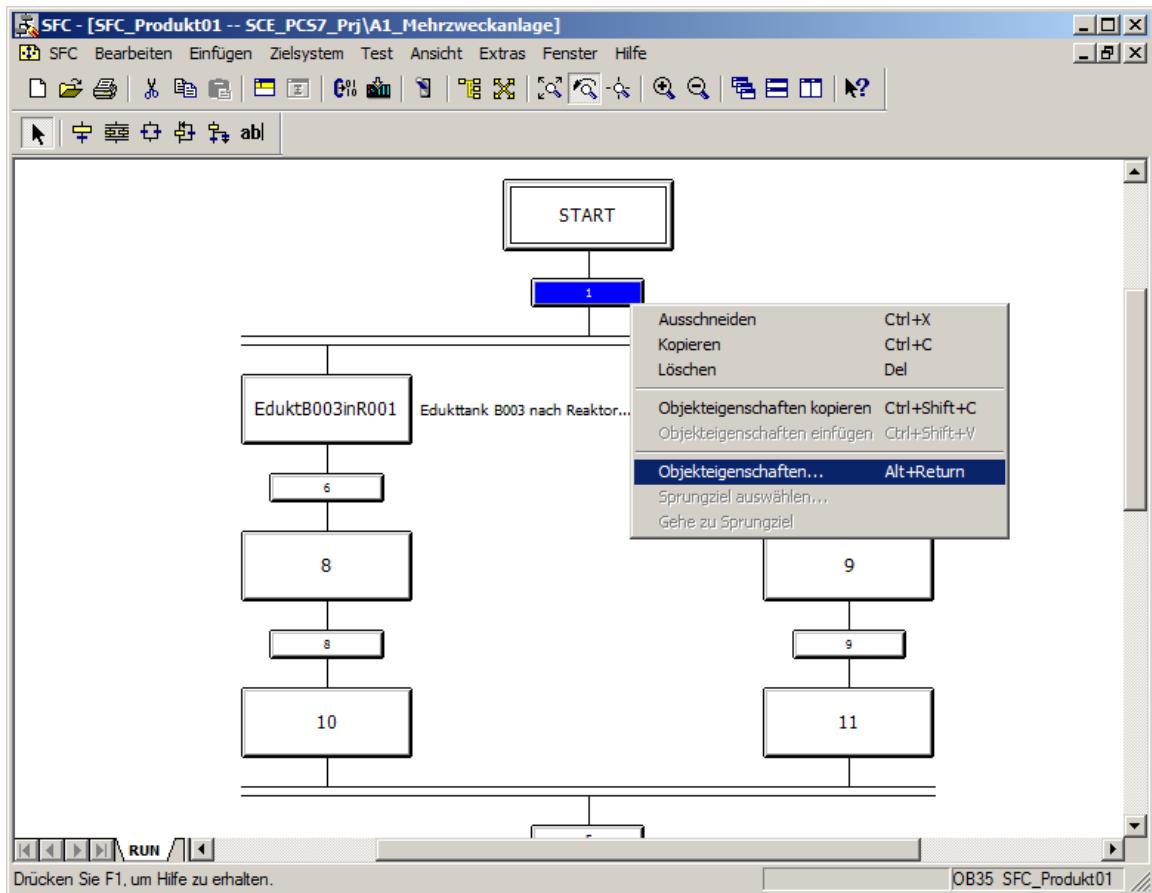
(→ Schritt 6 → Objekteigenschaften)



- In den Objekteigenschaften soll zur besseren Übersichtlichkeit jedem Schritt ein Name und ein Kommentar gegeben werden. (→ Name: EduktB003inR001 → Kommentar: Edukttank B003 nach Reaktor R001 → Schließen)

- Die Frage, ob die Änderungen gespeichert werden sollen, bestätigen Sie mit „Ja“. (→ Ja)

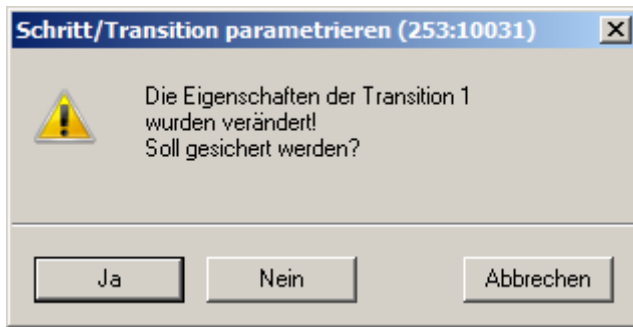
4. Ähnlich wie bei den Schritten, können auch bei den Transitionen die Eigenschaften verändert werden. Dazu klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Transition und wählen Objekteigenschaften aus. (→ 1 → Objekteigenschaften)



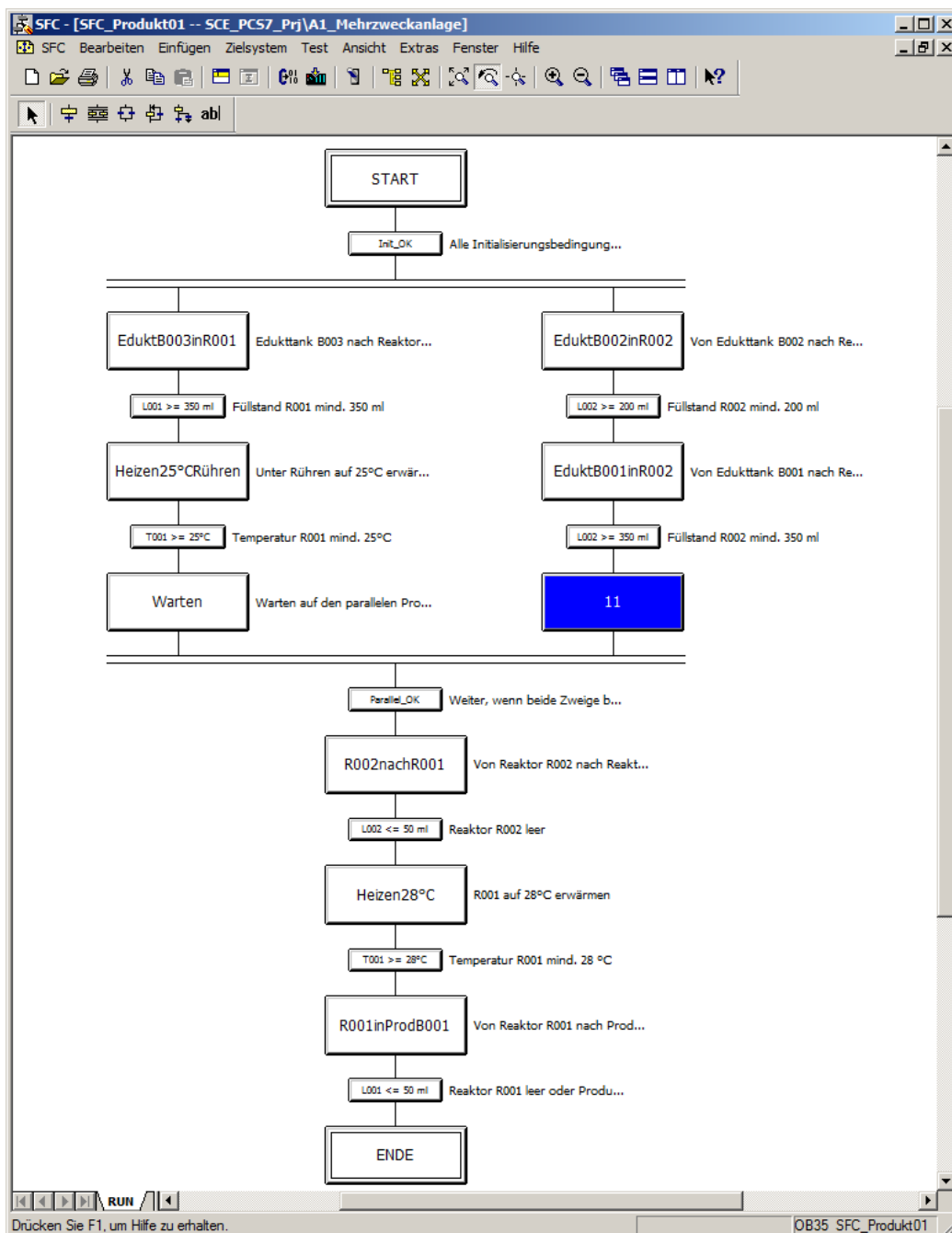
5. Auch hier werden zuerst nur der Name und der Kommentar geändert. (→ Name: Init_OK → Kommentar: Alle Initialisierungsbedingungen erfüllt → Schließen)

The screenshot shows the 'Eigenschaften - 1' dialog box. It has three tabs: 'Allgemein', 'Bedingung', and 'OS-Kommentar'. The 'Allgemein' tab is active. The 'Name' field contains 'Init_OK' and the 'Nummer' field contains '1'. The 'Kommentar' field contains the text 'Alle Initialisierungsbedingungen erfüllt'. At the bottom of the dialog, there are buttons for 'Schließen', 'Übernehmen', navigation arrows, 'Drucken...', 'Durchsuchen...', 'Gehe zu', and 'Hilfe'.

6. Die Änderung wird wieder gesichert. (→ Ja)



7. Die vorhergehenden Schritte wiederholen Sie bis der SFC folgendermaßen aussieht. Wichtig ist es, bei dem Schritt ‚Rühren‘ auch eine minimale Laufzeit von 10 Sekunden einzutragen. (→ Laufzeiten Minimal: T#10s)



Eigenschaften - 11 -- SCE_PCS7_Prj\A1_Mehrzweckanlage\ \SFC_Produkt01

Allgemein
 Initialisierung
 Bearbeitung
 Beendigung

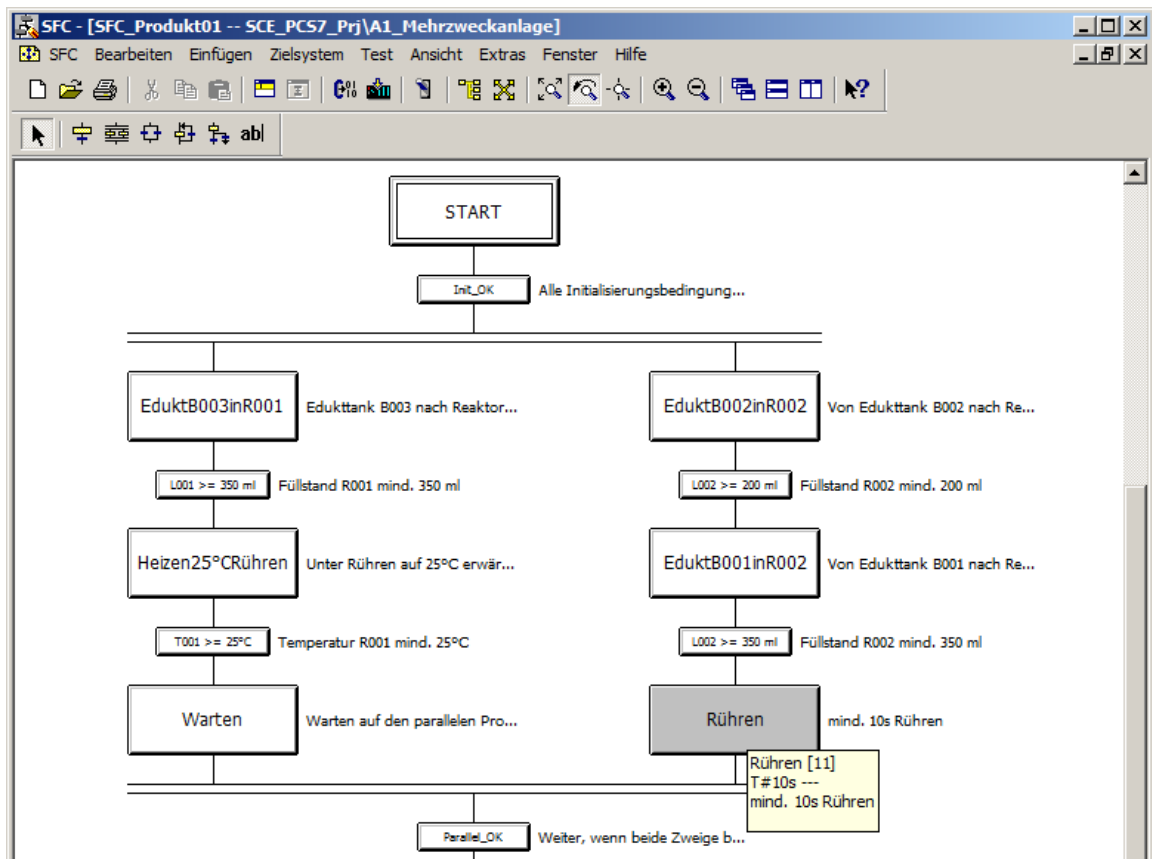
Name: Nummer: Bestätigung

Laufzeiten
 Minimal: Maximal:

Kommentar:

OS-Kommentar:

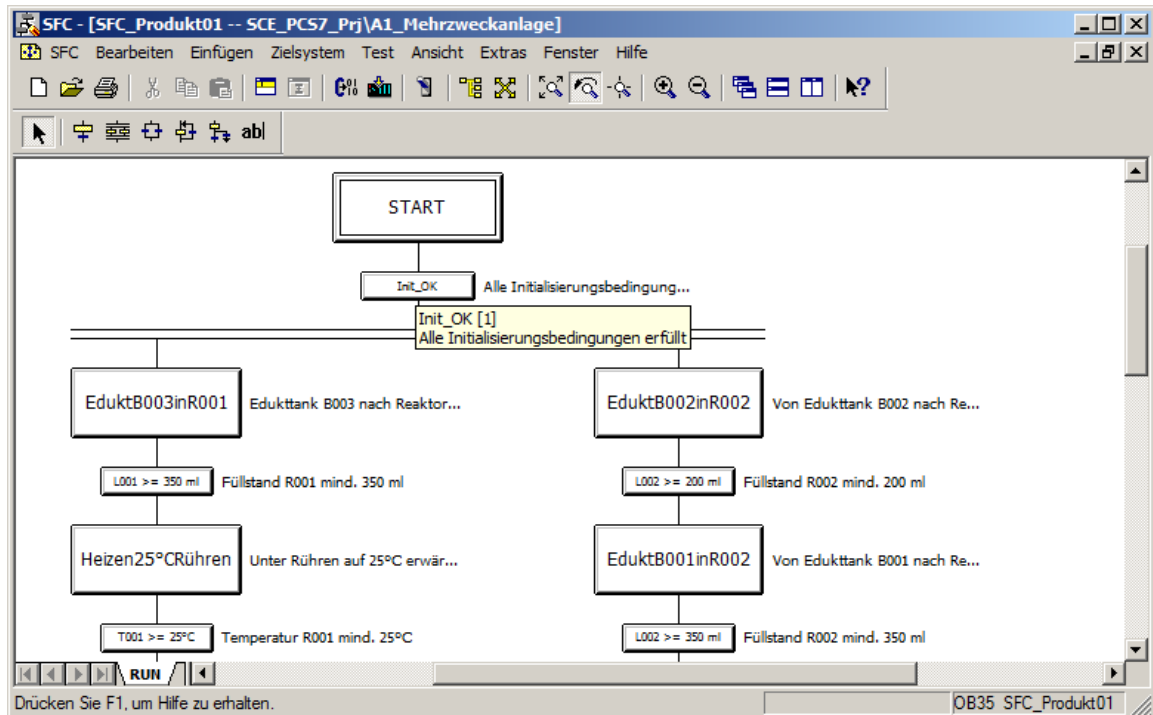
Quittierungs-
 information:



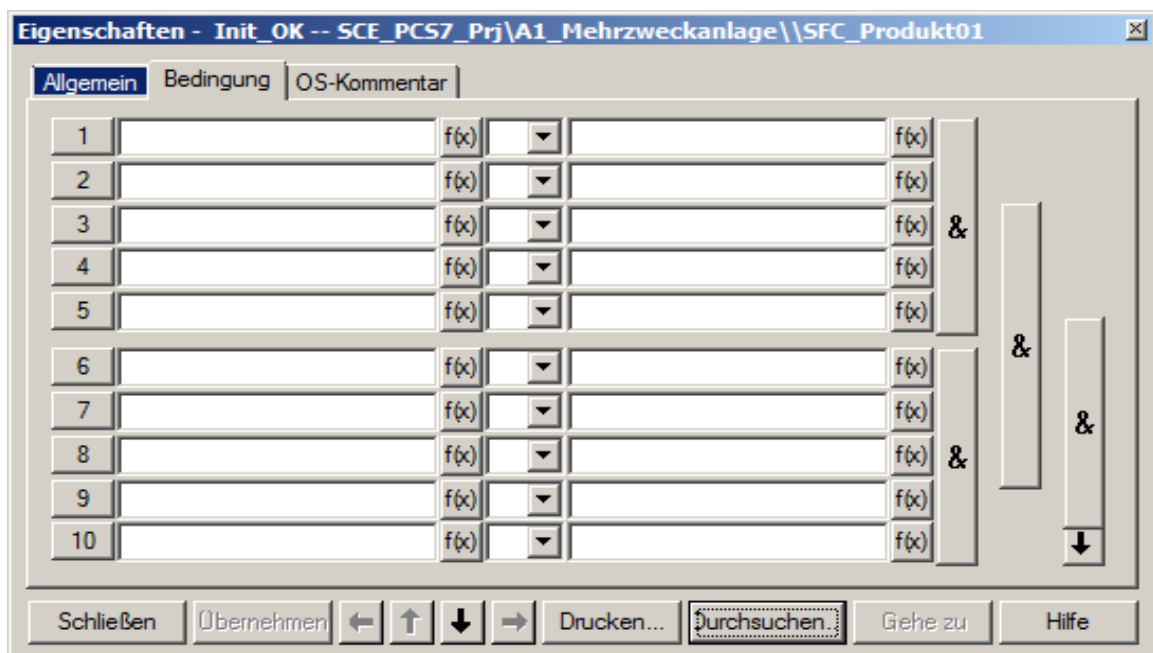
8.4 Bearbeitung der Schritte und Transitionen

8.4.1 Transition: Init_OK

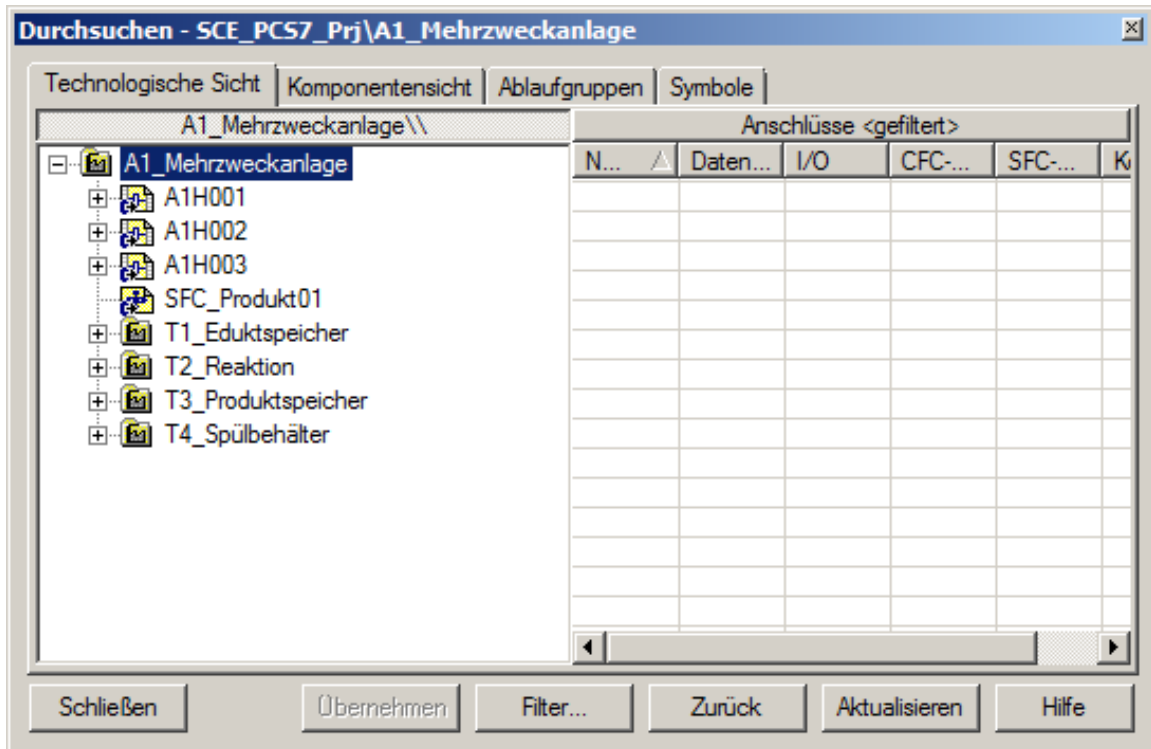
1. Der nächste Abschnitt behandelt die Realisierung der eigentlichen Funktion der Schrittkette. In den Schritt ‚START‘ sollen keine Anweisungen kommen. Deshalb beginnen Sie mit einem Doppelklick auf die Transition ‚Init_OK‘. (→ Init_OK)



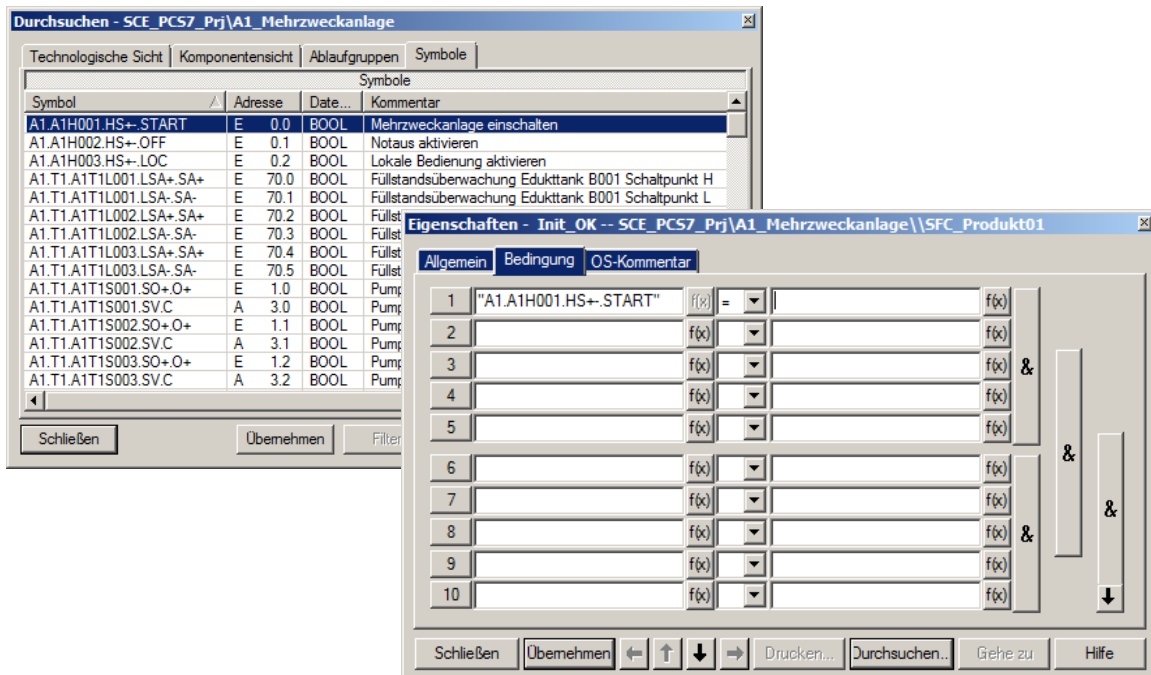
2. Wählen Sie das Register ‚Bedingung‘ aus und fügen Sie anschließend die Initialisierungsbedingungen hinzu, indem Sie auf ‚Durchsuchen‘ klicken. (→ Bedingung → Durchsuchen)



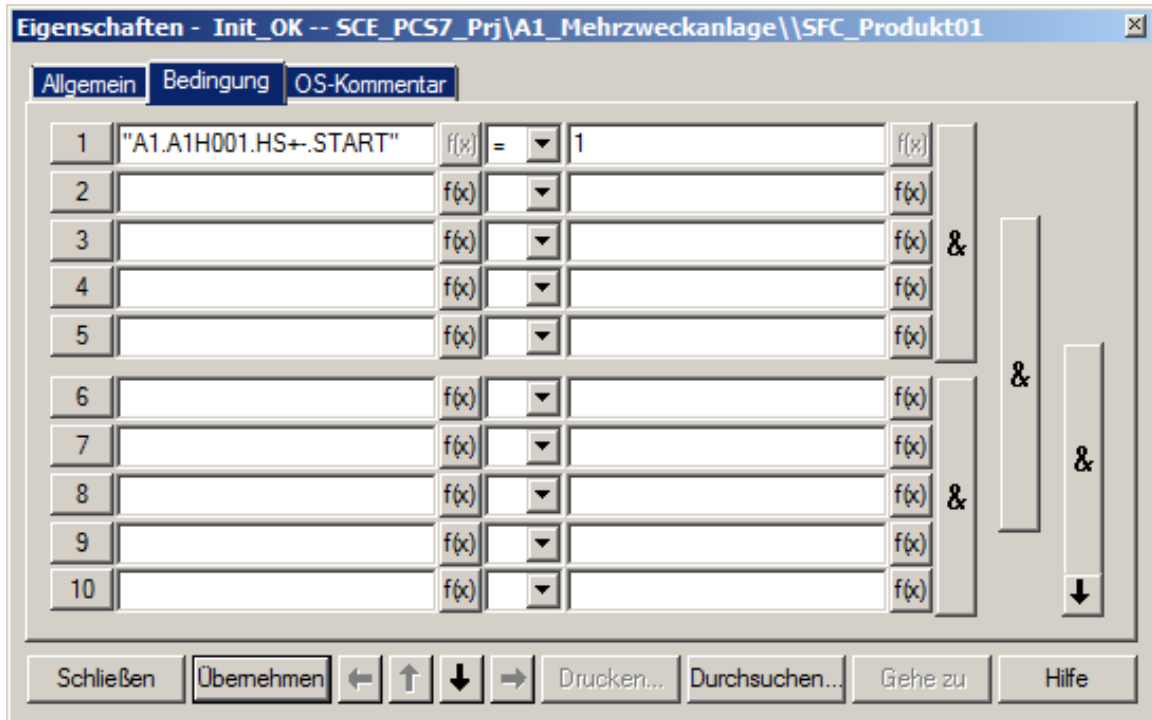
3. Es öffnet sich ein Fenster zum Hinzufügen von Anschlüssen oder Symbolen.



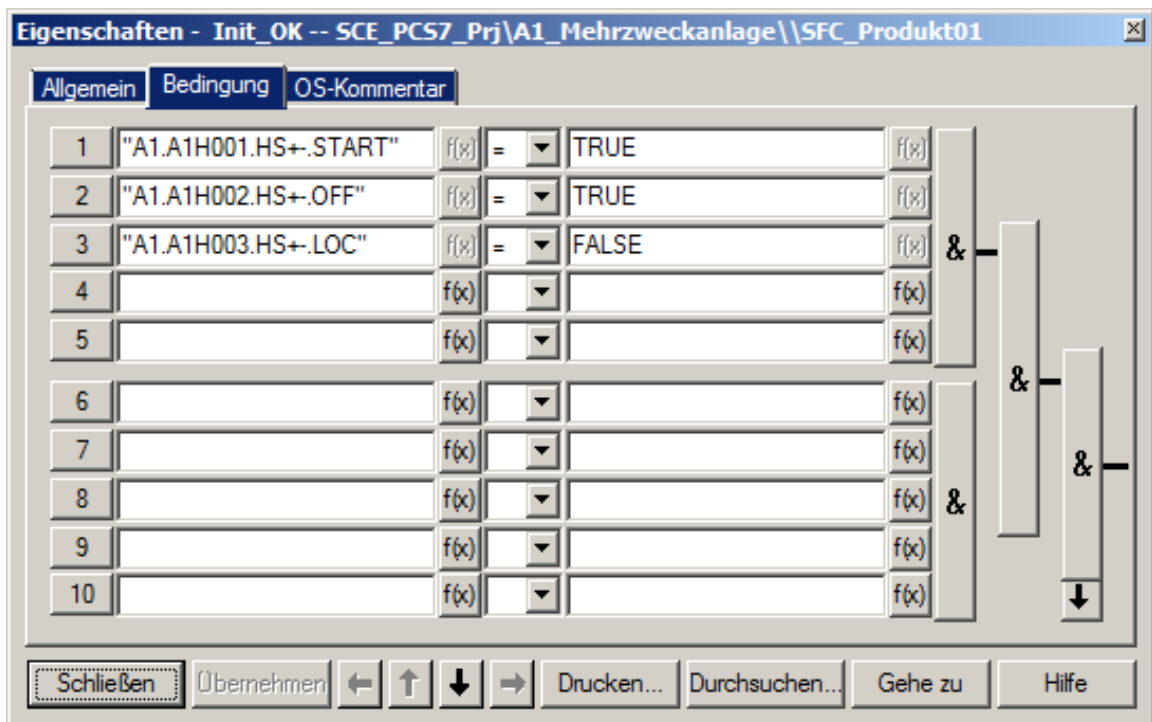
4. Wählen Sie jetzt das Register ‚Symbole‘ und selektieren Sie dort das Symbol des Hauptschalters ‚A1.A1H001.HS+-START‘ und klicken Sie auf ‚Übernehmen‘. Das Symbol wird auf der linken Seite der ersten Bedingung eingetragen. (→ Symbole → A1.A1H001.HS+-START → Übernehmen)



- Tragen Sie jetzt auf die rechte Seite der ersten Bedingung ,1' oder ,TRUE' ein, damit die nächsten Schritte nur bei eingeschalteter Anlage abgearbeitet werden. Übernehmen Sie diesen Wert. (→ 1 → Übernehmen)

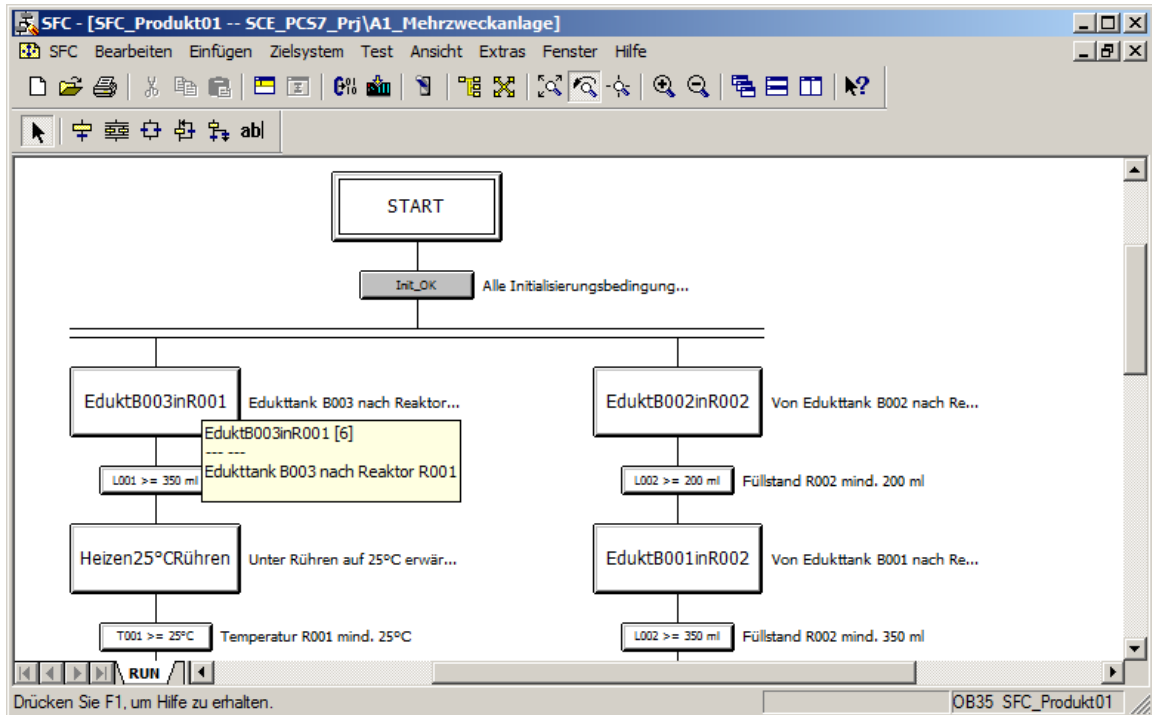


- Fügen Sie daraufhin die Bedingungen hinzu, sodass das NOTAUS entriegelt und die lokale Bedienung deaktiviert ist. Schließen Sie anschließend den Dialog. (→ A1.A1H002.HS+-.OFF → 1 → A1.A1H003.HS+-.LOC → 0 → Schließen)

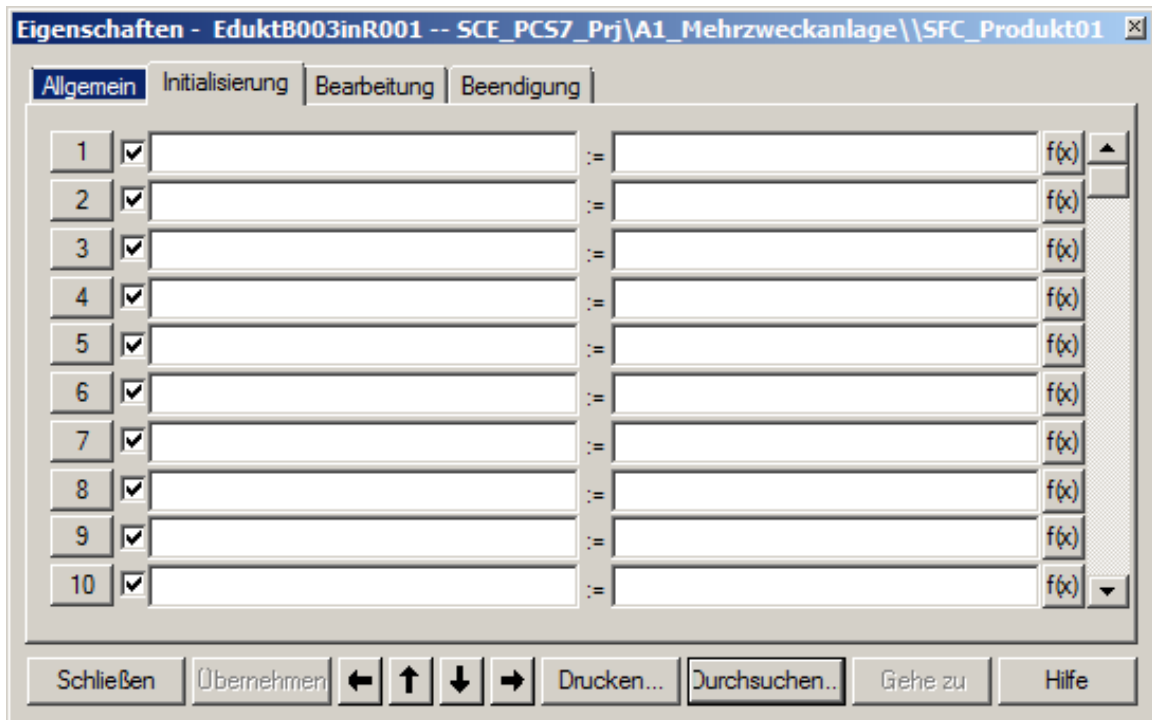


8.4.2 Schritt: EduktB003inR001

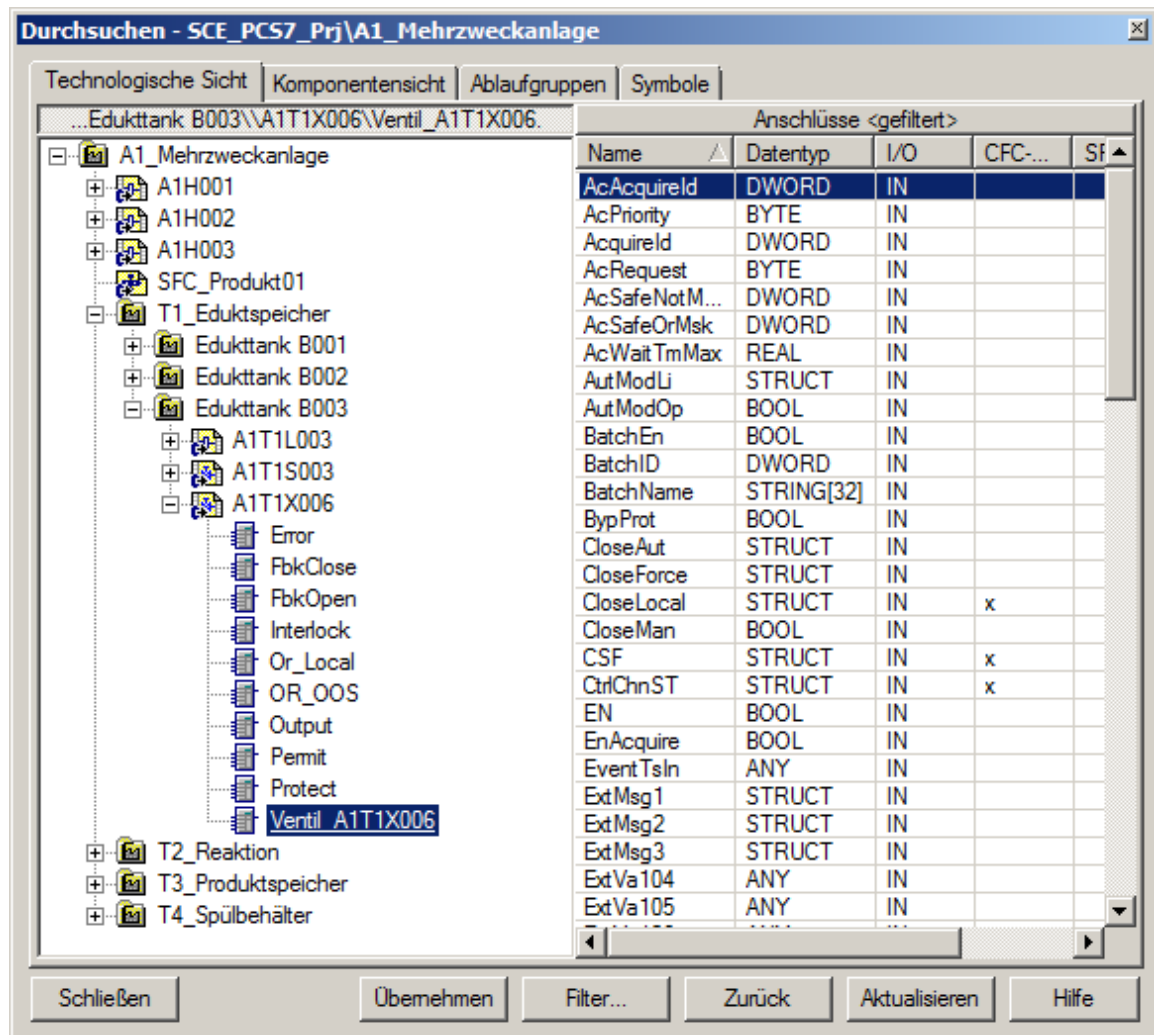
1. Öffnen Sie danach den Schritt ‚EduktB003inR001‘. (→ EduktB003inR001)



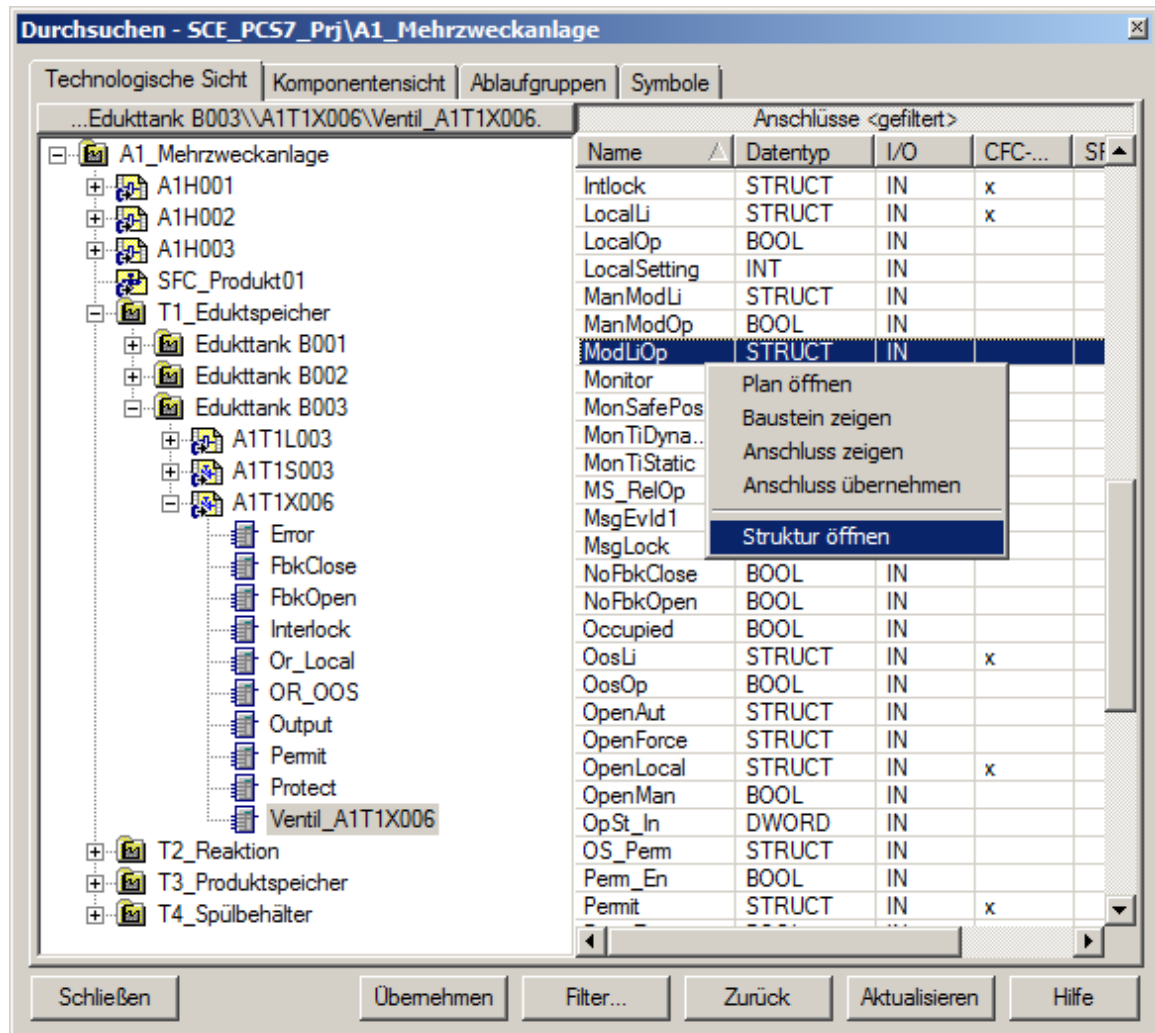
2. Wählen Sie das Register ‚Initialisierung‘ aus und klicken Sie auf ‚Durchsuchen‘. (→ Initialisierung → Durchsuchen)



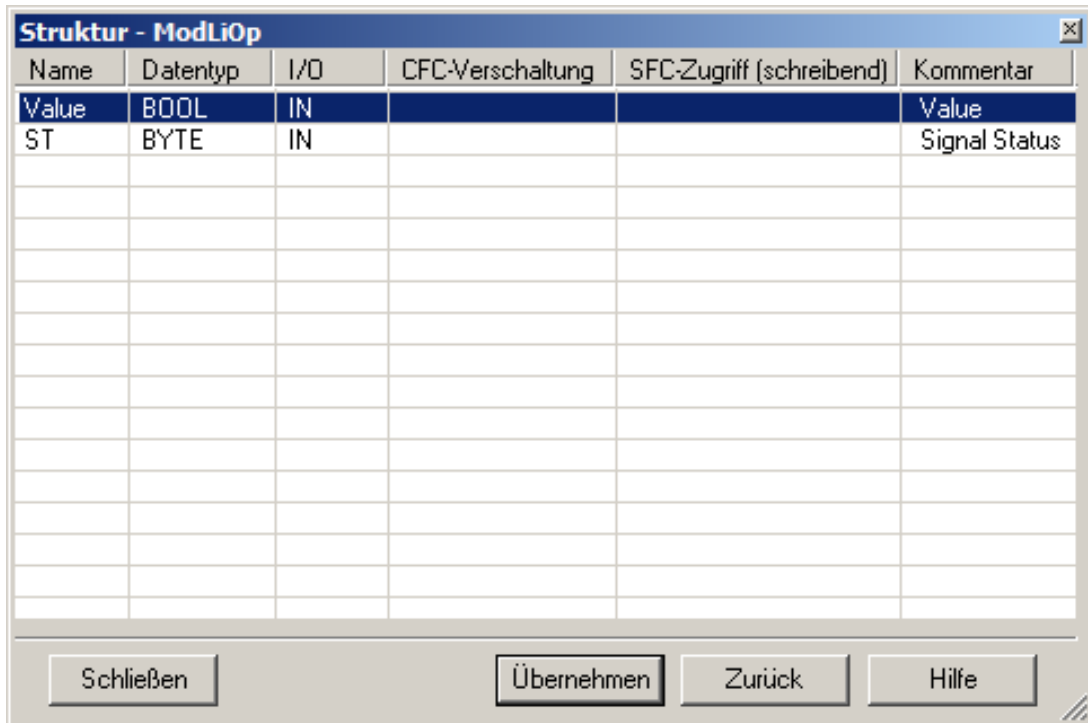
3. Danach wählen Sie im Auswahlfenster im Register ‚Technologische Sicht‘ im CFC ‚A1T1X006‘ den Ventilbaustein ‚Ventil_A1T1X006‘ aus. (→ A1_Mehrzweckanlage → T1_Eduktspeicher → Edukttank B003 → A1T1X006 → Ventil_A1T1X006)



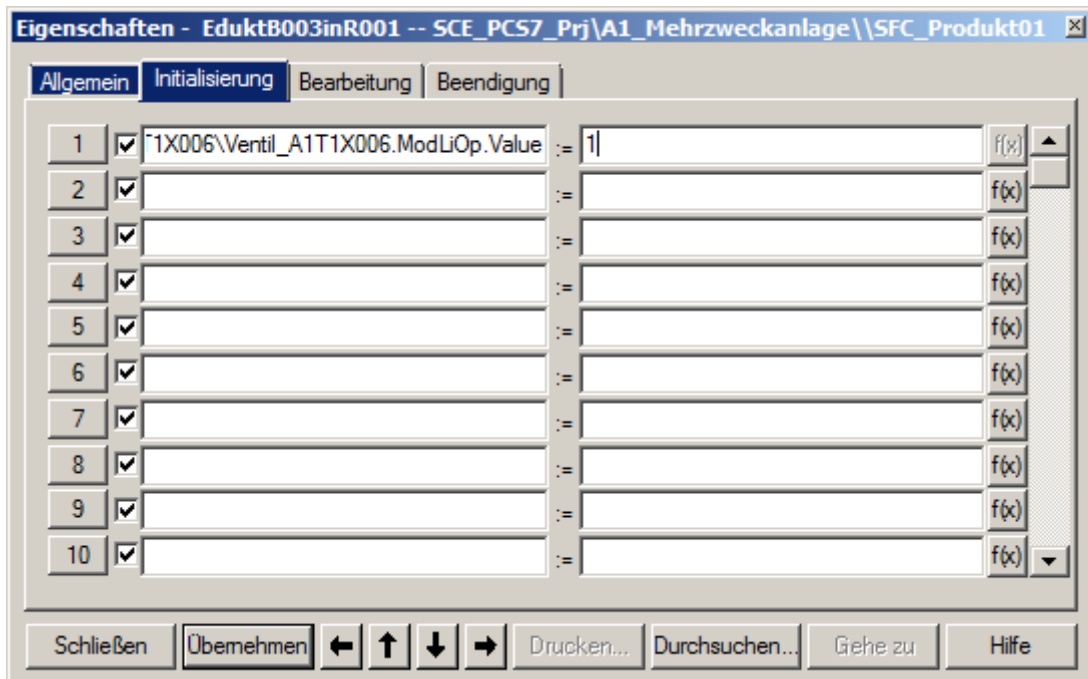
4. Setzen Sie zuerst den Anschluss ‚ModLiOp‘ auf ‚1‘, damit das Ventil nur noch über Verschaltungen oder SFC gesteuert werden kann. Da der Anschluss ‚ModLiOp‘ vom Datentyp ‚STRUCT‘ ist, müssen Sie zunächst per Rechtsklick das Kontextmenü öffnen und dort ‚Struktur öffnen‘ anklicken. (→ ModLiOp → Struktur öffnen)



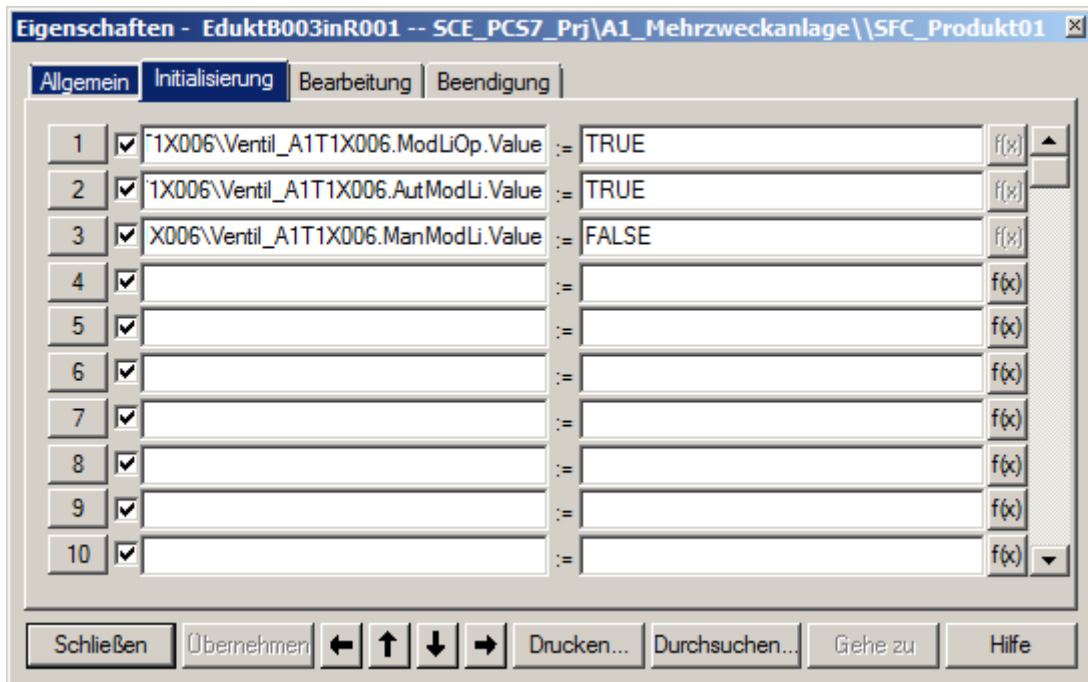
5. Der Strukturdialog öffnet sich und Sie wählen ‚Value‘ vom Datentyp BOOL aus. Mit übernehmen wird Ihre Auswahl auf der linken Seite der ersten Anweisung übernommen. (→ Value → Übernehmen)



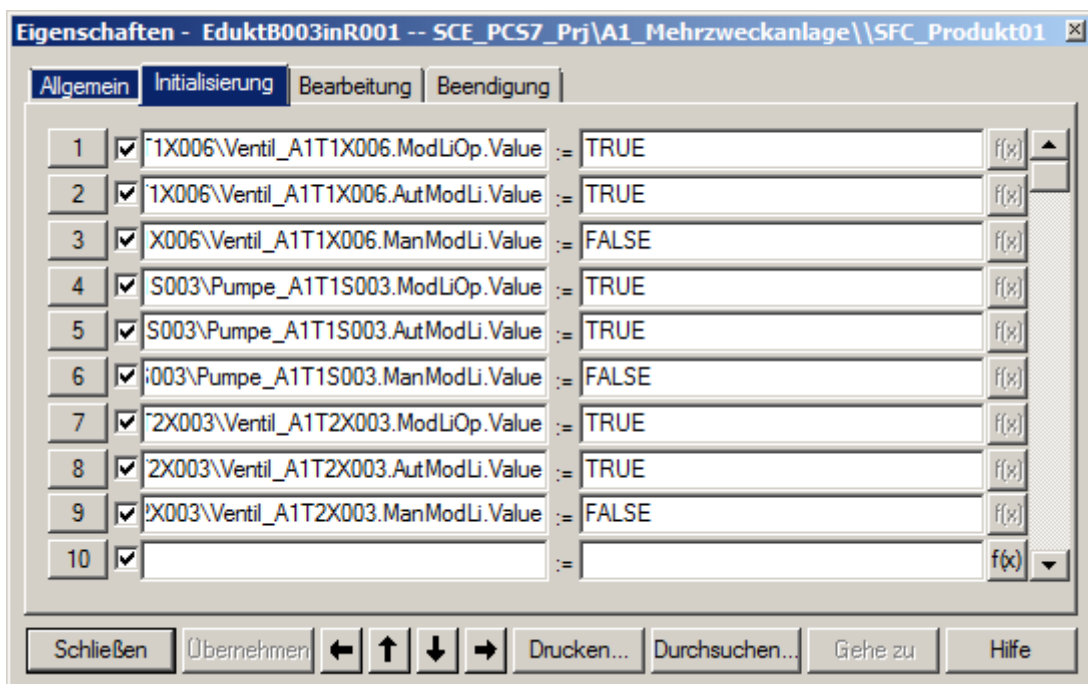
6. Auf der rechten Seite der ersten Anweisung tragen Sie nun eine „1“ ein. Damit wird der Anschluss ‚ModLiOp‘ in den SFC-Modus gesetzt. Mit ‚Übernehmen‘ wird die „1“ automatisch durch „TRUE“ ersetzt. (→ 1 → Übernehmen)

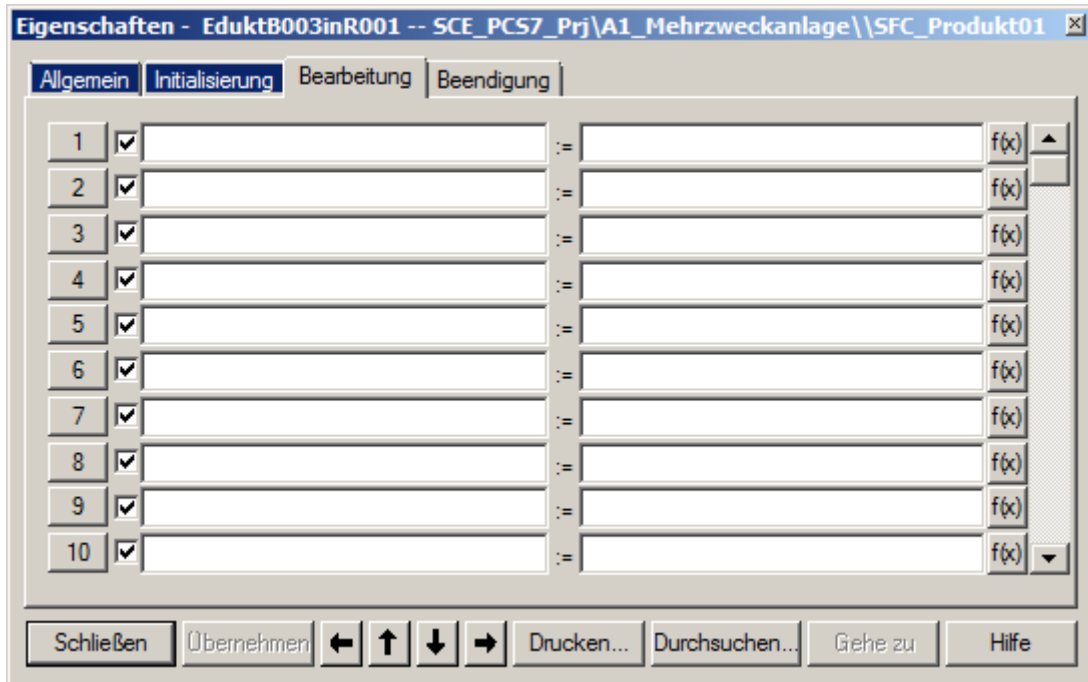


7. Fügen Sie nachfolgend die Anschlüsse ‚AutModLi‘ = ‚1‘ und ‚ManModLi‘ = ‚0‘ hinzu, damit das Ventil in den Automatikbetrieb gesetzt wird. (→ AutModLi → 1 → ManModLi → 0 → Übernehmen)

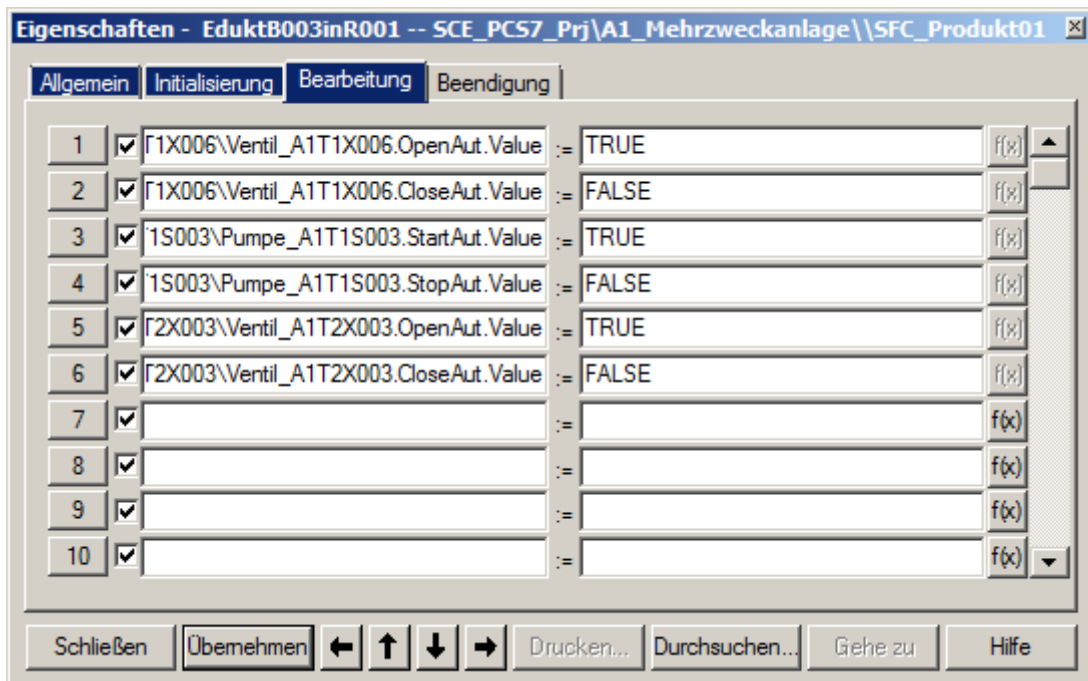


8. Dasselbe muss jetzt für die Pumpe A1T1S003 und das Ventil A1T2X003 gemacht werden, da diese ebenfalls am Befüllen vom Reaktor R001 aus dem Edukttank B003 beteiligt sind. Anschließend wechseln Sie auf das Register ‚Bearbeitung‘. (A1T1S003 → ModLiOp.Value = 1 → AutModLi.Value = 1 → ManModLi.Value = 0 → Übernehmen → A1T2X003 → ... → Übernehmen → Bearbeitung)

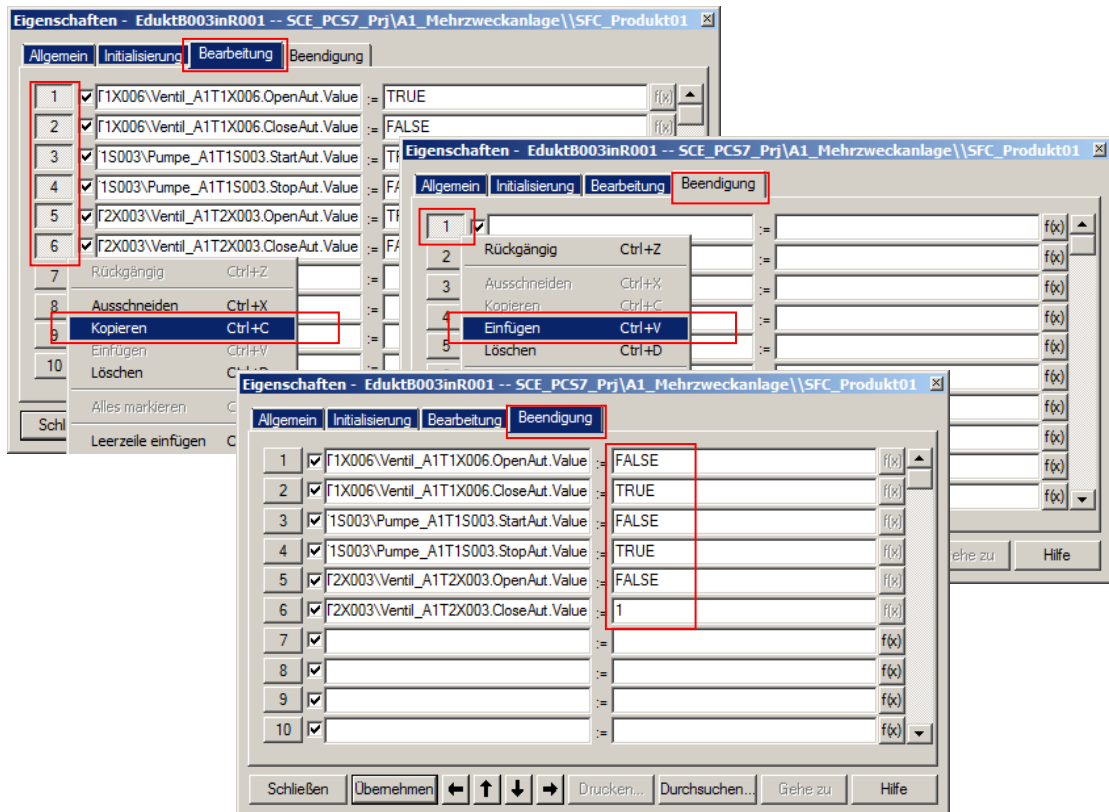




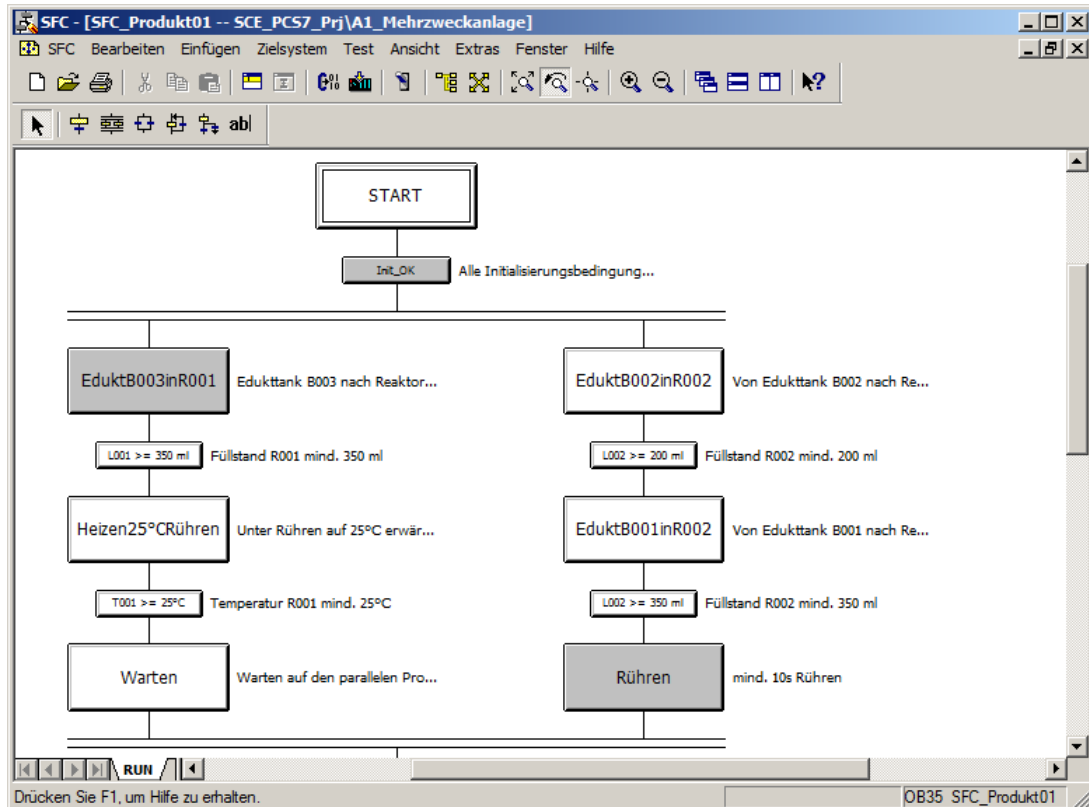
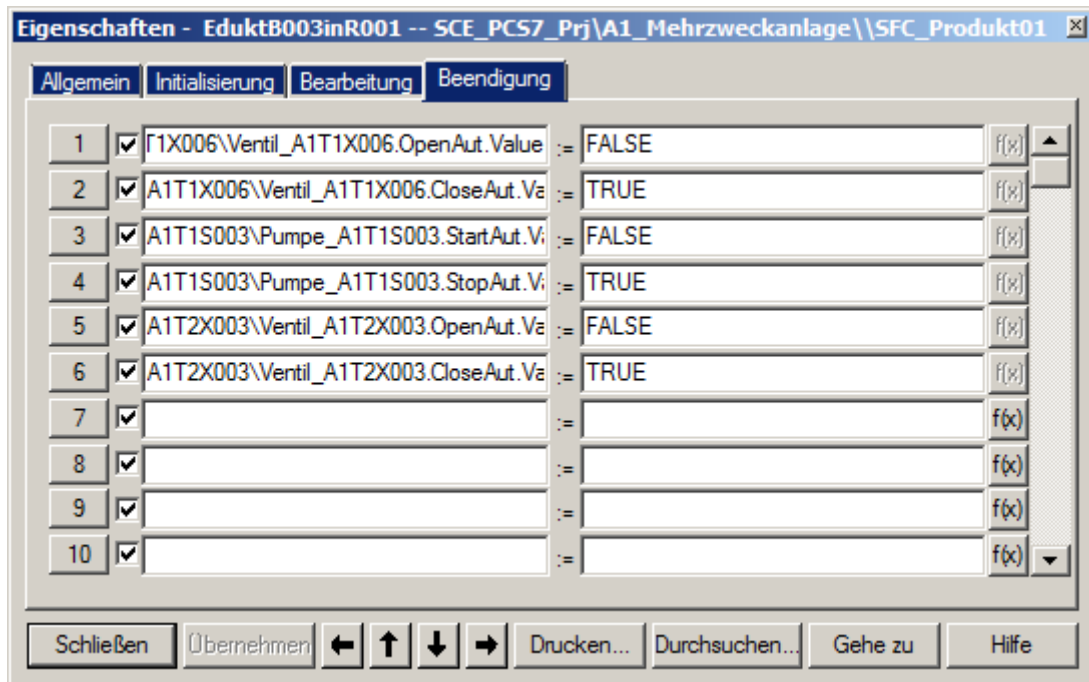
9. In ‚Bearbeitung‘ erfolgt das Eintragen der Anweisungen zum Öffnen der Ventile und Starten der Pumpe. Bei den Ventilen werden die Anschlüsse ‚OpenAut.Value‘ = ‚1‘ und ‚CloseAut.Value‘ = ‚0‘ gesetzt. Bei der Pumpe nutzen Sie die Anschlüsse ‚StartAut.Value‘ = ‚1‘ und ‚StopAut.Value‘ = ‚0‘. (A1T1X006 → ... → A1T1S003 → ... → A1T2X003 → ... → Übernehmen → Beendigung)



10. Daraufhin werden die Anweisungen, die beim Beenden des Schrittes ausgeführt werden sollen, in ‚Beendigung‘ eingetragen. Sie müssen hier die Ventile und die Pumpe wieder schließen. An dieser Stelle könnten die Ventile und die Pumpe auch wieder in den manuellen Modus und den Operatorbetrieb zurückgesetzt werden, es empfiehlt sich jedoch dies für den Schritt ‚ENDE‘ aufzuheben. Sie kopieren dazu die Anweisung von ‚Bearbeiten‘ nach ‚Beendigung‘ und invertieren anschließend nur noch die Werte (‚TRUE‘ wird ‚FALSE‘ und umgekehrt). Zum Kopieren und Einfügen müssen Sie die Zahlen vor den Anweisungen markieren und danach das Kontextmenü aufrufen.

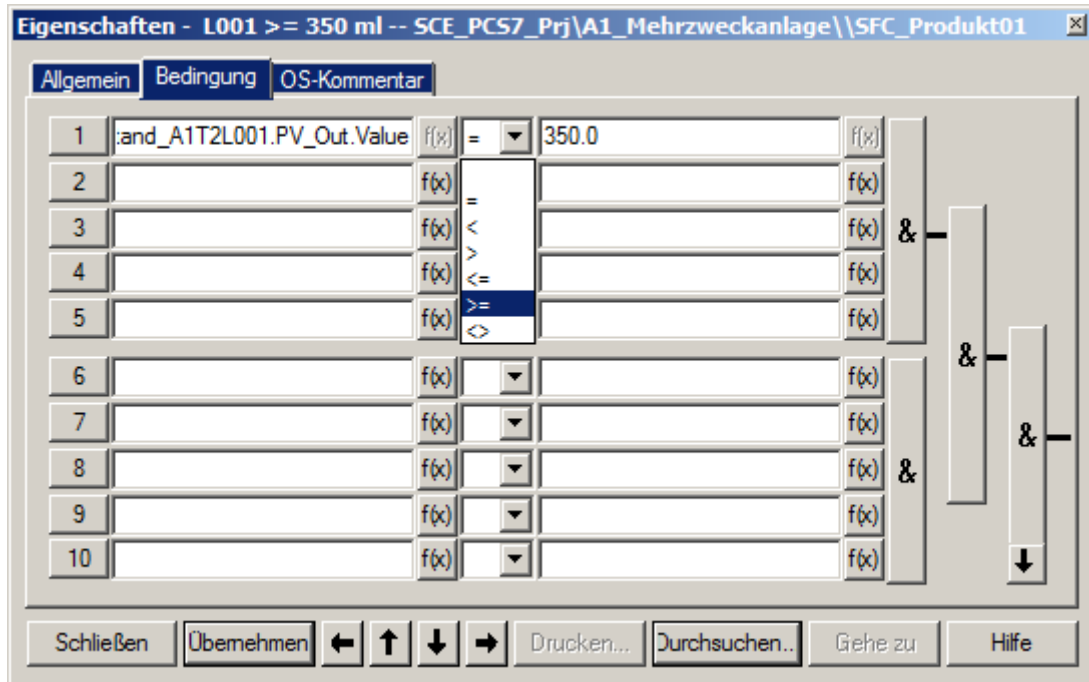


11. Schließen Sie jetzt den Eigenschaftendialog vom Schritt ‚EduktB003inR001‘. Im SFC-Editor sehen Sie, dass die Transition ‚Init_OK‘, die Schritte ‚EduktB003inR001‘ und ‚Rühren‘ grau hinterlegt sind, weil dort bereits Anweisungen vorhanden sind. (→ Schließen)



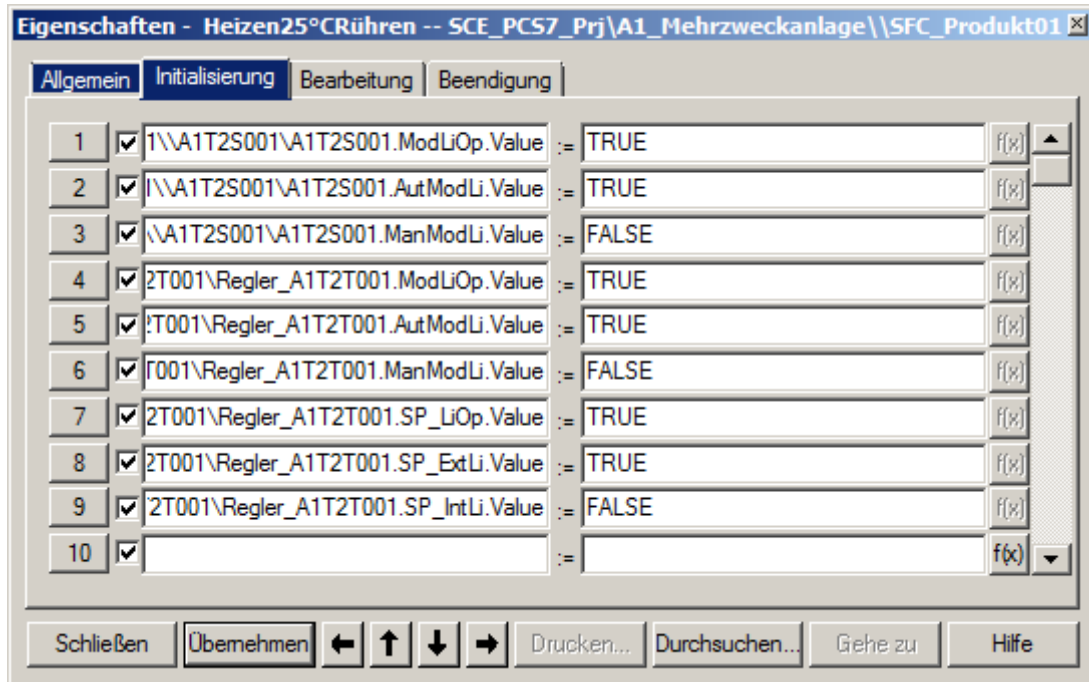
8.4.3 Transition: L001 >= 350 ml

1. Anschließend öffnen Sie die Transition ‚L001 >= 350 ml‘. Tragen Sie die Bedingung ein, dass der Füllstand von Reaktor R001 größer bzw. gleich 350 ml ist. (→ L001 >= 350 ml → Bedingung → Durchsuchen → ...Reaktor R001\A1T2L001\Stand_A1T2L001.PV_Out → Rechtsklick → Struktur öffnen → Value → >= → 350 → Übernehmen → Schließen)

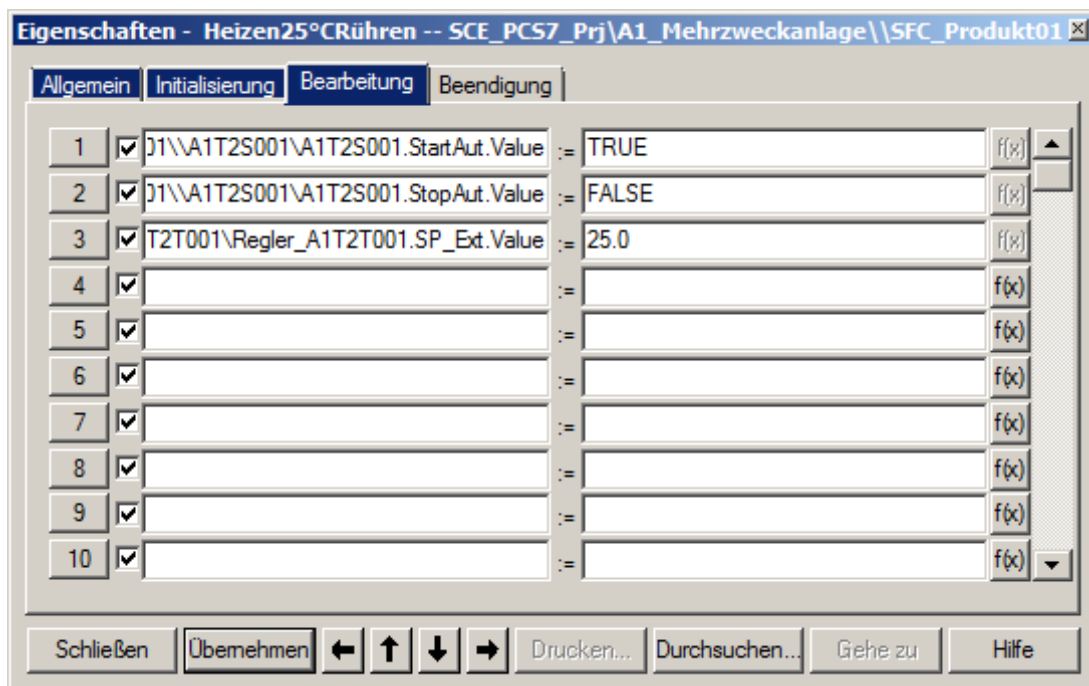


8.4.4 Schritt: Heizen25°CRühren

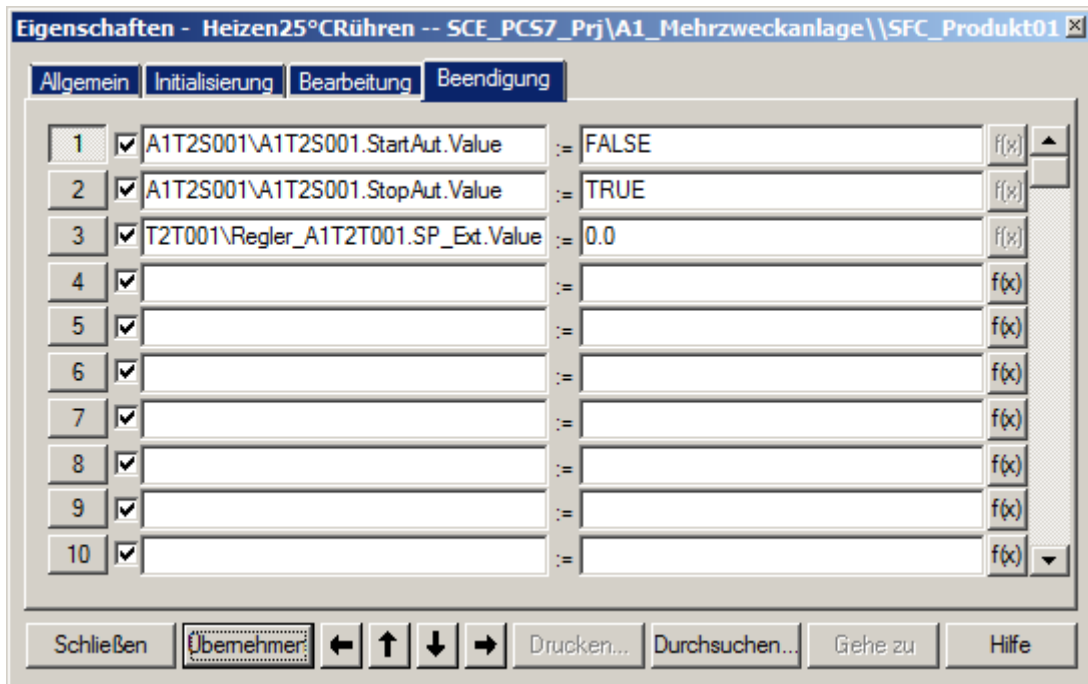
- Im Schritt „Heizen25°CRühren“ fügen Sie in der ‚Initialisierung‘ wieder die Anschlüsse ‚ModLiOp‘, ‚AutModLi‘ und ‚ManModLi‘ für den ‚Ruehrer_A1T2S001‘ und den ‚Regler_A1T2T001‘ hinzu. Für den Regler schalten Sie noch die Sollwertvorgabe auf SFC-Modus ‚SP_LiOp‘ = ‚1‘ und auf externe Sollwertvorgabe ‚SP_ExtLi‘ = ‚1‘ und ‚SP_IntLi‘ = ‚0‘. (→ Heizen25°CRühren → ‚Initialisierung‘ → ...)



- Wechseln Sie jetzt zu ‚Bearbeitung‘ und fügen die abgebildeten Anschlüsse und Werte hinzu. Damit wird der Rührer gestartet und der Regler erhält den Sollwert 25°C.

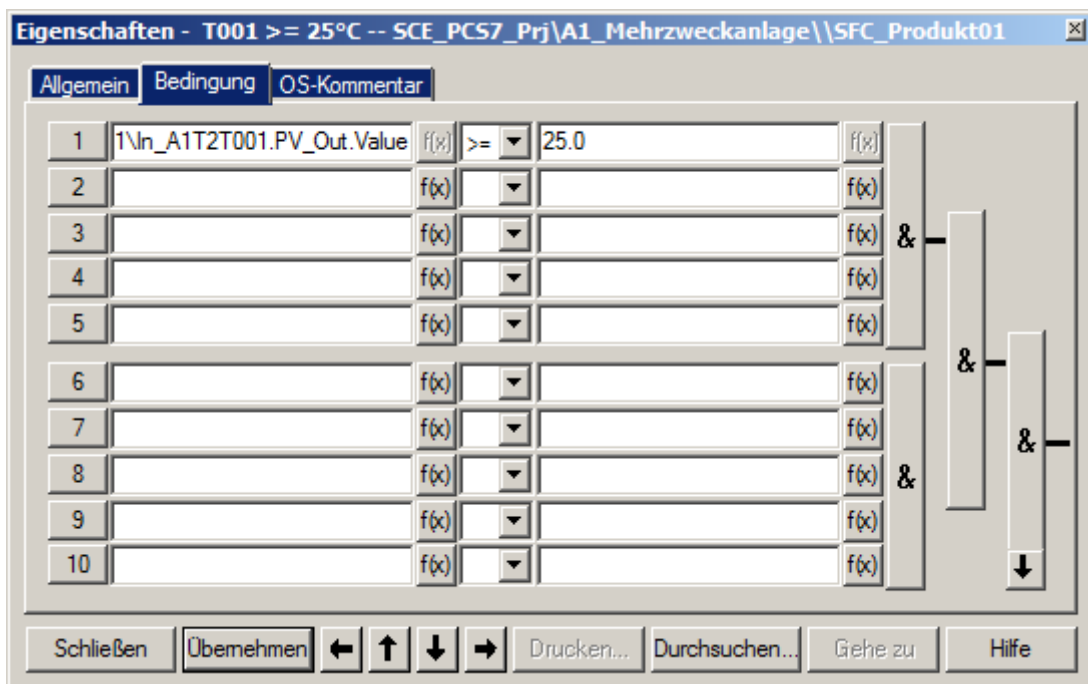


3. Unter ‚Beendigung‘ stoppen Sie den Rührer wieder und setzen den Sollwert auf 0°C. Anschließend schließen Sie den Dialog.



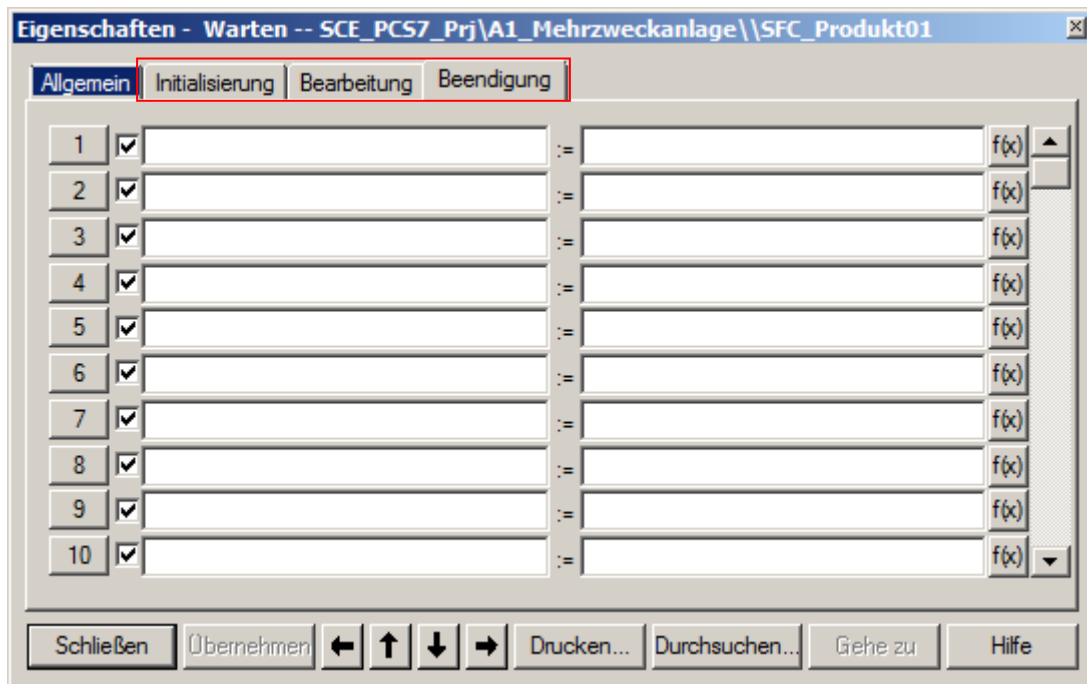
8.4.5 Transition: T001 >= 25°C

1. Jetzt parametrieren Sie die Transition ‚T001 >= 25°C‘. Dafür benötigen Sie die gemessene Temperatur. (→ T001 >= 25°C → Bedingung → ...T2_Reaktion\Reaktor R001\A1T2T001\In_A1T2T001 → PV_Out → Value → Übernehmen → >= → 25.0 → Übernehmen → Schließen)



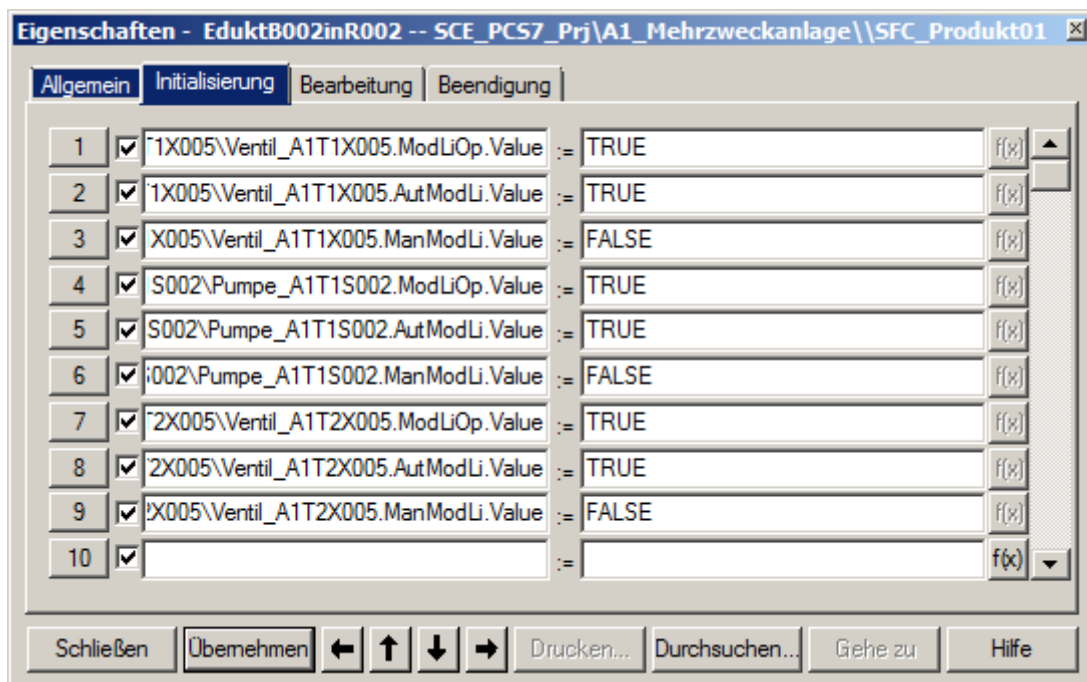
8.4.6 Schritt: Warten

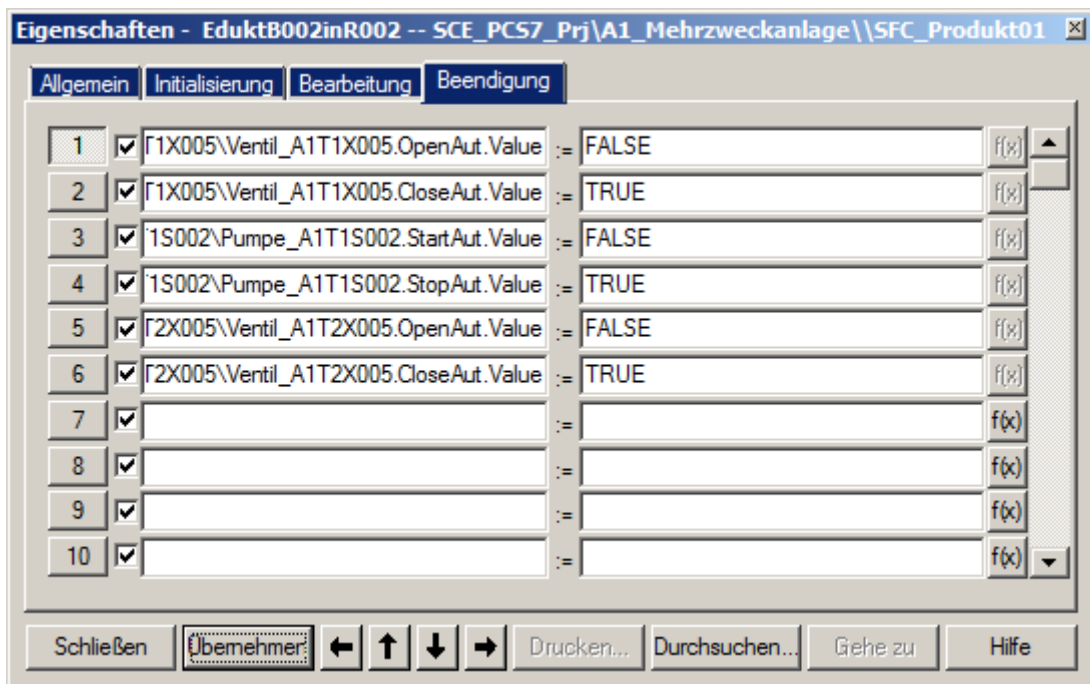
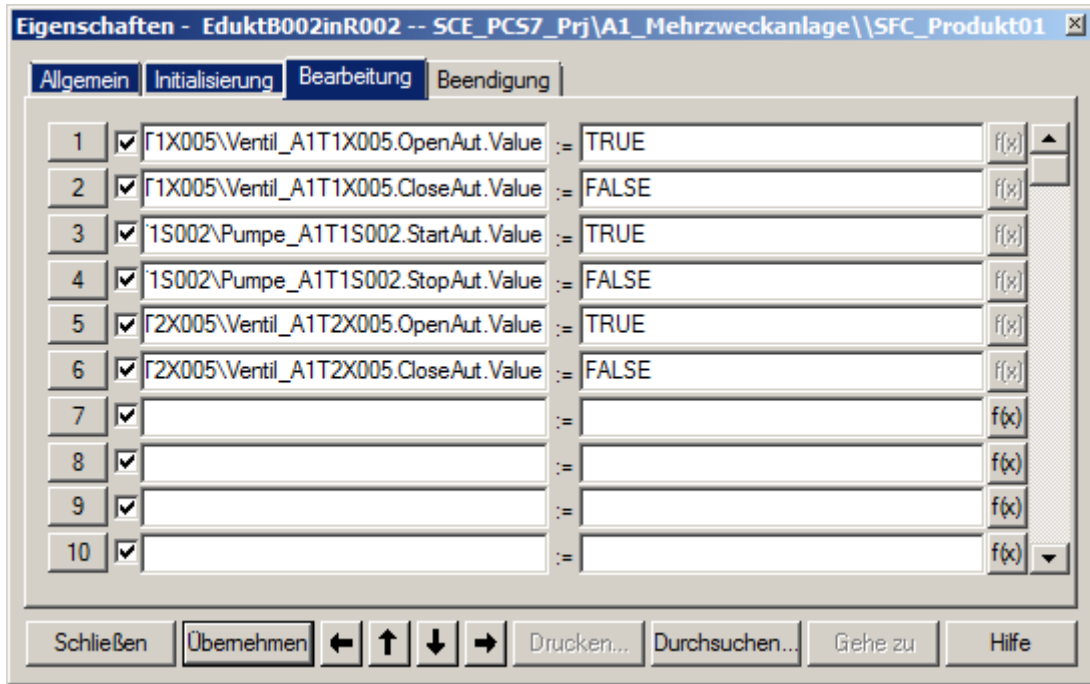
1. Im Schritt ‚Warten‘ bleiben ‚Initialisierung‘, ‚Bearbeitung‘ und ‚Beendigung‘ leer. Sie erkennen das daran, dass die Register keine Markierung aufweisen.



8.4.7 Schritt: EduktB002inR002

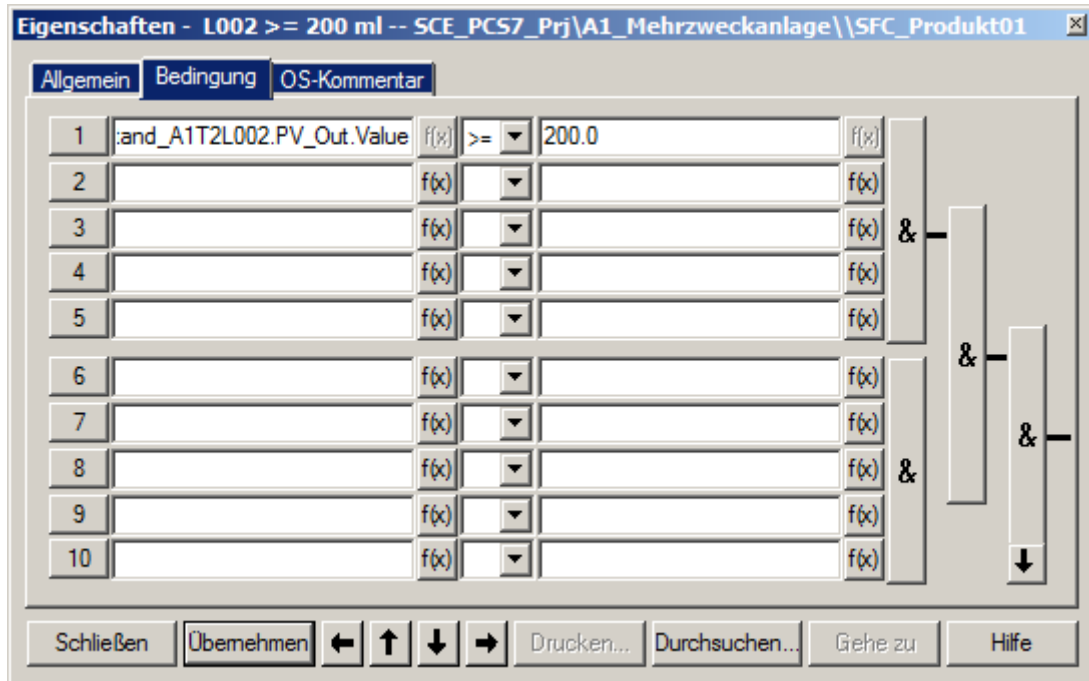
1. Füllen Sie nun den parallelen Strang aus. Beginnen Sie mit Schritt ‚EduktB002inR002‘ und nutzen Sie die folgenden Abbildungen. (→ EduktB002inR002)





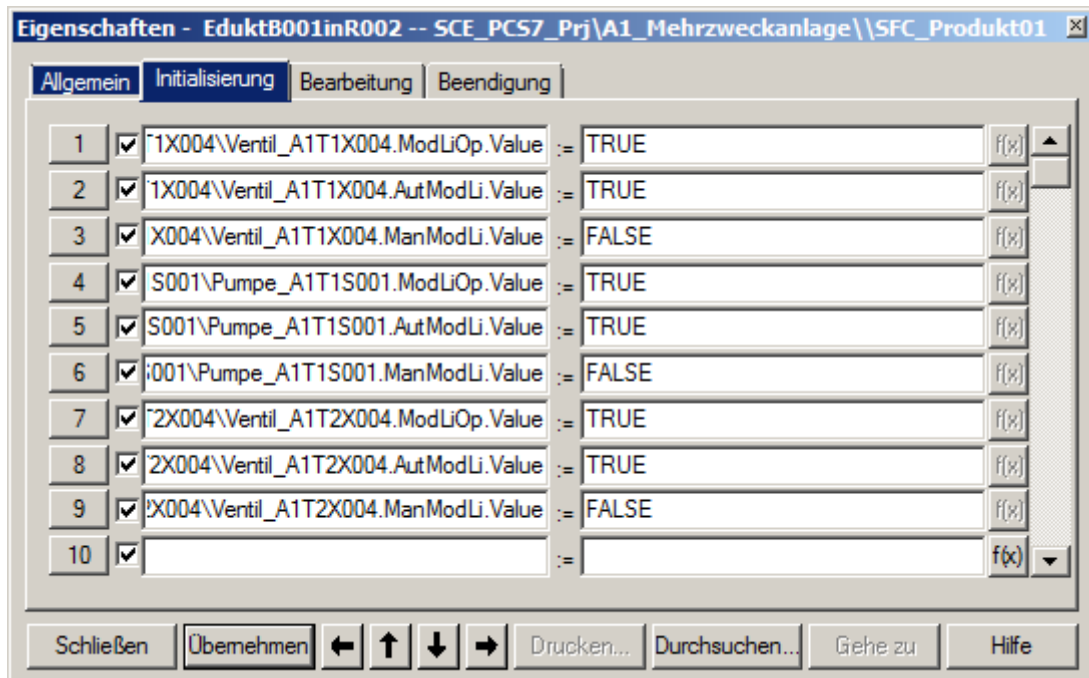
8.4.8 Transition: L002 >= 200 ml

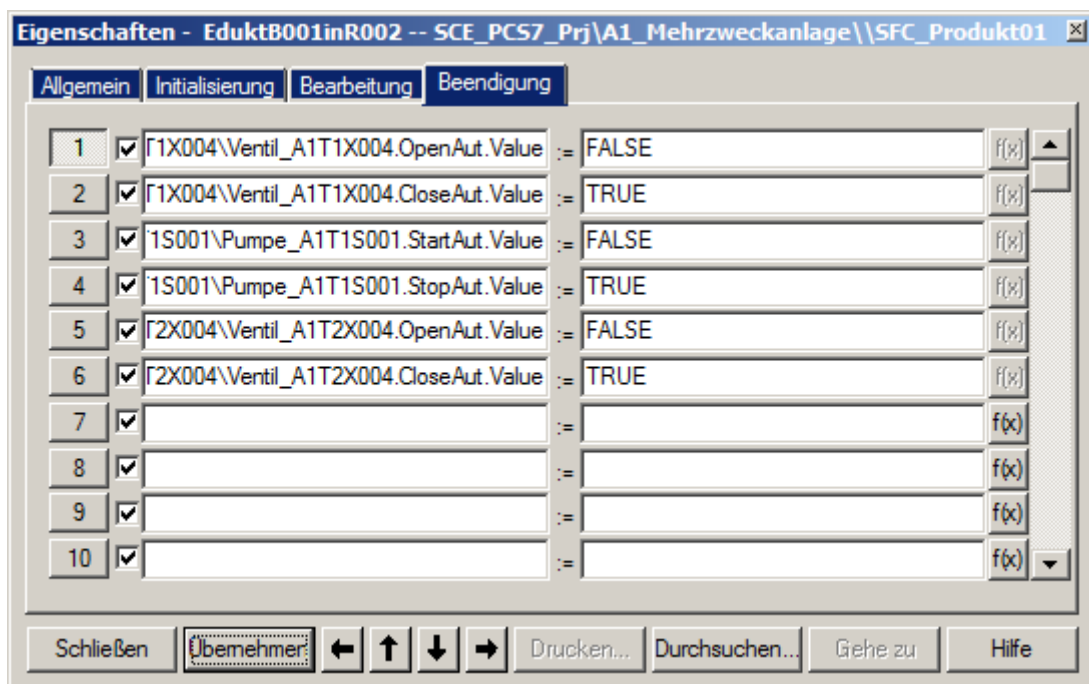
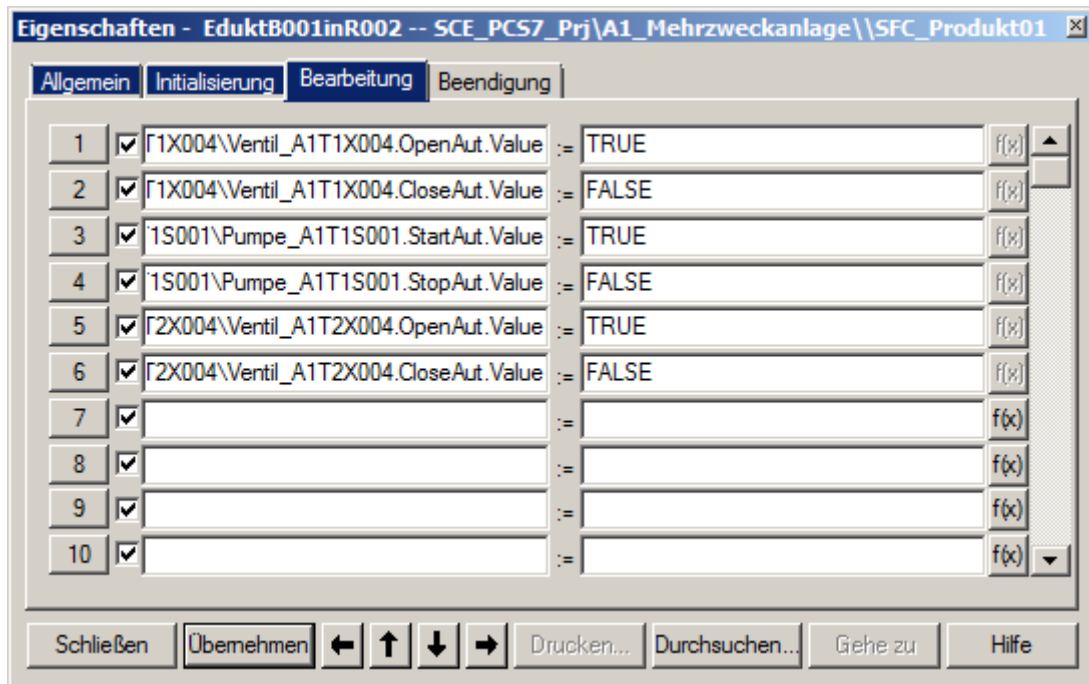
1. Die Transition ‚L002 >= 200 ml‘ sieht daraufhin wie folgt aus. (→ L002 >= 200 ml)



8.4.9 Schritt: EduktB001inR002

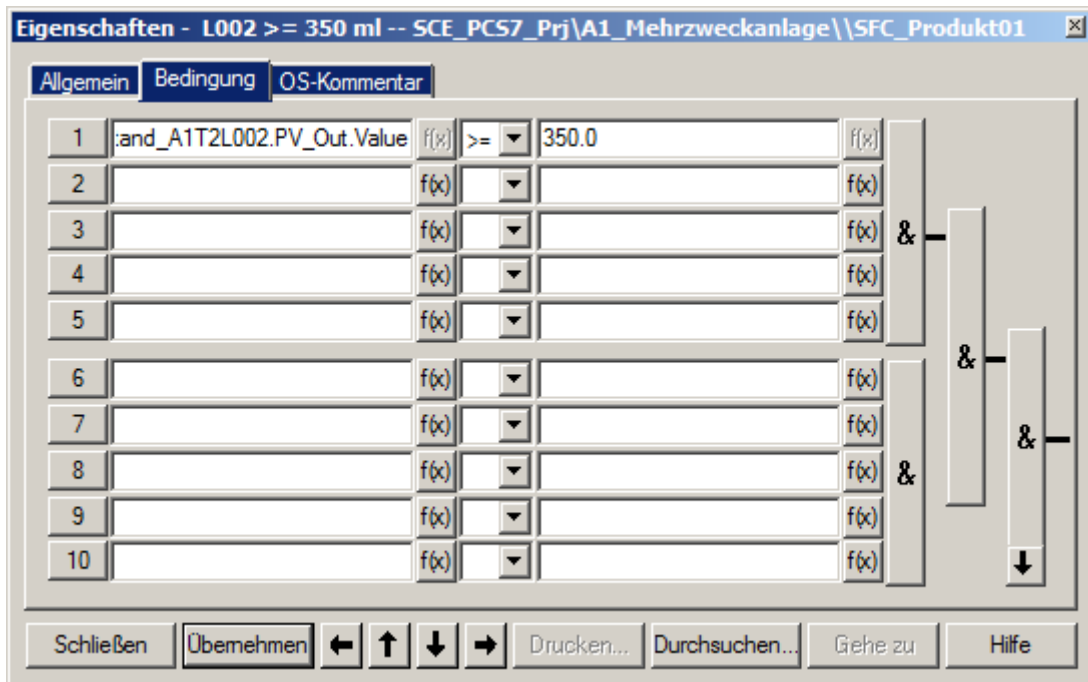
1. Im Schritt ‚EduktB001inR002‘ müssen Sie die folgenden Verschaltungen vornehmen.





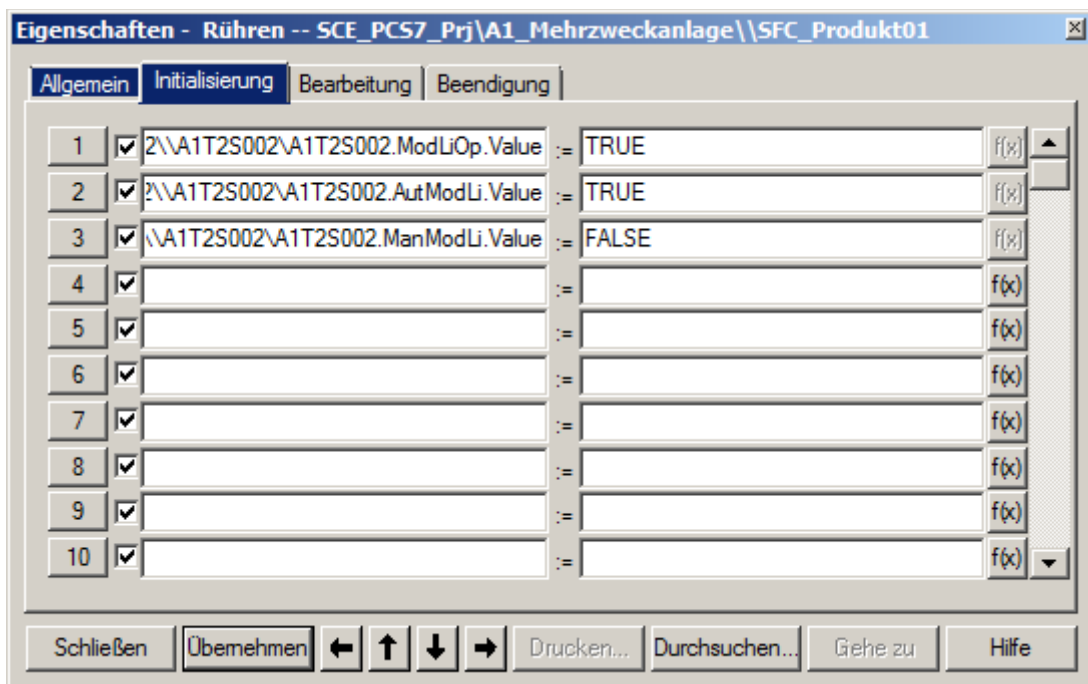
8.4.10 Transition: L002 >= 350 ml

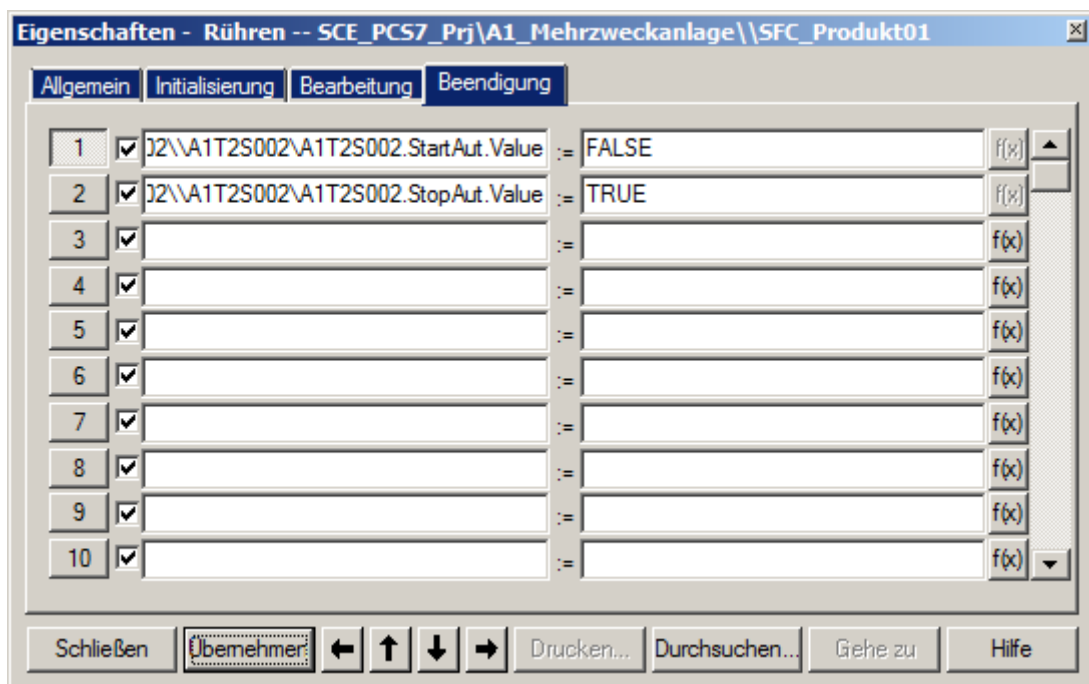
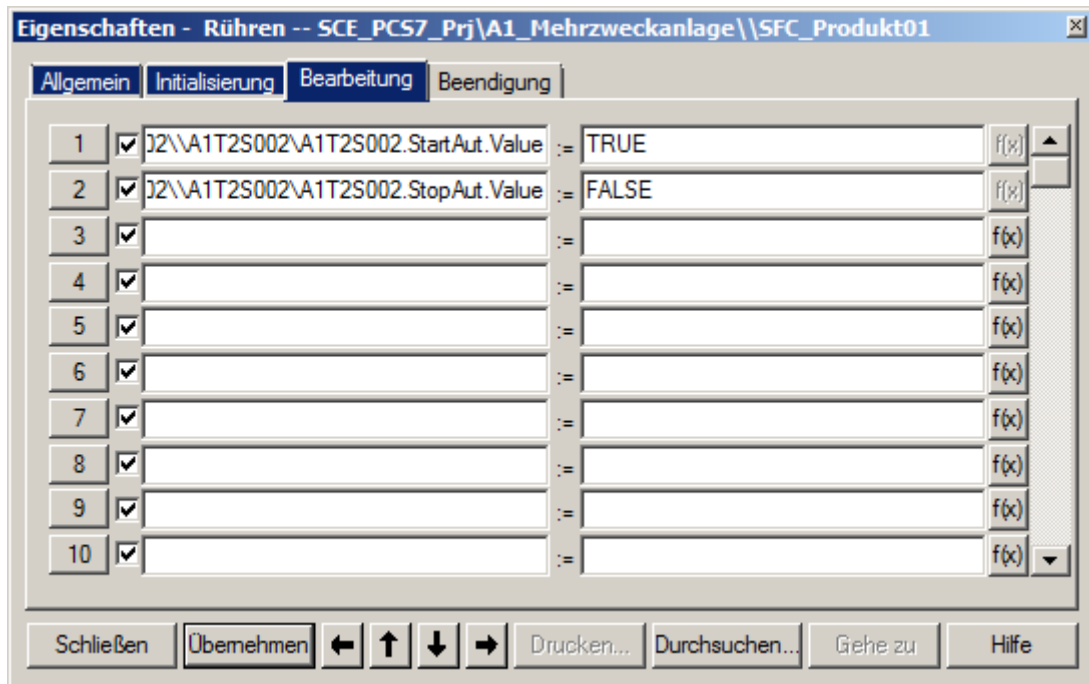
- Die Transition ‚L002 >= 350 ml‘ sieht anschließend folgendermaßen aus. (→ L002 >= 350 ml)



8.4.11 Schritt: Rühren

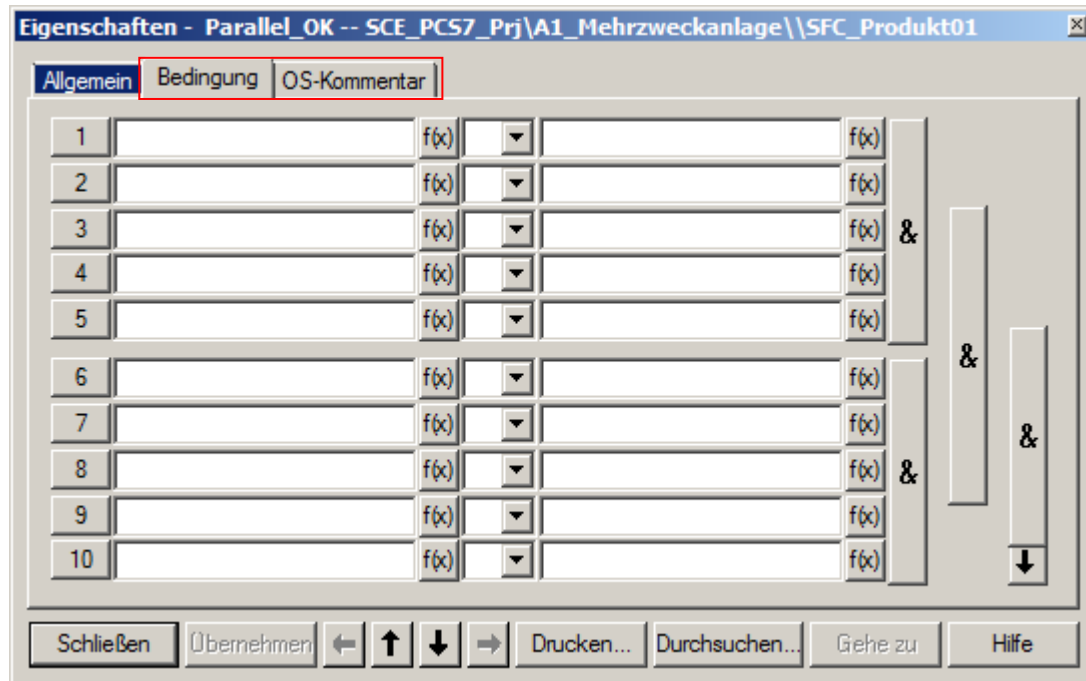
- Der Schritt ‚Rühren‘ hat eine minimale Laufzeit von 10 Sekunden. Dies hatten Sie bereits am Anfang parametriert. Jetzt müssen Sie den Rührer_A1T2S002 initialisieren, starten und wieder stoppen.



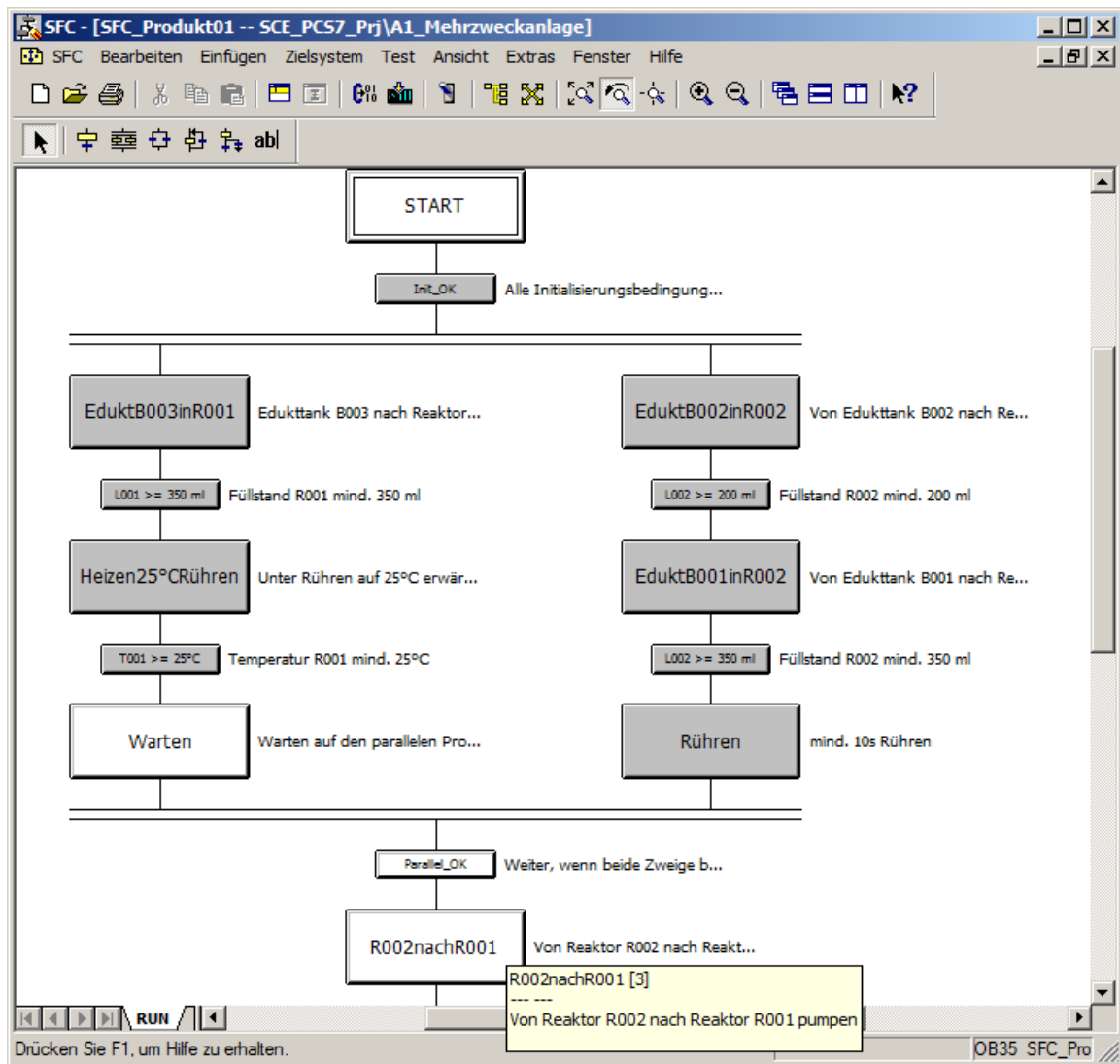


8.4.12 Transition: Parallel_OK

1. Jetzt haben Sie bereits den parallelen Zweig fertig parametriert. Die Transition ‚Parallel_OK‘ bleibt leer. Das bedeutet sobald die Schritte ‚Warten‘ und ‚Rühren‘ abgearbeitet sind, wird der Schritt ‚R002nachR001‘ aktiv.

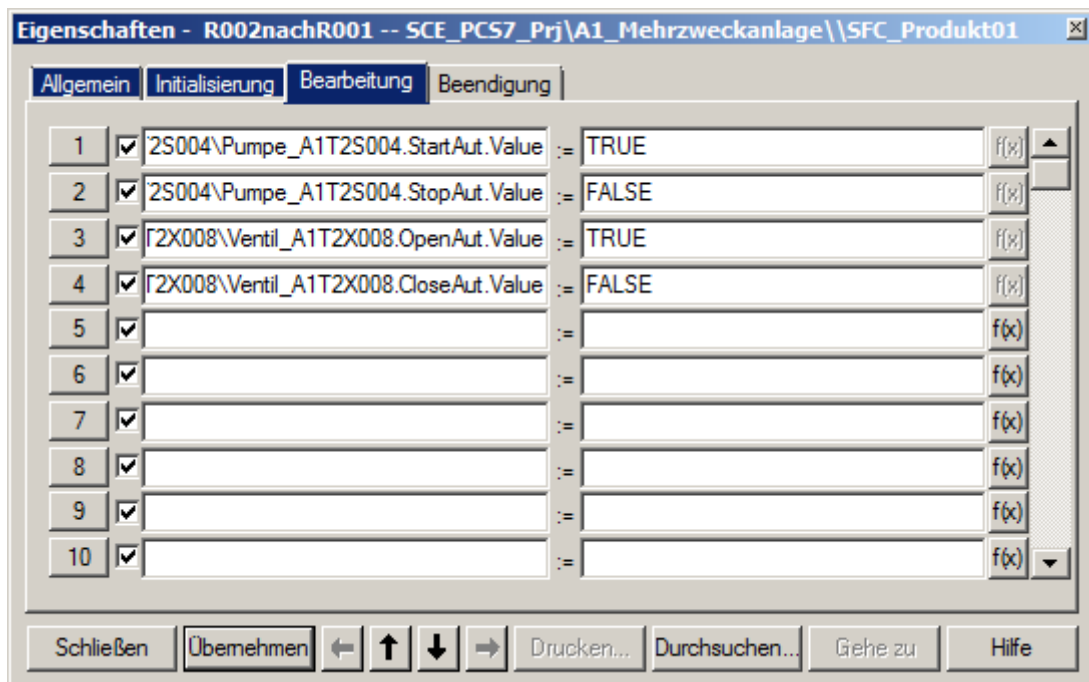
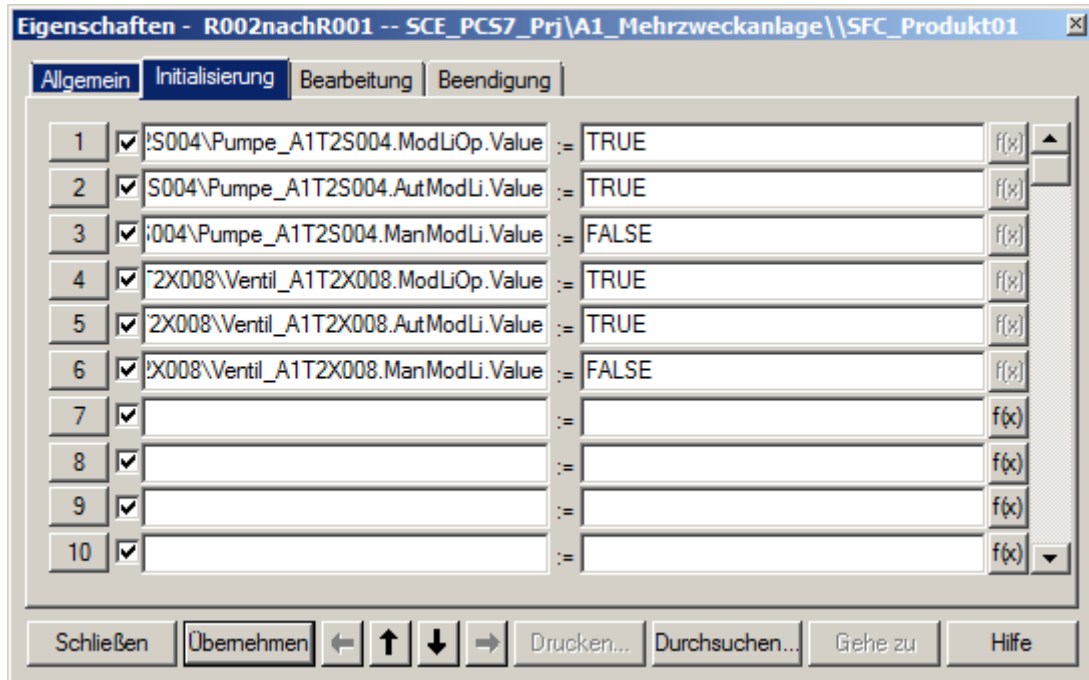


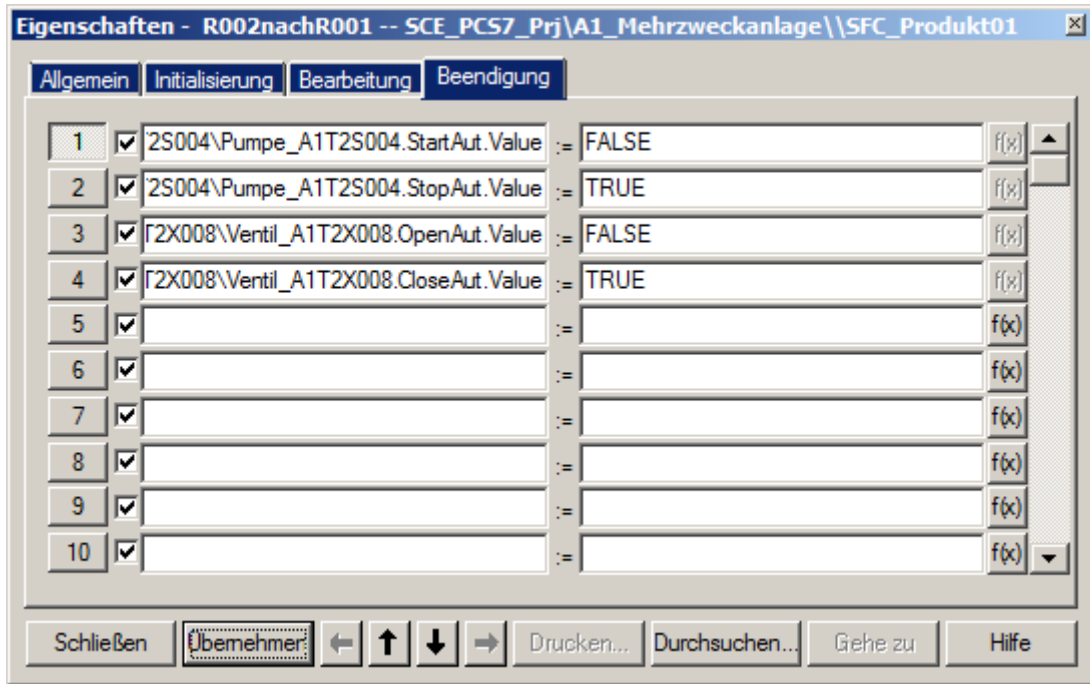
2. Die Ablaufsteuerung sieht folgendermaßen aus.



8.4.13 Schritt: R002nachR001

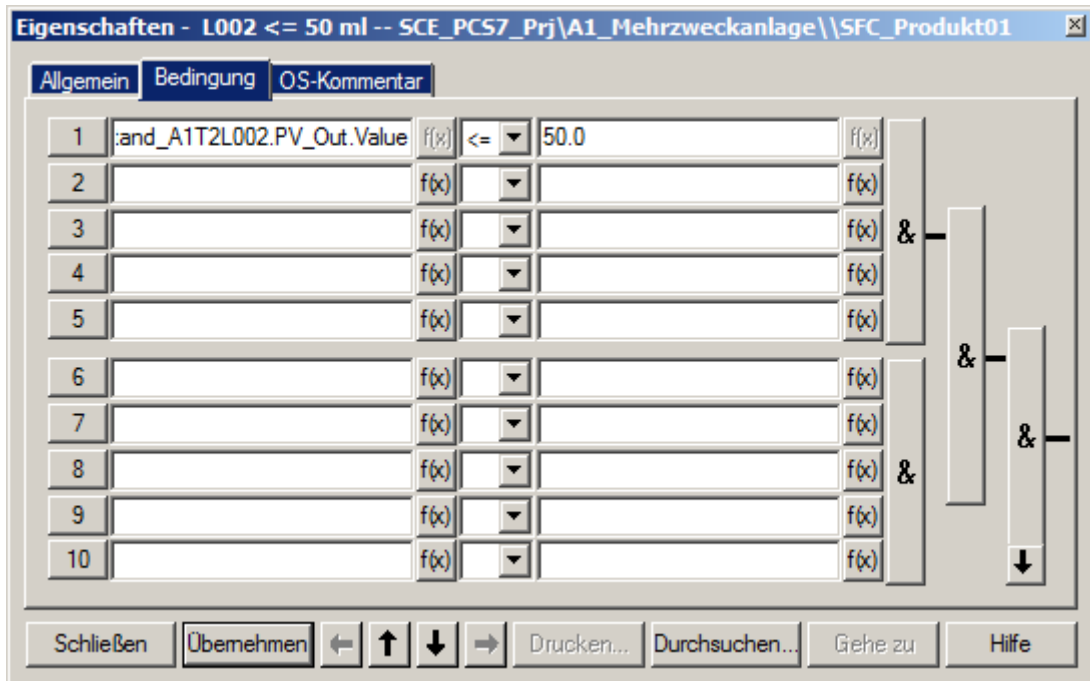
1. Danach wird der Schritt ‚R002nachR001‘ verschaltet.





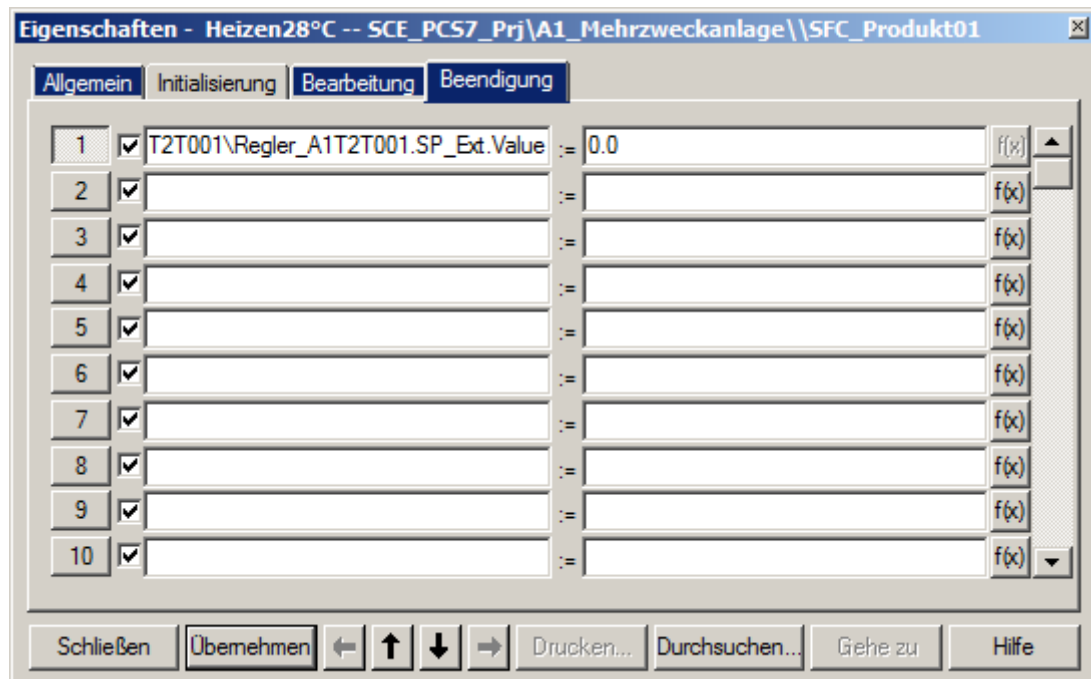
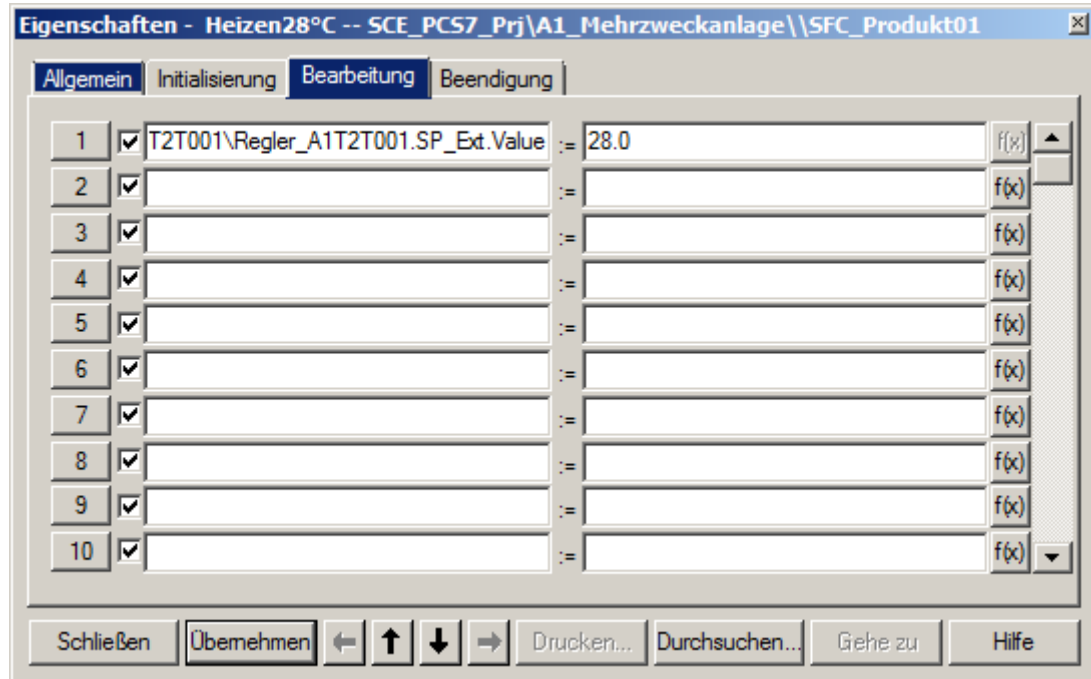
8.4.14 Transition: L002 <= 50 ml

1. Die Transition ‚L002 <= 50 ml‘ muss wie folgt verschaltet werden.



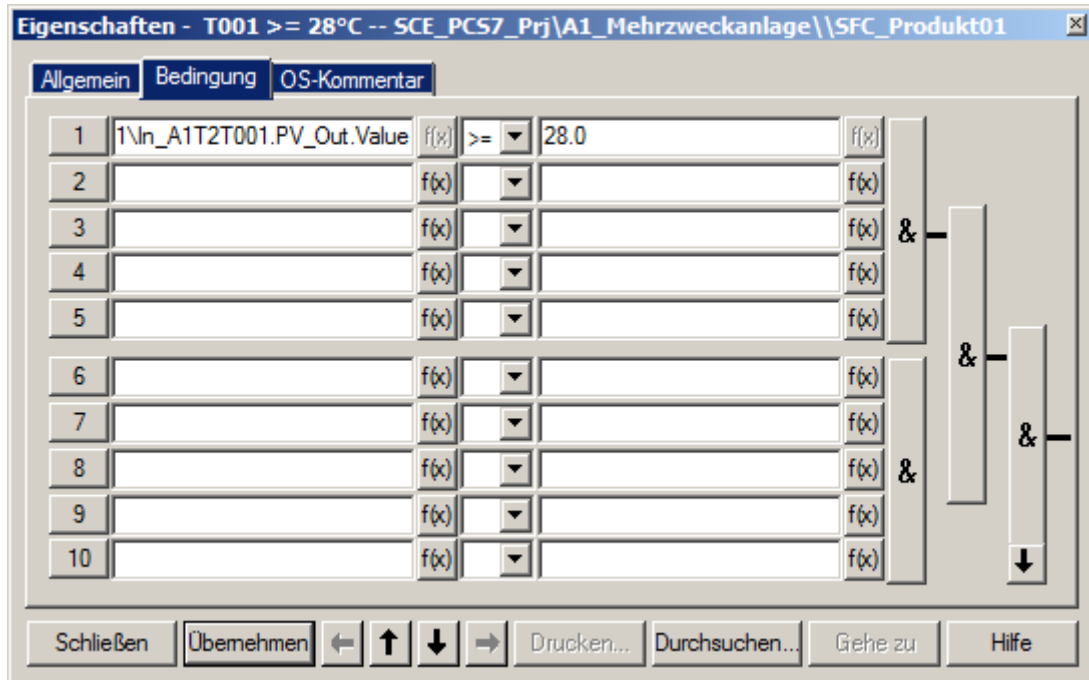
8.4.15 Schritt: Heizen28°C

1. Im Schritt ‚Heizen28°C‘ wird wieder der Regler aktiviert. Da dieser bereits auf SFC-Modus und Automatikbetrieb steht, muss nur noch der Sollwert vorgegeben werden. Diesen setzen Sie beim Beenden wieder auf 0°C zurück.



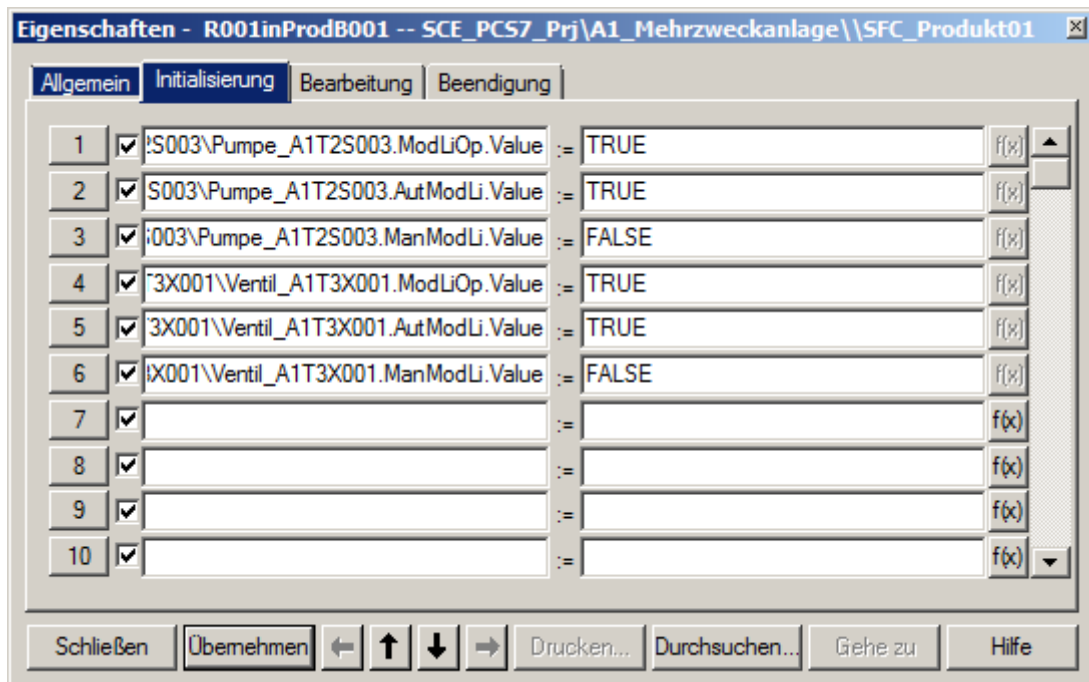
8.4.16 Transition: T001 >= 28°C

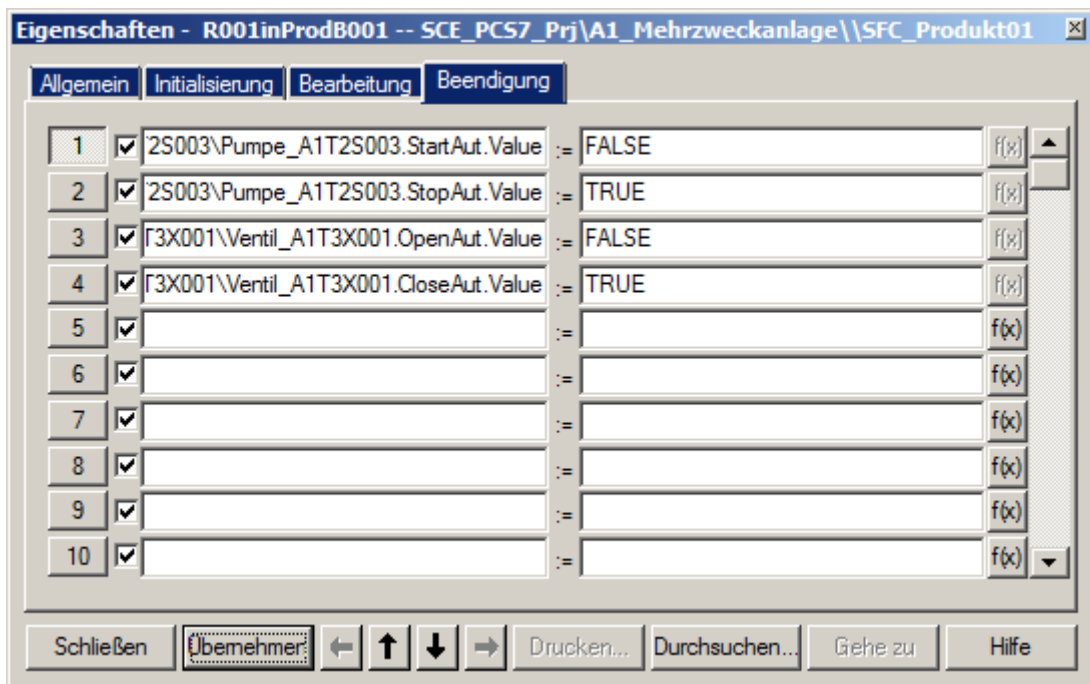
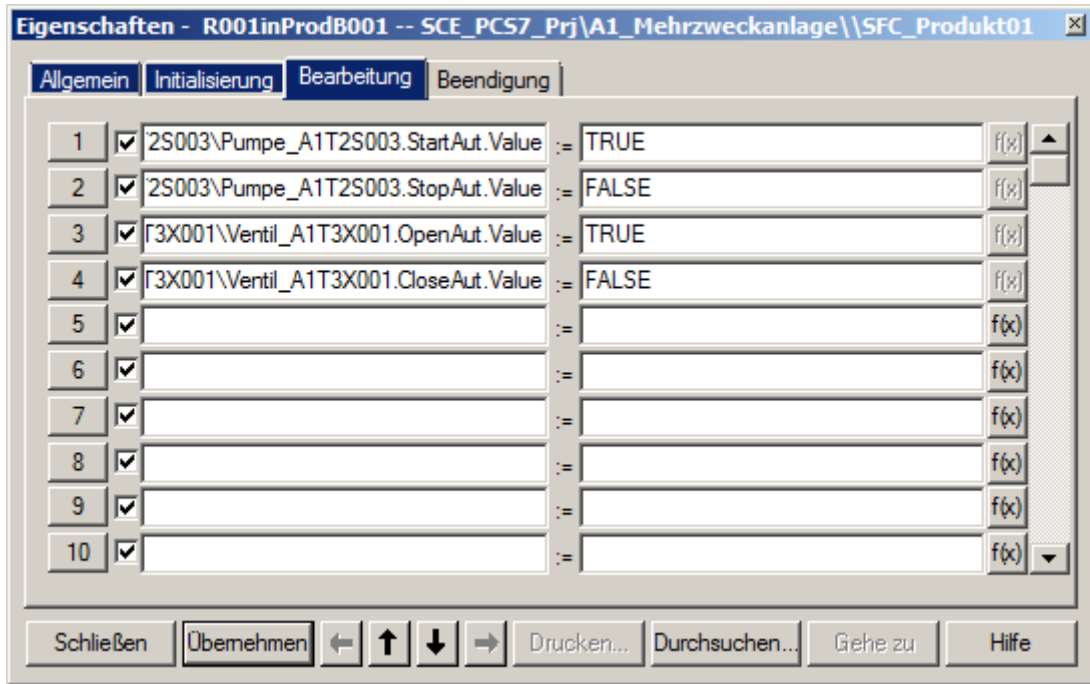
1. Die Bedingung in der Transition ‚T001 >= 28°C‘ sieht jetzt wie folgt aus.



8.4.17 Schritt: R001inProdB001

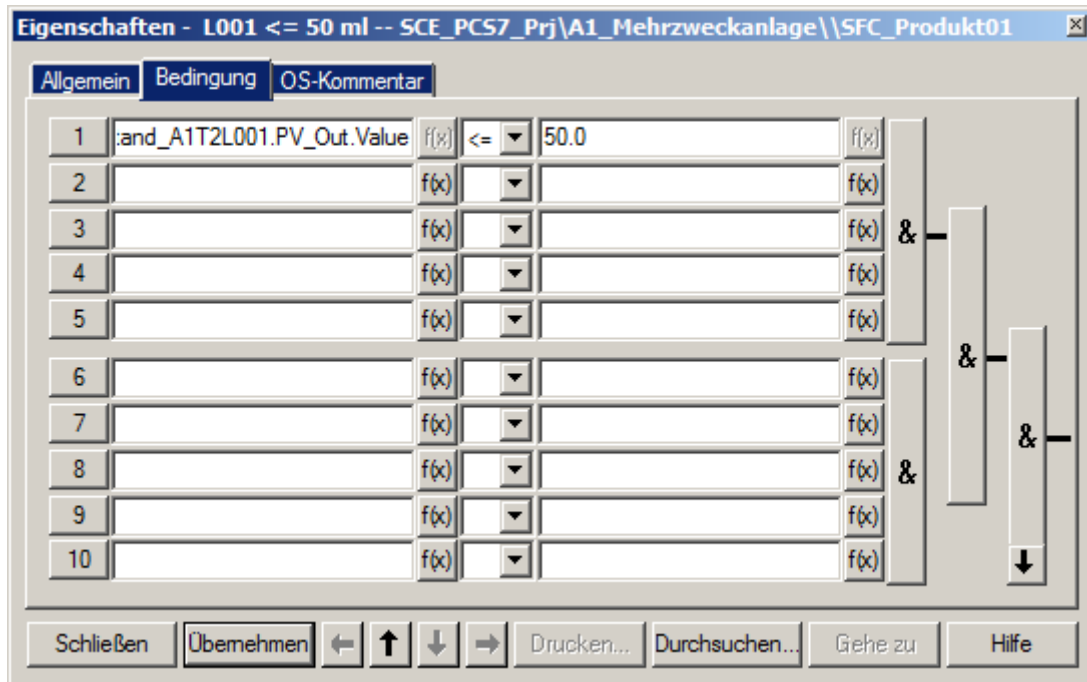
1. Der letzte Schritt „R001inProdB001“ des Rezepts füllt den Inhalt des Reaktors R001 in den angeschlossenen Produkttank B001. Die Verschaltungen sind nachfolgend dargestellt.





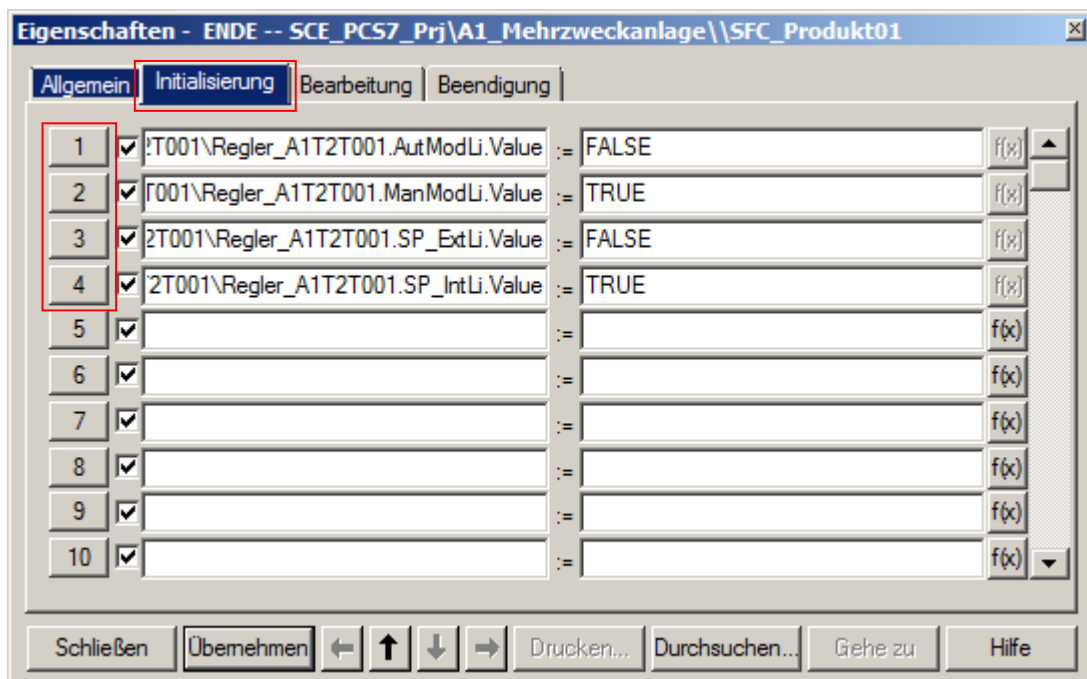
8.4.18 Transition: L001 <= 50 ml

1. Die Transition ‚L001 <= 50 ml‘ ist die letzte Transition des Rezepts. Sie kann geschaltet werden, wenn der Reaktor R001 leer (<= 50 ml) ist.



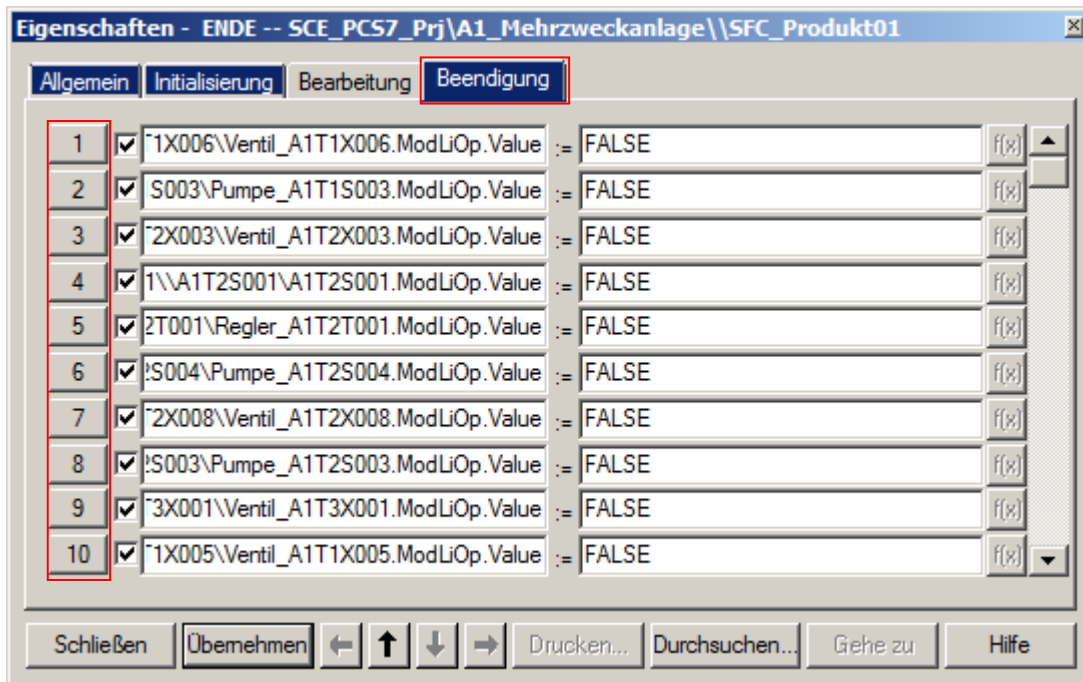
8.4.19 Schritt: ENDE

1. Im Schritt ‚ENDE‘ ist es nötig bei allen genutzten Ventilen, Pumpen, Rührer und Regler den Automatikbetrieb auszuschalten und den Handbetrieb wieder einzuschalten. (→ Schritt 56). Beim Regler muss zusätzlich die interne Sollwertvorgabe wieder eingestellt werden. (→ ‚Initialisierung‘)

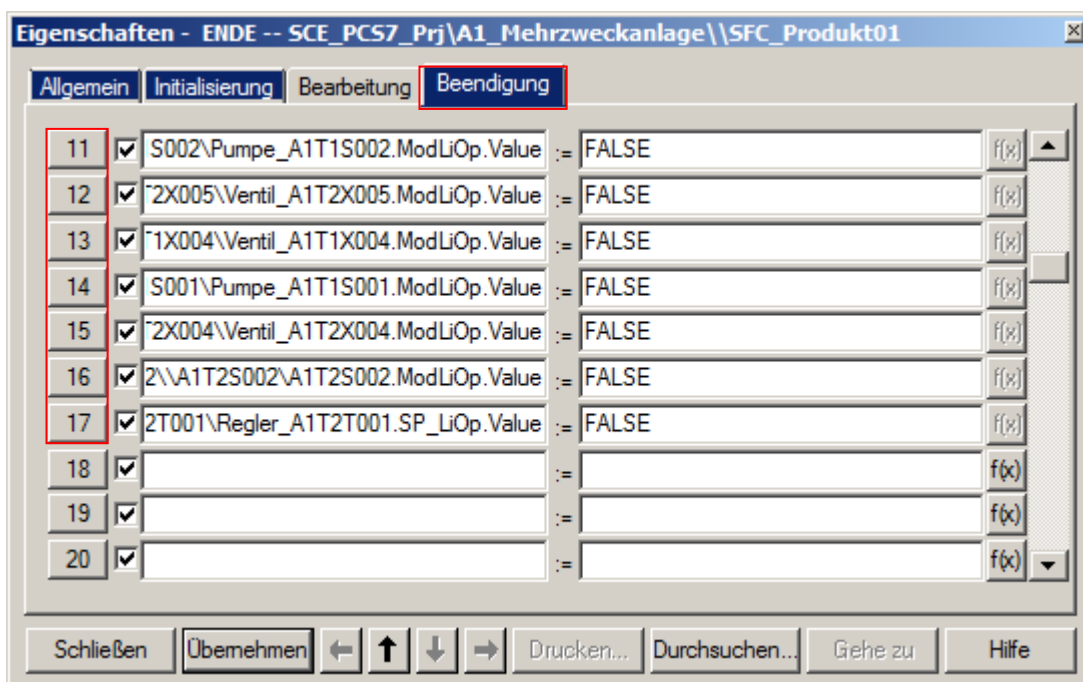


Baustein	AutModLi .Value	ManModLi .Value	SP_ExtLi .Value	SP_IntLi .Value
A1T2T001\Regler_A1T2T001	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE

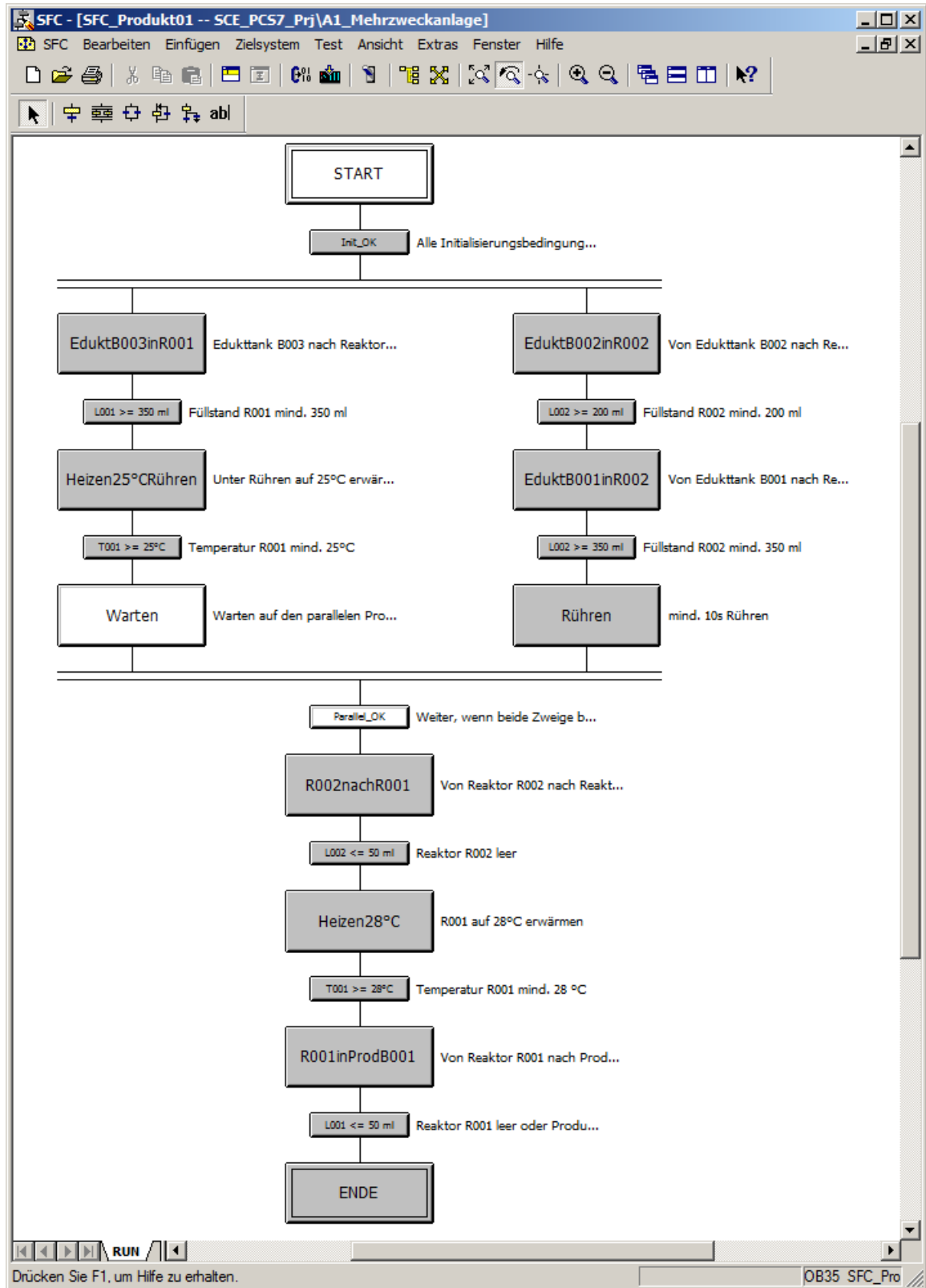
2. Anschließend werden alle genutzten Pumpen, Ventile, Rührer und Regler auch wieder auf Operatorbetrieb (,ModLiOp' = ,0') gesetzt. (→ ,Beendigung' - 1)



(→ ,Beendigung' - 2)

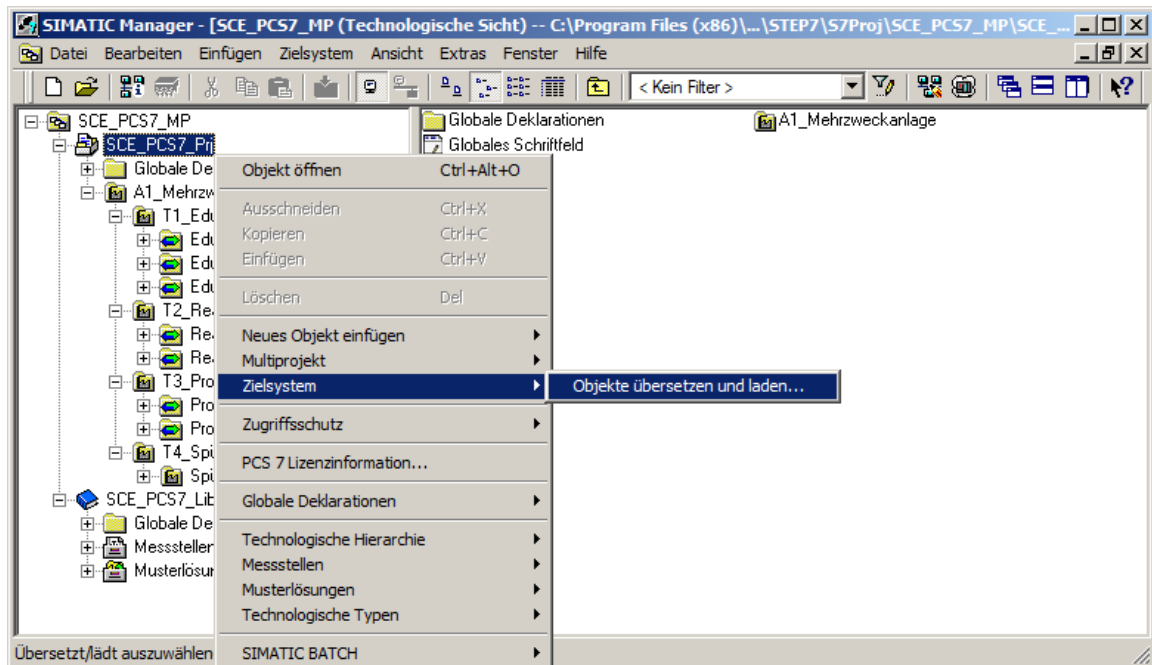


Baustein	ModLiOp .Value	SP_LiOp .Value
A1T1X006\Ventil_A1T1X006	FALSE	
A1T1S003\Pumpe_A1T1S003	FALSE	
A1T2X003\Ventil_A1T2X003	FALSE	
A1T2S001\Ruehrer_A1T2S001	FALSE	
A1T2T001\Regler_A1T2T001	FALSE	FALSE
A1T2S004\Pumpe_A1T2S004	FALSE	
A1T2X008\Ventil_A1T2X008	FALSE	
A1T2S003\Pumpe_A1T2S003	FALSE	
A1T3X001\Ventil_A1T3X001	FALSE	
A1T1X005\Ventil_A1T1X005	FALSE	
A1T1S002\Pumpe_A1T1S002	FALSE	
A1T2X005\Ventil_A1T2X005	FALSE	
A1T1X004\Ventil_A1T1X004	FALSE	
A1T1S001\Pumpe_A1T1S001	FALSE	
A1T2X004\Ventil_A1T2X004	FALSE	
A1T2S002\Ruehrer_A1T2S002	FALSE	

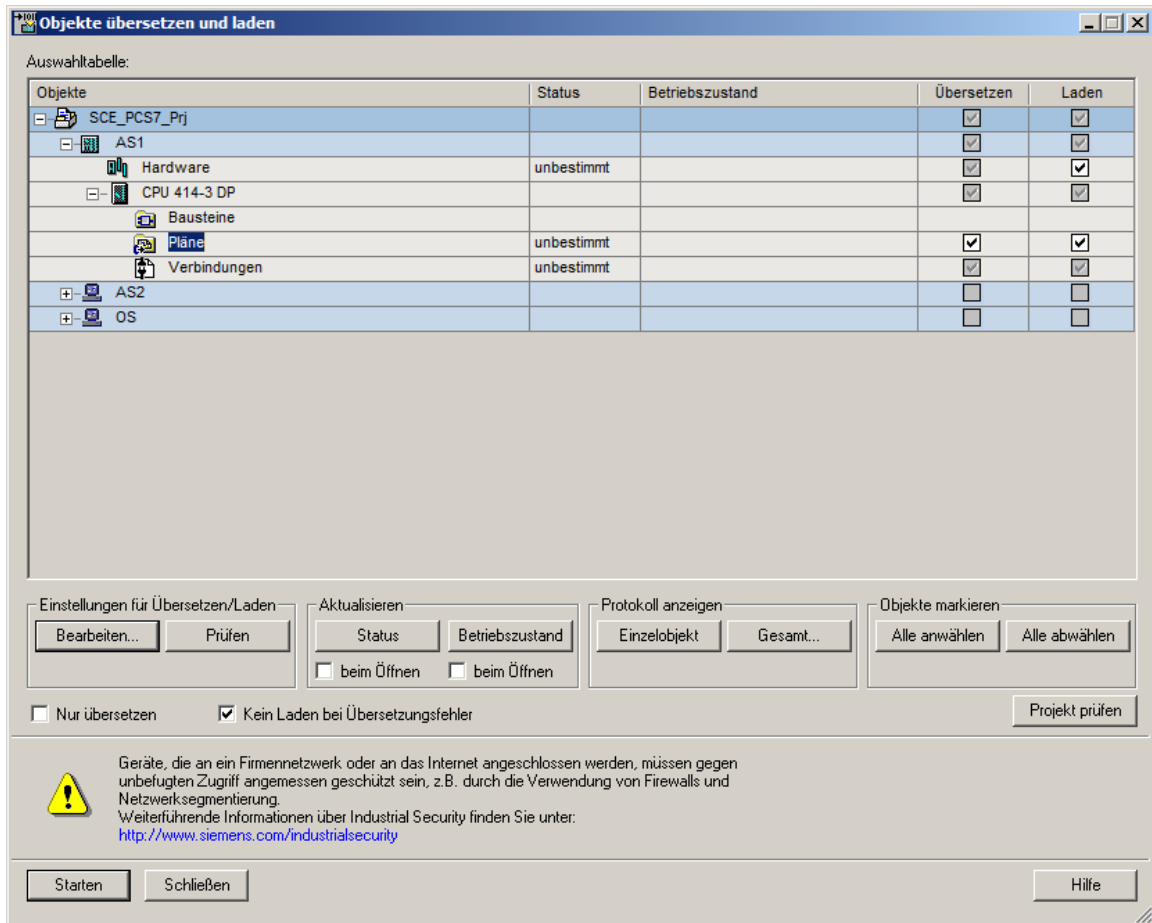


8.5 Objekte übersetzen und Laden

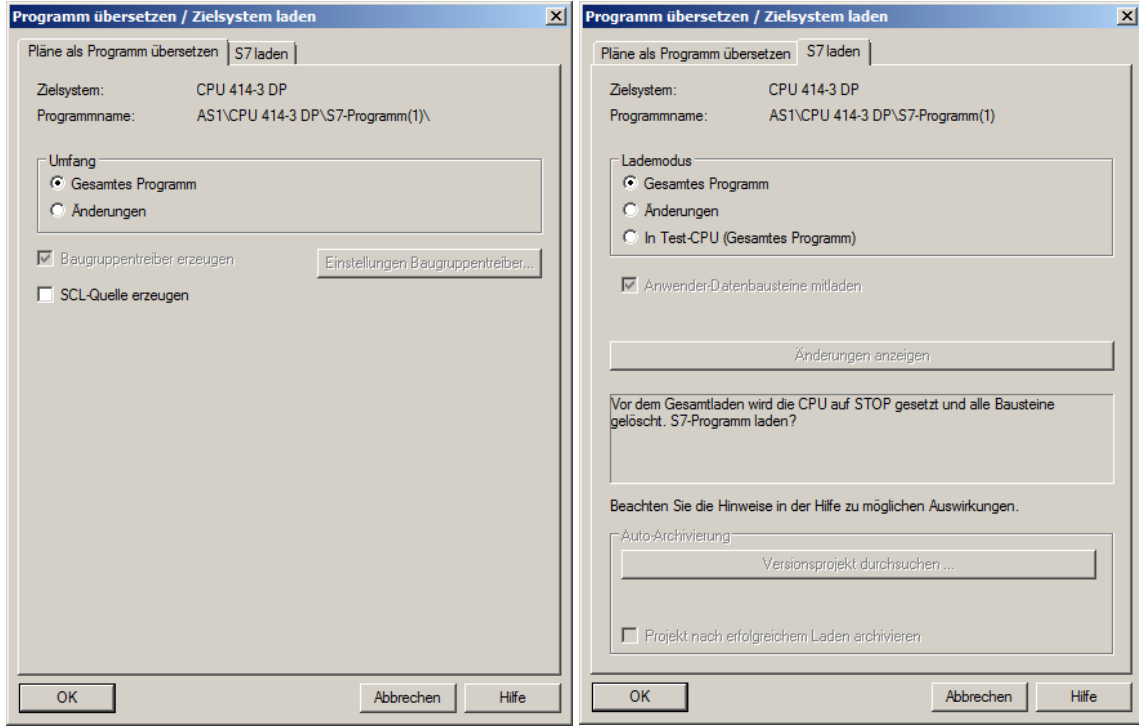
1. Nach der Fertigstellung aller Schritte und Transitionen des SFC's können Sie das Projekt, wie bereits kennengelernt, übersetzen und laden. (* SCE_PCS7_Prj * Zielsystem * Objekte übersetzen und laden...)



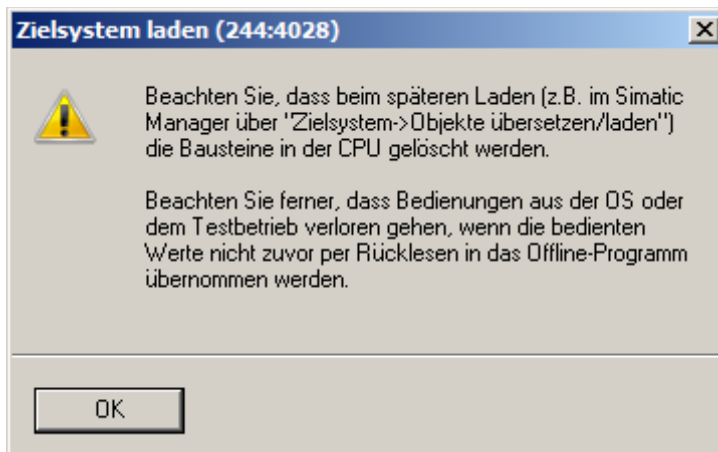
2. Bevor Sie mit dem Übersetzen und Laden beginnen, öffnen Sie die Einstellungen für das Übersetzen und Laden der Pläne. (→ Pläne → Bearbeiten)



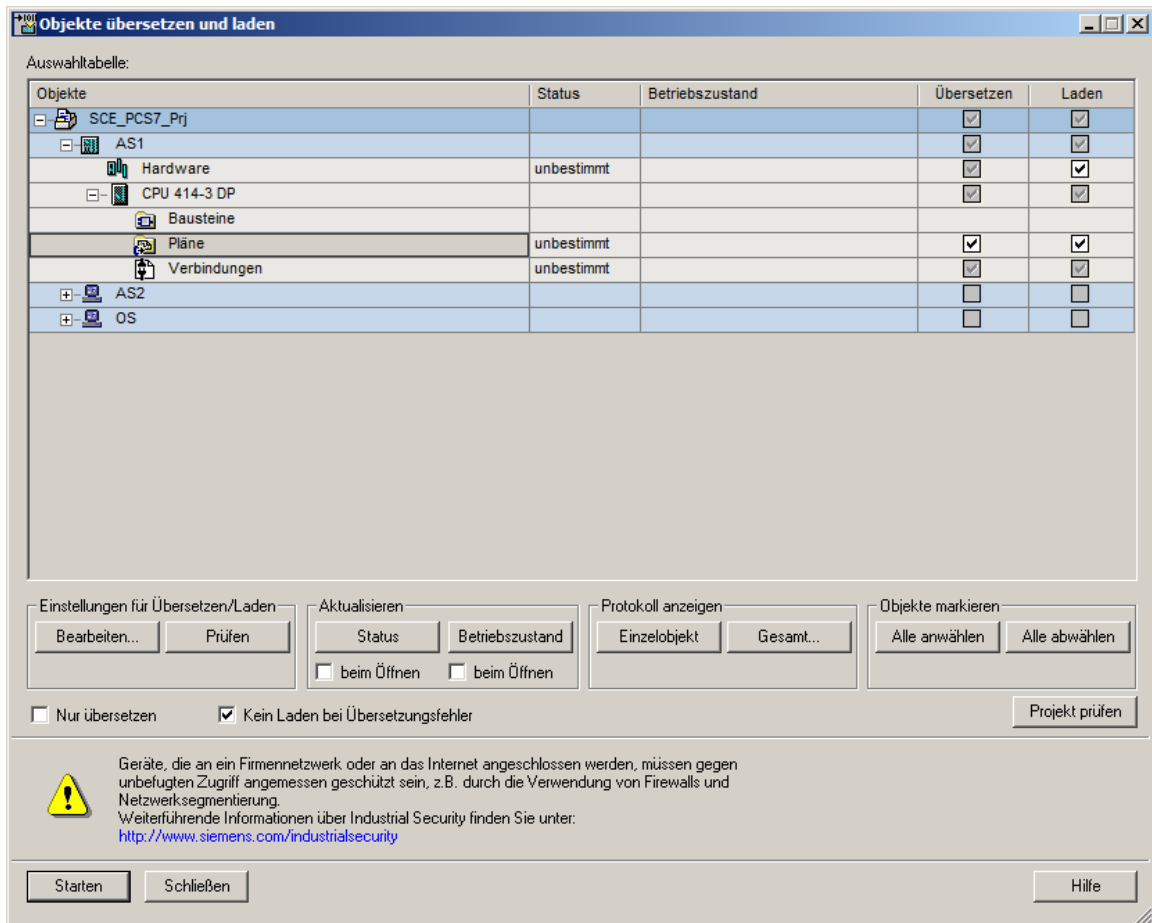
3. Hier ist es wichtig sowohl bei „Pläne als Programm übersetzen“ als auch bei „S7 laden“ beim Umfang bzw. Lademodus das gesamte Programm auszuwählen. (→ Pläne als Programm übersetzen → Umfang: Gesamtes Programm → S7 laden → Lademodus: Gesamtes Programm → OK)



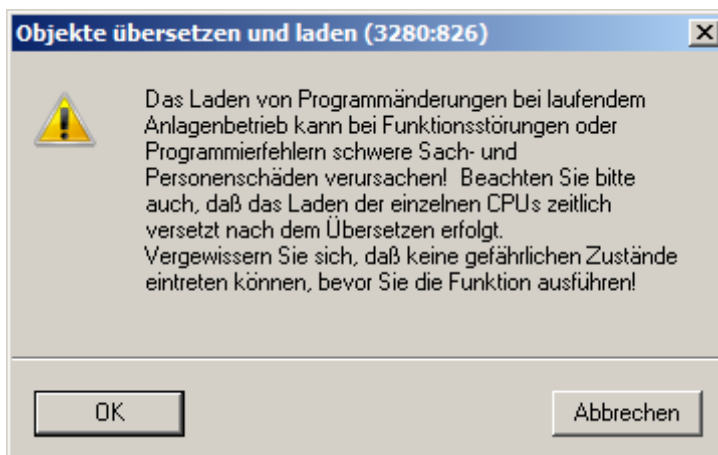
4. Der Hinweis wird mit „OK“ bestätigt. (→ OK)

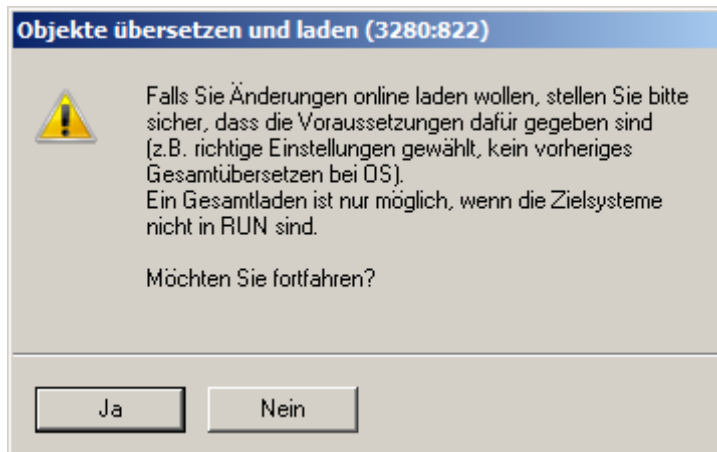



5. Anschließend kann mit dem Übersetzen und Laden begonnen werden. (→ Starten)

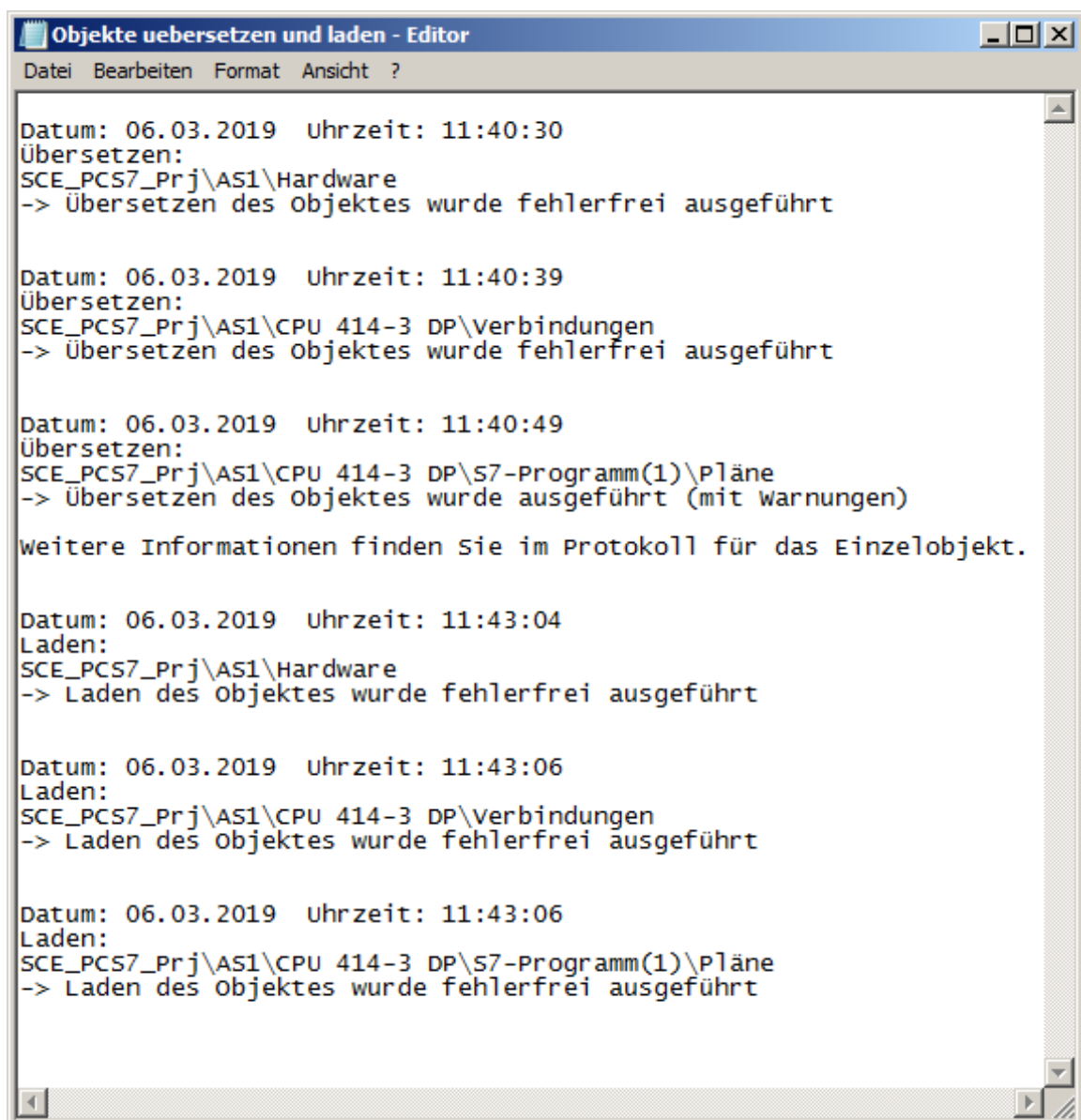


6. Alle nachfolgenden Warnhinweise werden aufmerksam gelesen und bestätigt. (→ OK → Ja)



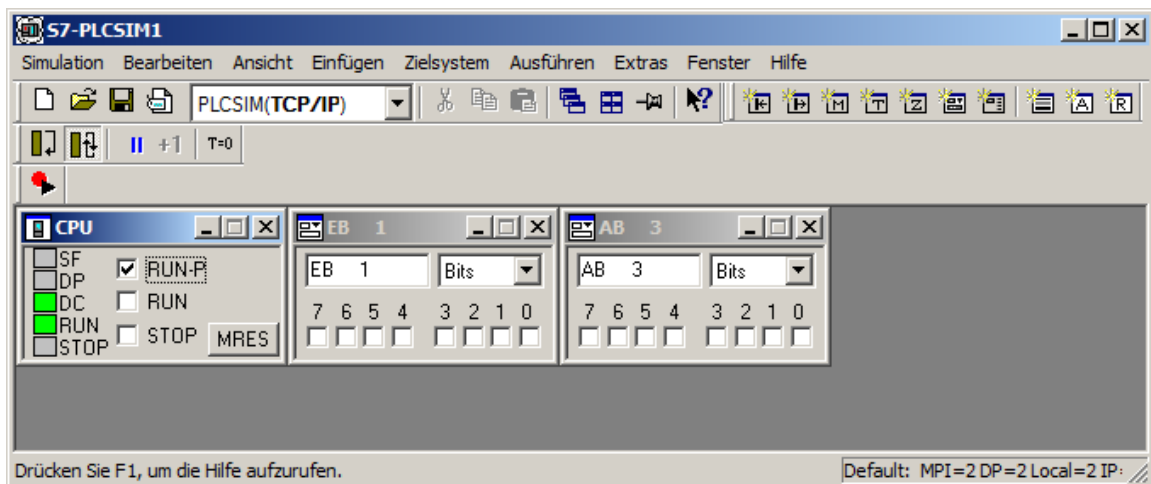
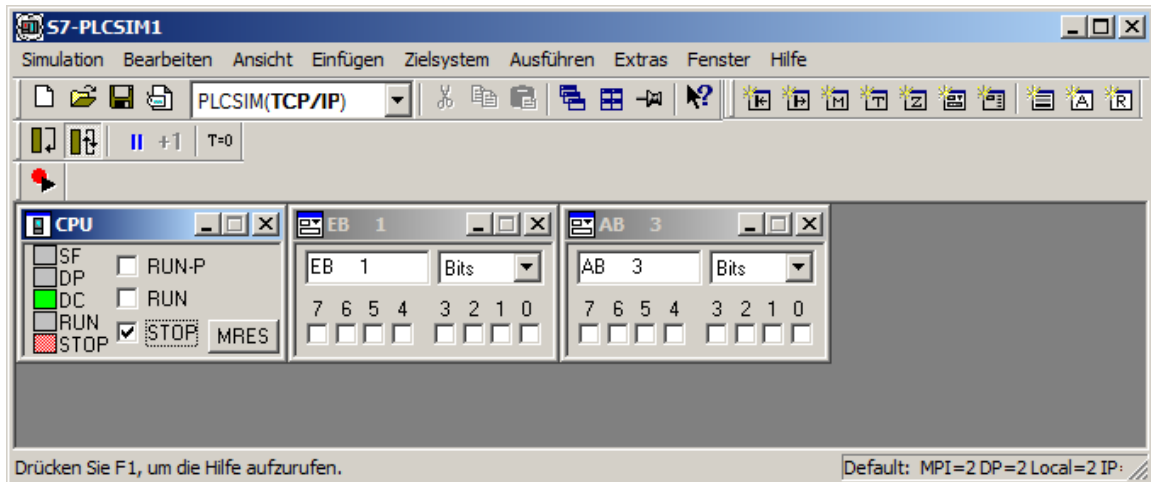


7. Im Protokoll sollten keine Fehler, sondern höchstens Warnung erscheinen. Details für Warnung können dem Protokoll des Einzelobjektes entnommen werden. (→ )

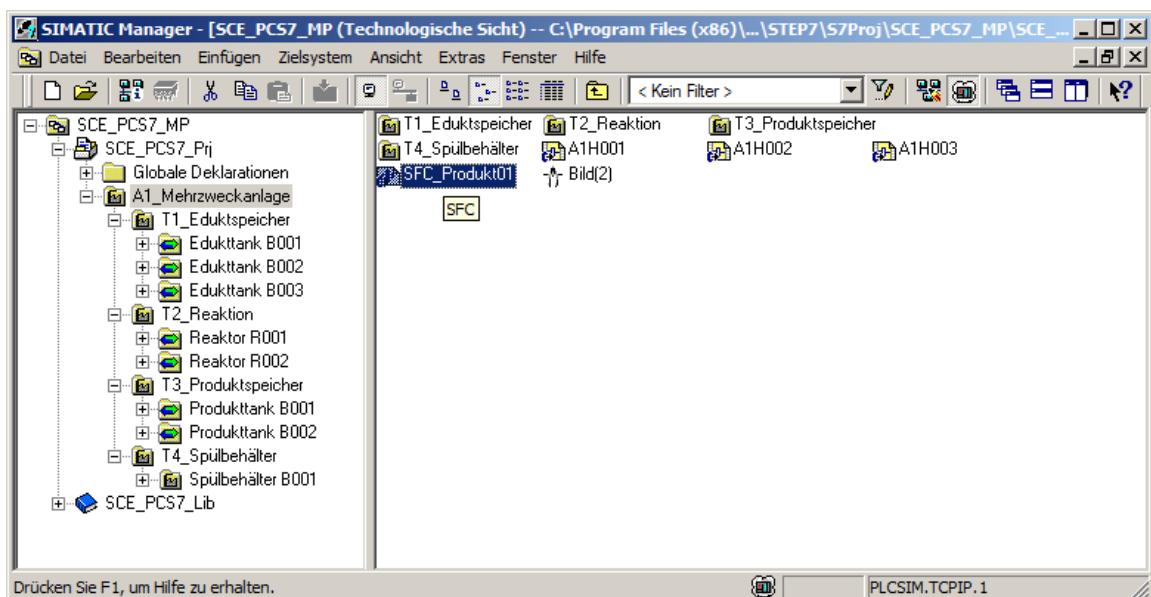




8.6 SFC Testen

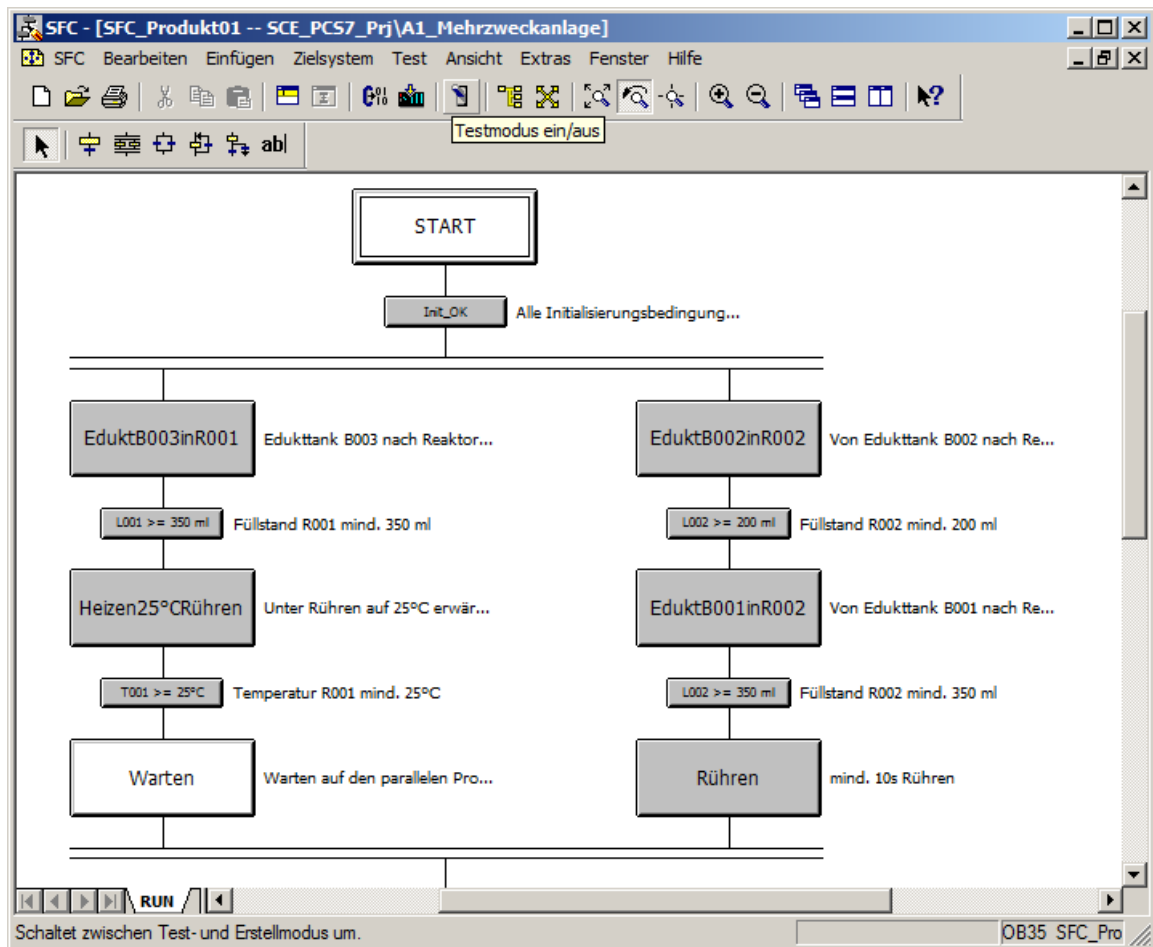
1. Nun können Sie PLCSIM in den RUN-P Modus setzen. (→ PLCSIM → RUN-P)



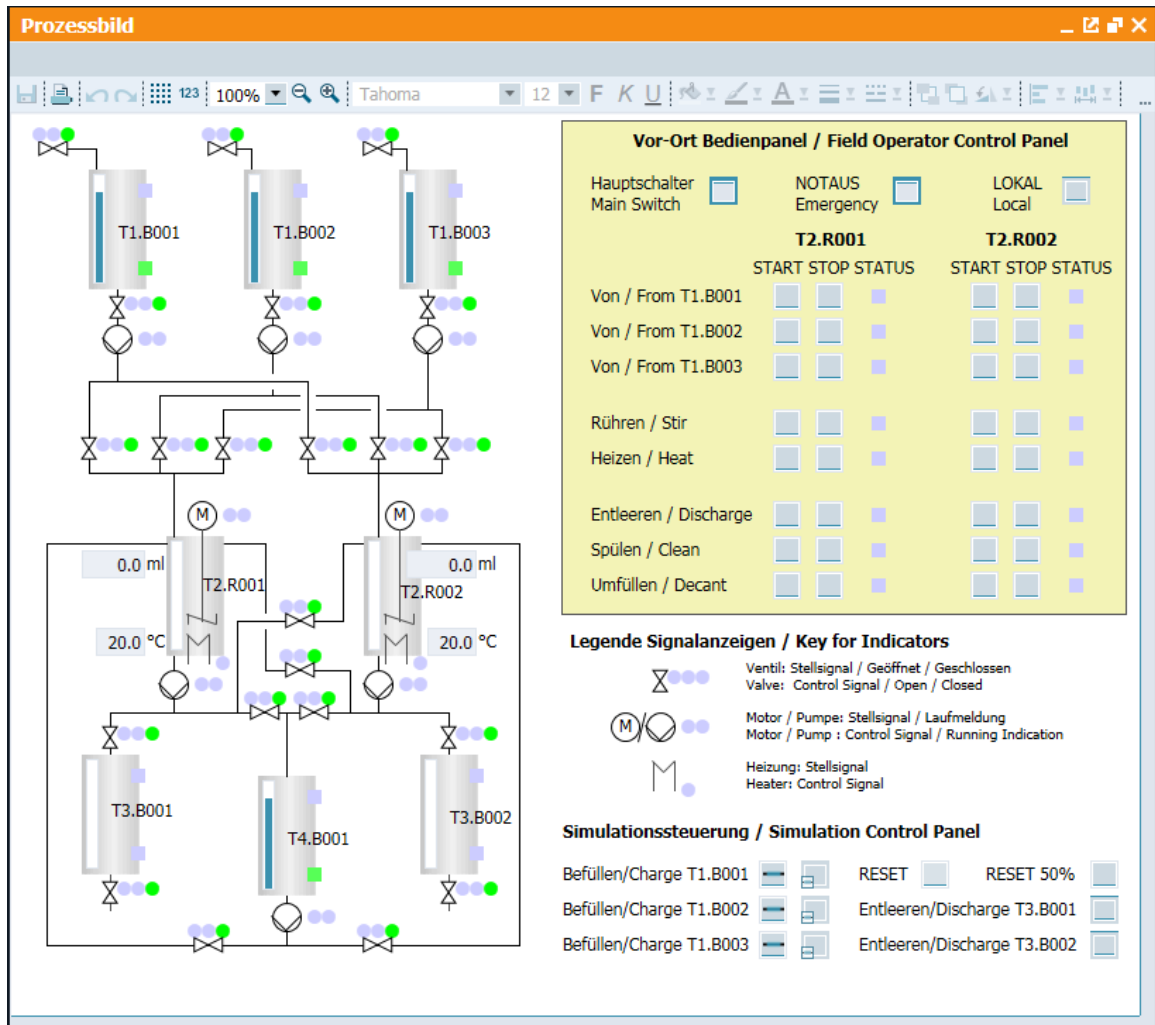
2. Sie öffnen aus der Technologischen Hierarchie heraus die Schrittkette mit einem Doppelklick. (→ SFC_Produkt01)



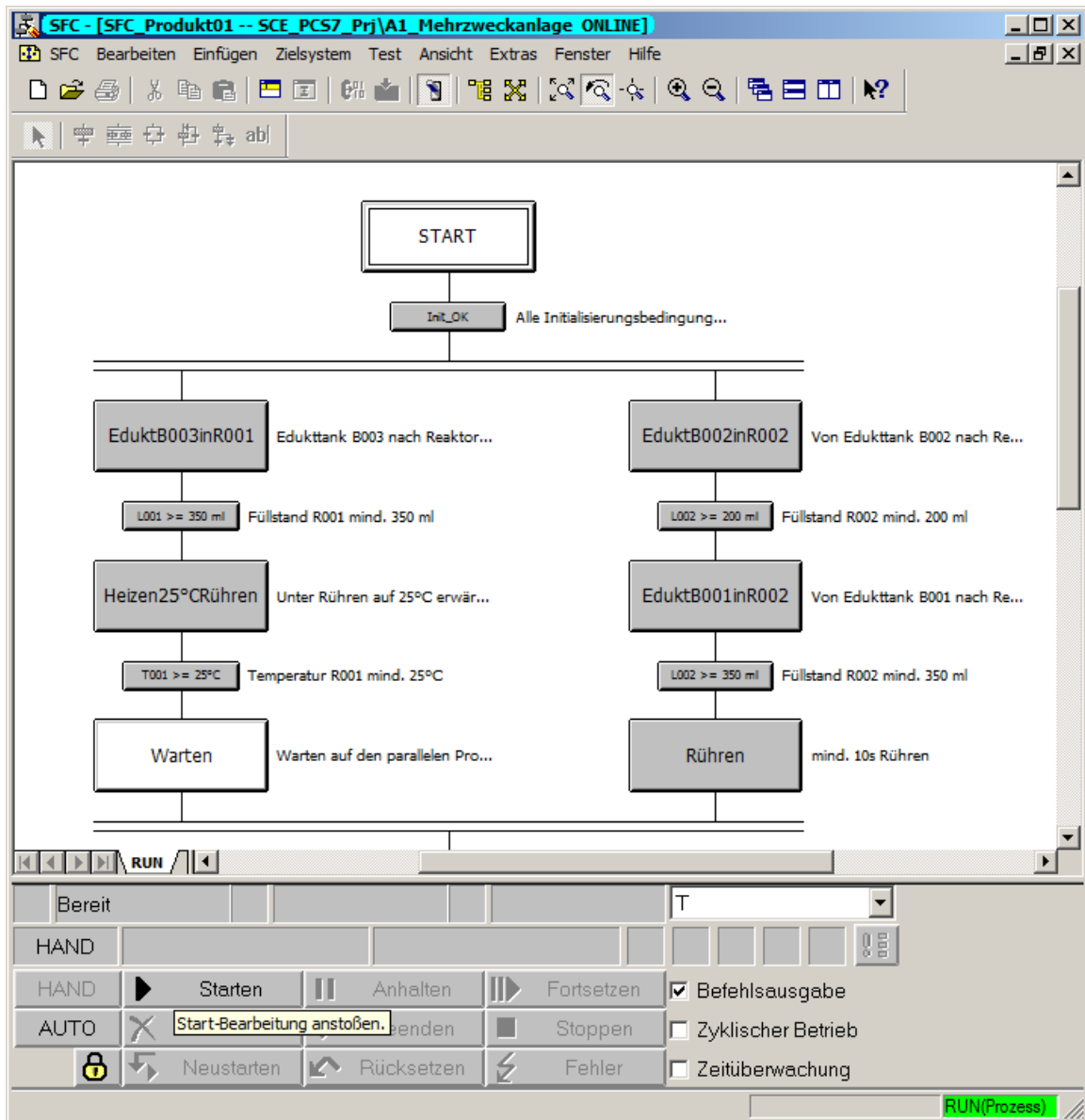
3. Um den Ablauf beobachten zu können, muss der Test-Modus  eingeschaltet werden.
 (→ Test-Modus ein/aus )



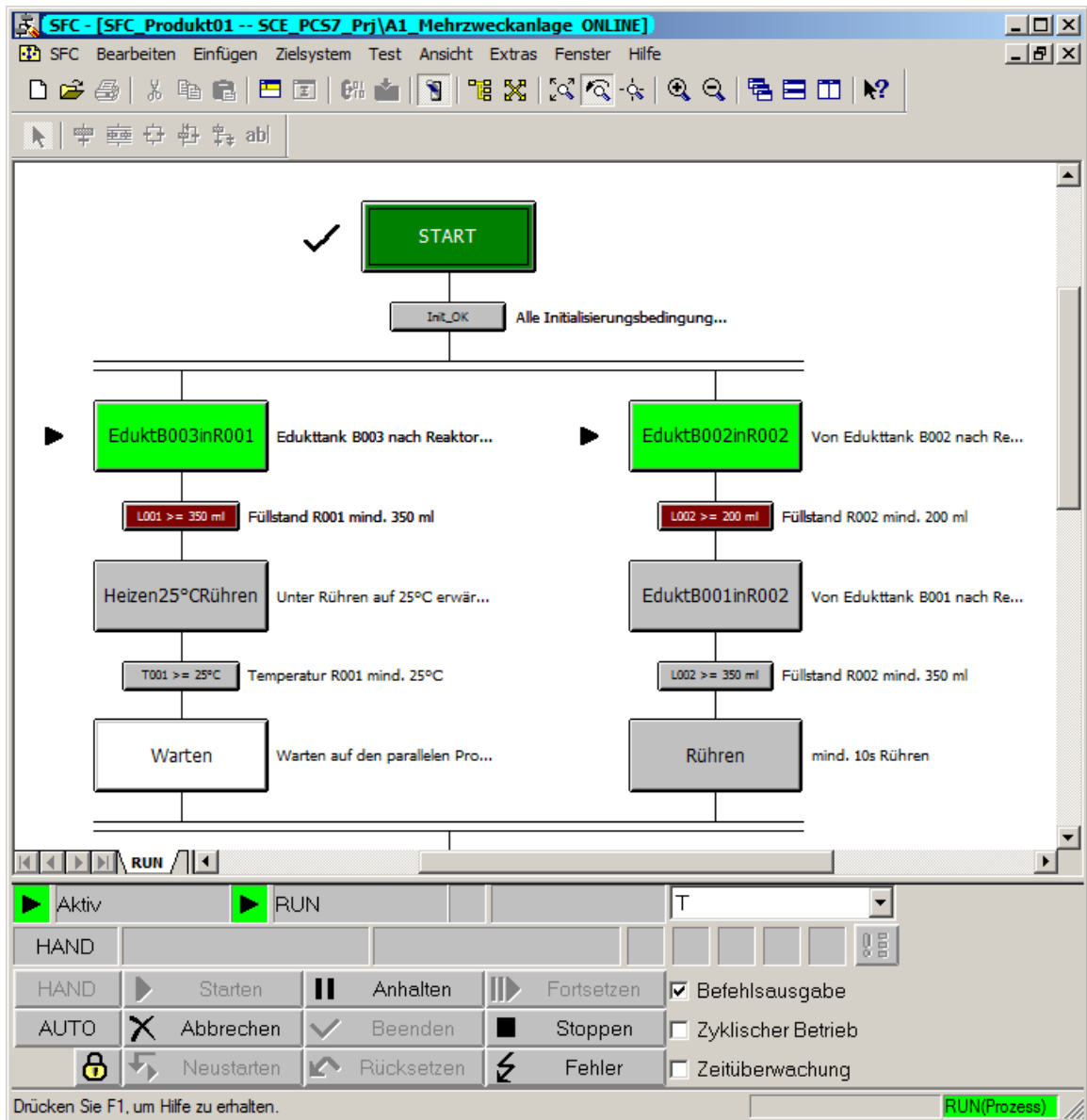
- Die Simulation muss zurückgesetzt, der Hauptschalter und das NOTAUS aktiviert sowie die lokale Bedienung deaktiviert sein.

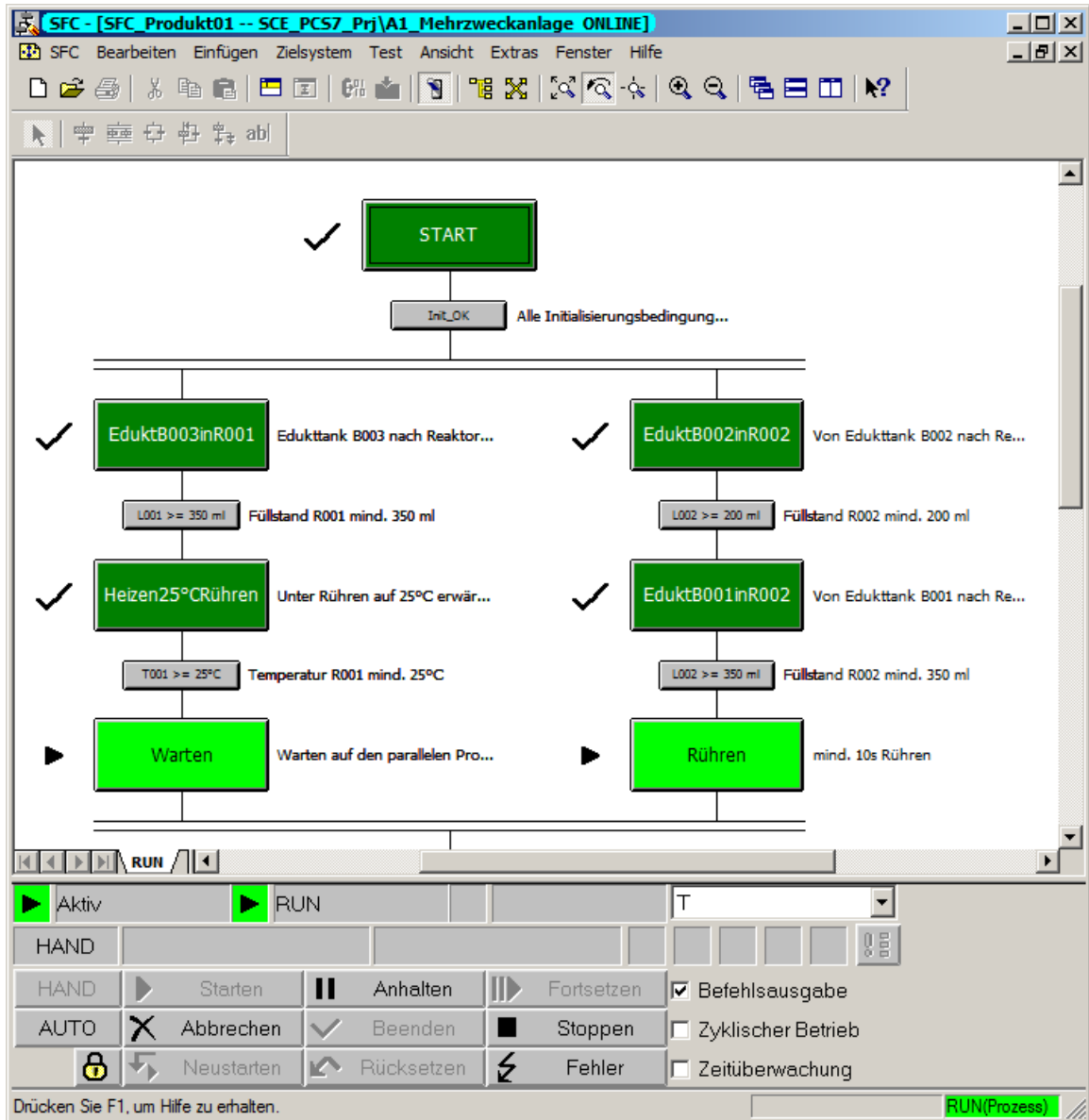


5. Jetzt kann der SFC gestartet werden. (→ Starten)

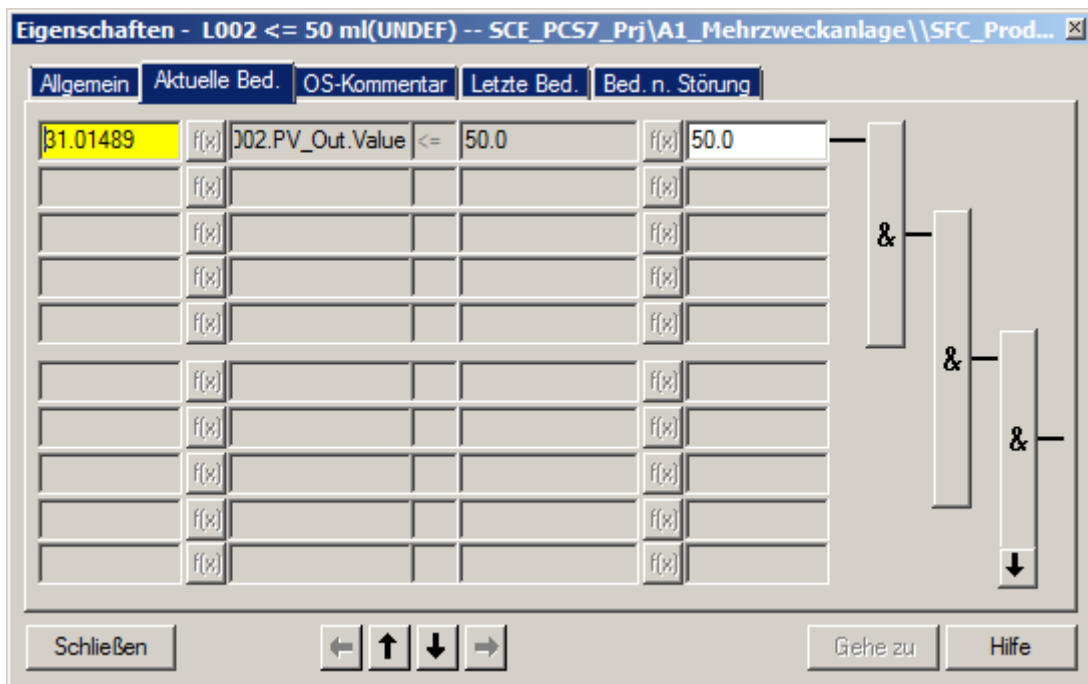
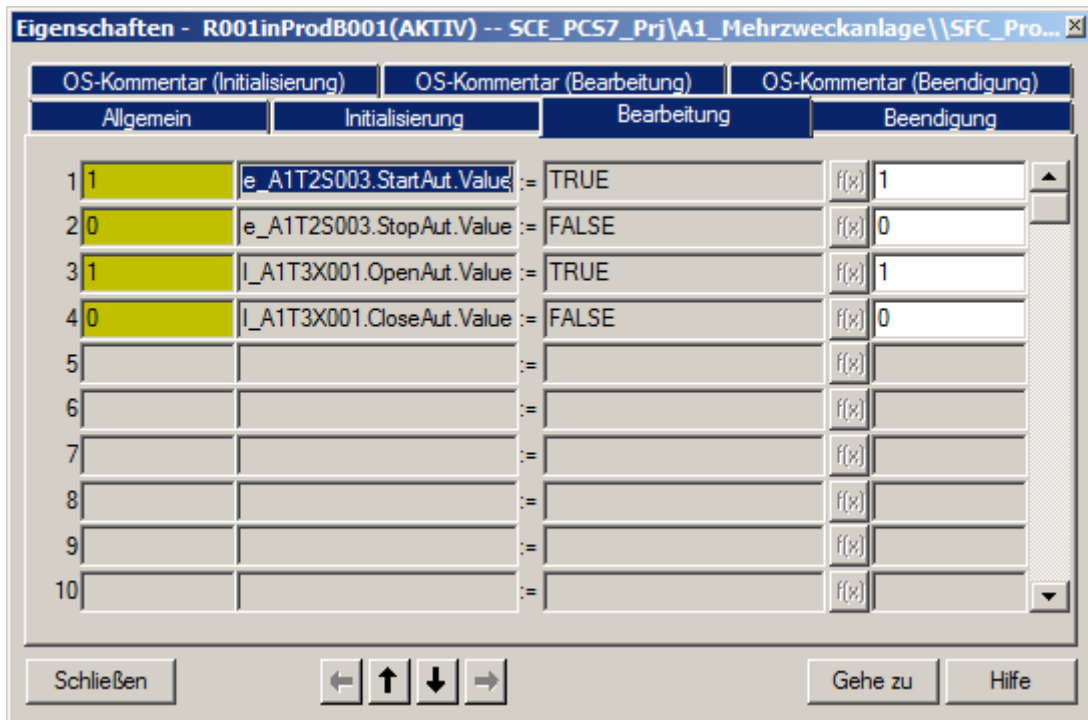


6. Der Ablauf der Schrittkette ist anschließend sichtbar. Aktive und bereits abgearbeitete Schritte und Transitionen werden kenntlich gemacht.





7. Durch Doppelklick bzw. Öffnen von einzelnen Schritten oder Transitionen können aktuelle Bedingungen und Werte angezeigt werden.



8. Im Zustand ‚R001inProdB001‘ sehen der SFC und die Simulation wie folgt aus.

The screenshot displays the SIMATIC Manager interface with two main windows:

- Prozessbild (Process Diagram):** Shows a complex piping system with three tanks (T1.B001, T1.B002, T1.B003) at the top, two intermediate tanks (T2.R001, T2.R002) in the middle, and three bottom tanks (T3.B001, T4.B001, T3.B002). Each tank has associated valves, pumps, and temperature indicators (e.g., 20.0 °C). A legend on the right side of the diagram lists various symbols like 'M' for motor and 'K' for valve.
- SFC (Sequential Function Chart):** A ladder logic diagram titled 'SFC: [SFC Produkt01 -- SCE PCS7 Prj]A1 Mehrzweckanlage ONLINE'. It shows the following steps:
 - Warten:** 'Warten auf den parallelen Pro...' (Waiting for parallel process...)
 - Rühren:** 'Rühren mind. 10s Rühren' (Stirring min. 10s stirring).
 - Parallel_OrK:** 'Weiter, wenn beide Zweige b...' (Continue when both branches b...)
 - R002nachR001:** 'Von Reaktor R002 nach Reakt...' (From reactor R002 to reactor...)
 - L002 <= 50 ml:** 'Reaktor R002 leer' (Reactor R002 empty).
 - Heizen28°C:** 'R001 auf 28°C erwärmen' (Heat R001 to 28°C).
 - T001 >= 28°C:** 'Temperatur R001 mind. 28 °C' (Temperature R001 min. 28 °C).
 - R001inProdB001:** 'Von Reaktor R001 nach Prod...' (From reactor R001 to prod...).
 - L001 <= 50 ml:** 'Reaktor R001 leer oder Produ...' (Reactor R001 empty or produ...).
 - ENDE:** End state.

At the bottom, the control panel shows the system is in 'RUN' mode. The 'Aktiv' (Active) button is highlighted in green. Other buttons include 'Starten', 'Anhalten', 'Fortsetzen', 'Abbrechen', 'Beenden', 'Stoppen', 'Neustarten', 'Rücksetzen', 'Fehler', and 'Zeitüberwachung'. The status bar at the bottom right indicates 'RUN/Prozess'.

8.7 Checkliste – Schritt-für-Schritt-Anleitung

Die nachfolgende Checkliste hilft den Studierenden selbstständig zu überprüfen, ob alle Arbeitsschritte der Schritt-für-Schritt-Anleitung sorgfältig abgearbeitet wurden und ermöglicht eigenständig das Modul erfolgreich abzuschließen.

Nr.	Beschreibung	Geprüft
1	SFC SFC_Produkt01 erstellt und konfiguriert	
2	Schrittfolge angelegt	
3	Alle Schritte und Transitionen benannt und kommentiert	
4	Alle Schritte und Transitionen (ausgenommen Warten) bearbeitet (grau hinterlegt)	
5	ENDE-Schritt (Initialisierung) enthält manuelle Sollwertvorgabe und Bedienung der Temperaturregelung (SP_ExtLi, SP_IntLi, ManModLi, AutModLi)	
6	ENDE-Schritt (Beendigung) enthält Freigabe der Bedienung von allen 16 verwendeten Bausteinen (je ModLiOp)	
7	ENDE-Schritt (Beendigung) enthält Freigabe der Sollwertvorgabe der Temperaturregelung (SP_LiOp)	
8	Testen erfolgreich	
9	Projekt erfolgreich archiviert	

Tabelle 1: Checkliste für Schritt-für-Schritt-Anleitung

9 Übungen

In den Übungsaufgaben soll Gelerntes aus der Theorie und der Schritt-für-Schritt-Anleitung umgesetzt werden. Hierbei soll das schon vorhandene Multiprojekt aus der Schritt-für-Schritt-Anleitung (p01-08-project-r1905-de.zip) genutzt und erweitert werden. Der Download des Projekts ist beim jeweiligen Modul als Zip-file Projekte im SCE Internet hinterlegt.

Diese Übung soll ein weiteres Rezept implementieren, welches die Reinigung der Reaktoren ermöglicht. Die folgende Übungsaufgabe schlägt ein mögliches Konzept vor.

9.1 Übungsaufgabe

Erstellen Sie den SFC ‚SFC_Spuelen‘ im Planordner ‚A1_Mehrzweckanlage‘, der die Reaktoren R001 und R002 mit Spülwasser reinigt. Die Reinigung soll aus folgenden Schritten bestehen:

- Füllen der Reaktoren (bis 500 ml) mit Spülwasser
- Rühren des Spülwassers (für 20 Sekunden) in den Reaktoren
- Ablassen des Spülwassers in die Produkttanks.

Gestalten Sie den Spülvorgang so, dass beide Reaktoren gleichzeitig gereinigt werden!

Prüfen Sie, ob beide Reaktoren leer (< 50 ml) sind bevor der Spülvorgang beginnt.

9.2 Checkliste – Übung

Die nachfolgende Checkliste hilft den Studierenden selbstständig zu überprüfen, ob alle Arbeitsschritte der Übung sorgfältig abgearbeitet wurden und ermöglicht eigenständig das Modul erfolgreich abzuschließen.

Nr.	Beschreibung	Geprüft
1	SFC SFC_Spuelen erstellt und konfiguriert	
2	Alle Schritte und Transitionen benannt und kommentiert	
3	Parallele Abarbeitung vorhanden	
4	Starttransition vorhanden	
5	ENDE-Schritt (Beendigung) enthält Freigabe der Bedienung von allen verwendeten Bausteinen (je ModLiOp)	
6	Testen erfolgreich	
7	Projekt erfolgreich archiviert	

Tabelle 2: Checkliste für Übungen

10 Weiterführende Information

Zur Einarbeitung bzw. Vertiefung finden Sie als Orientierungshilfe weiterführende Informationen, wie z.B.: Getting Started, Videos, Tutorials, Apps, Handbücher, Programmierleitfaden und Trial Software/Firmware, unter nachfolgendem Link:

[siemens.de/sce/pcs7](https://www.siemens.de/sce/pcs7)

Voransicht „Weiterführende Informationen“

Getting Started, Videos, Tutorials, Apps, Handbücher, Trial Software/Firmware

- > SIMATIC PCS 7 Überblick
- > SIMATIC PCS 7 Videos
- > Getting Started
- > Applikationsbeispiele
- > Download Software/Firmware
- > SIMATIC PCS 7 Website
- > SIMATIC S7-400 Website

Weitere Informationen

Siemens Automation Cooperates with Education

[siemens.de/sce](https://www.siemens.de/sce)

Siemens SIMATIC PCS 7

[siemens.de/pcs7](https://www.siemens.de/pcs7)

SCE Lehrunterlagen

[siemens.de/sce/module](https://www.siemens.de/sce/module)

SCE Trainer Pakete

[siemens.de/sce/tp](https://www.siemens.de/sce/tp)

SCE Kontakt Partner

[siemens.de/sce/contact](https://www.siemens.de/sce/contact)

Digital Enterprise

[siemens.de/digital-enterprise](https://www.siemens.de/digital-enterprise)

Industrie 4.0

[siemens.de/zukunft-der-industrie](https://www.siemens.de/zukunft-der-industrie)

Totally Integrated Automation (TIA)

[siemens.de/tia](https://www.siemens.de/tia)

TIA Portal

[siemens.de/tia-portal](https://www.siemens.de/tia-portal)

SIMATIC Controller

[siemens.de/controller](https://www.siemens.de/controller)

SIMATIC Technische Dokumentation

[siemens.de/simatic-doku](https://www.siemens.de/simatic-doku)

Industry Online Support

support.industry.siemens.com

Katalog- und Bestellsystem Industry Mall

mall.industry.siemens.com

Siemens

Digital Industries, FA

Postfach 4848

90026 Nürnberg

Deutschland

Änderungen und Irrtümer vorbehalten

© Siemens 2020

[siemens.de/sce](https://www.siemens.de/sce)