

PROZESSBESCHREIBUNG

KLASSIFIZIERUNG PROZESSTECHNISCHER ANLAGEN

Zur effektiven Automatisierung prozesstechnischer Anlagen sind sowohl eine Strukturierung der Anlage als auch eine Beschreibung der vorgesehenen Nutzung nötig. Hilfreich ist dabei die Unterteilung in Klassen prozesstechnischer Anlagen, die sich im Hinblick auf die grundlegenden Anforderungen an die Automatisierungstechnik ähneln. Nach [1] kann zur Klassifizierung die Anzahl der grundlegend verschiedenen Produkte und die physische Struktur der Anlage herangezogen werden.

Wird in einer Anlage immer das prinzipiell gleiche Produkt hergestellt, wird diese als **Einproduktanlage** bezeichnet. Bei veränderten Umgebungsbedingungen oder schwankenden Zusammensetzungen der Edukte sollen in diesen Anlagen lediglich Parameter des Verfahrensablaufs oder Einstellungen variiert werden, um stets das gleiche Produkt zu erhalten. In einer **Mehrproduktanlage** werden hingegen verschiedene Produkte entweder nach unterschiedlichen Verfahren oder nach dem gleichen Verfahren, aber mit deutlich unterschiedlichen Parametern hergestellt.

Die **Einstranganlage** stellt aus Sicht der Automatisierung die einfachste physikalische Struktur einer Anlage dar. Die Teilanlagen werden von den Zwischenstufen des Produkts in einer festen Reihenfolge durchlaufen. Eine **Mehrstranganlage** besteht aus mehreren parallelen Einzelsträngen, zwischen denen jedoch kein Produkttransfer vorgesehen ist. Lediglich Einsatzstoffquellen und Fertigproduktlager werden von den Einzelsträngen gemeinsam benutzt. Eine **Mehrstrang-Mehrweganlage** setzt sich ebenfalls aus Einzelsträngen zusammen, im Gegensatz zur einfachen Mehrstranganlage ist jedoch ein Produktaustausch zwischen den Strängen möglich. Dabei können die Wege entweder fest, dynamisch mit fester Verbindung oder dynamisch mit flexibler Verbindung sein.

ANLAGENBESCHREIBUNG

In diesem Lehrmodul wird die in der nebenstehenden Abbildung 1 dargestellte Laboranlage automatisiert.

Das Herz der Anlage bilden zwei Reaktoren, die mit verschiedenen Edukten beschickt werden. In den Reaktoren können gleichzeitig verschiedene Produkte erzeugt werden. Die Anlage lässt sich deshalb als **Mehrproduktanlage** und **Mehrstrang-Mehrweganlage** klassifizieren. Sie besteht aus mehreren Teilanlagen, die fest miteinander verbunden sind. Die Wege zwischen den Teilanlagen können je nach Produktionsprozess dynamisch verschaltet werden. Dies erfordert eine komplexe Automatisierung. In den nächsten Kapiteln dieses Moduls werden wir jedoch feststellen, dass bei der Berücksichtigung einiger einfacher Prinzipien und Regeln das komplexe Automatisierungssystem durch die Kombination von existierenden Bausteinen des Prozessleitsystems **PCS 7** sehr effektiv und effizient zusammengestellt werden kann.



Abbildung 1: Mehrprodukt- und Mehrstrang-Mehrwege Laboranlage der TU Dresden als Übungsfeld für moderne Prozessleittechnik

Die erste Teilanlage stellt die Edukte für die Reaktoren zur Verfügung. Sie besteht aus drei Eduktbehältern. Diese sind identisch instrumentiert: Um zu erkennen, ob der Behälter leer oder voll ist, wird der Füllstand mit zwei Sensoren überwacht. Über ein Ventil am Abfluss und eine Pumpe kann das Edukt in die zweite Teilanlage dosiert werden. Über ein Ventil am Zufluss wird das Edukt nachgefüllt.

Die zweite Teilanlage umfasst zwei Reaktoren, welche die gleichen Abmessungen wie die Eduktbehälter haben und mit den Automatisierungsmitteln ausgestattet sind. Jeder Reaktor ist mit einem Rührer und einer Heizung ausgestattet. Durch einen Ultraschallsensor wird kontinuierlich der Füllstand und durch ein PT100-Element die Temperatur gemessen. Über die drei Ventile am Zufluss können die Edukte in den Reaktor abgefüllt werden. Über eine Pumpe am Abfluss kann das Reaktionsprodukt entweder in den jeweils anderen Reaktor umgefüllt oder in die dritte Teilanlage abgelassen werden. Ein weiteres Ventil am Zufluss ermöglicht die Reinigung des Reaktors mit Spülwasser aus der vierten Teilanlage.

Die dritte Teilanlage enthält die fertigen Produkte und besteht aus zwei Behältern mit zwei Sensoren, die den minimalen und den maximalen Füllstand anzeigen. Während die Reaktoren von allen Eduktbehältern beschickt werden können, sind die Produktbehälter genau einem Reaktor zugeordnet. Über ein Ventil am Zufluss des Produktbehälters wird der Weg vom Reaktor zum Produktbehälter freigeschaltet. Je ein Ventil am Abfluss der Produktbehälter dient der Entnahme des fertigen Produktes aus der Anlage.

Die vierte Teilanlage besteht aus dem Spülwasserbehälter, der ebenfalls mit zwei Sensoren für den minimalen und den maximalen Füllstand ausgerüstet ist. Über ein Ventil und eine Pumpe am Abfluss kann das Spülwasser in die Reaktoren der zweiten Teilanlage transportiert werden und über die Ventile am Zufluss wieder von den Reaktoren zurück.

ROHRLEITUNGS- UND INSTRUMENTEN DIAGRAMM

Die textuelle Beschreibung einer Anlage kann zwar wesentliche Zusammenhänge erklären, ist jedoch aufgrund der Anfälligkeit für Missverständnisse schon bei kleinen Anlagen, vor allem aber für große Anlagen mit hunderten von Apparaten und mehreren zehntausend Messstellen, als Kommunikationsmittel für die gemeinsamen Aufgaben der Verfahrens- und Prozesstechnik, der Elektrotechnik und der Automatisierungstechnik denkbar ungeeignet.

Im Laufe der Zeit hat sich deshalb das **Rohrleitungs- und Instrumentendiagramm** (R&I-Diagramm, englisch: Piping & Instrumentation Diagramm, P&ID) zu einem zentralen Planungsdokument entwickelt. Das R&I-Diagramm dokumentiert Struktur und Funktion der Prozessanlage für die Verfahrens- und Automatisierungstechnik gleichermaßen. In Abbildung 2 ist das R&I-Diagramm der in diesem Lehrmodul zu automatisierenden Versuchsanlage dargestellt.

Behälter, Ventile und Pumpen, aber auch die prozessleitetechnischen Funktionsanforderungen sind darin durch standardisierte Symbole dargestellt. Die Rohrleitungen zwischen den Elementen sind als durchgezogene Striche dargestellt, Informationsflüsse als gestrichelte Linien. Der Übersichtlichkeit halber sind in Abbildung 2 alle Teilanlagen in einem R&I-Diagramm dargestellt.

Die Zugehörigkeit eines Behälters oder einer PLT-Funktion zu einer bestimmten Teilanlage kann aus dem Kennzeichnungssystem abgelesen werden. Dieses Kennzeichnungssystem sorgt für Eindeutigkeit bei Mensch und Rechner. Solange Menschen eng zusammenarbeiten, können sie aufgrund des Kontextes leicht zwischen dem Eduktbehälter B001 und dem Produkttank B001 unterscheiden. Schwieriger wird das, wenn die Kommunikation über verschiedene Abteilungen geht, Mitarbeiter gleichzeitig viele Projekte bearbeiten und Rechner involviert sind. Die vollständige Bezeichnung des ersten Eduktbehälter B001 lautet deshalb **=SCE.A1.T1-B001**. Damit kann der Tank **B001** im Werk **SCE**, in der Anlage **A1**, der Teilanlage **T1** eindeutig von einem gleichartigen Anlagenteil in einem anderen Werk oder einer anderen Teilanlage unterschieden werden.

VERRIEGELUNG UND SCHUTZFUNKTIONEN

Das R&I-Diagramm reicht nicht aus, um alle Anforderungen an die Prozessleittechnik zu spezifizieren. Um den sicheren Betrieb einer Anlage zu gewährleisten, muss die Steuerung die Prozesseingriffe überwachen und gegebenenfalls eine Benutzereingabe unterdrücken, Aktoren an- bzw. ausschalten, Funktionen gegenseitig verriegeln und/oder die Anlage in einen sicheren Zustand bringen. Für die oben beschriebene Anlage, die gemäß Abbildung 2 mit Messinstrumenten ausgestattet ist, werden die folgenden Überwachungs- und Verriegelungsfunktionen gefordert und innerhalb der Lehrmodule schrittweise mit **PCS 7** implementiert:

- Ein Aktor darf nur geschaltet werden, wenn der Hauptschalter der Anlage eingeschaltet und der Notaus-Schalter entriegelt ist.
- Kein Behälter darf überlaufen, das heißt es gibt entweder einen Sensor, der den Maximalfüllstand signalisiert oder der maximale Füllstand (hier: 1000 ml) ist numerisch bekannt und wird über den gemessenen Füllstand ausgewertet.
- Keine Pumpe darf Luft ansaugen, das heißt es gibt entweder einen Sensor, der den Minimalfüllstand signalisiert oder der minimale Füllstand (hier: 50 ml) ist numerisch bekannt und wird über den gemessenen Füllstand ausgewertet.
- Eine Pumpe darf nicht versuchen, Flüssigkeit von einem geschlossenen Ventil anzusaugen oder Flüssigkeit gegen ein geschlossenes Ventil zu drücken.
- Die Temperaturen in den beiden Reaktoren dürfen 60°C nicht übersteigen.
- Die Heizungen der beiden Reaktoren dürfen nur in Betrieb genommen werden, wenn sie mit Flüssigkeit bedeckt sind (hier: minimal 200 ml im Reaktor).
- Die Rührer der beiden Reaktoren sollten nur in Betrieb genommen werden, wenn sie mit Flüssigkeit in Berührung kommen (hier: minimal 300 ml im Reaktor).

REZEPT

Nach [1] ist ein Rezept eine Vorschrift zur Herstellung eines Produktes nach einem Verfahren. Es beschreibt, was man zum Durchführen des Verfahrens benötigt und tun muss. Für die oben beschriebene Anlage gibt es folgendes Rezept, welches innerhalb dieses Lehrmodules mit **PCS 7** umgesetzt wird:

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 werden und dann in den Produkttank =SCE.A1.T3-B001 abgelassen werden.

LITERATUR

- [1] DIN EN 61512-1 (Ausg. 2000-01): Chargenorientierte Fahrweise.

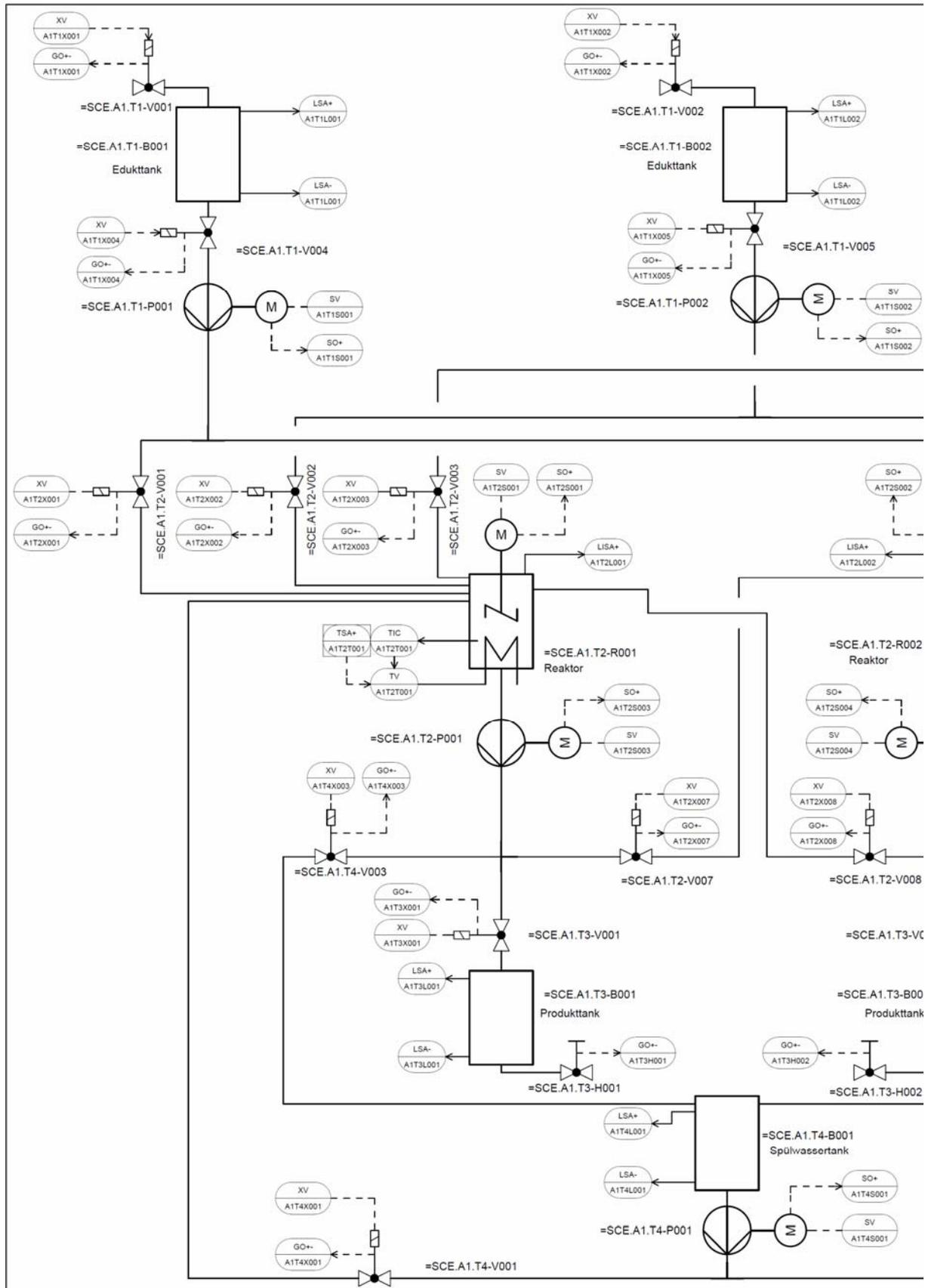


Abbildung 2: Projektierte Anlage (Teil 1)

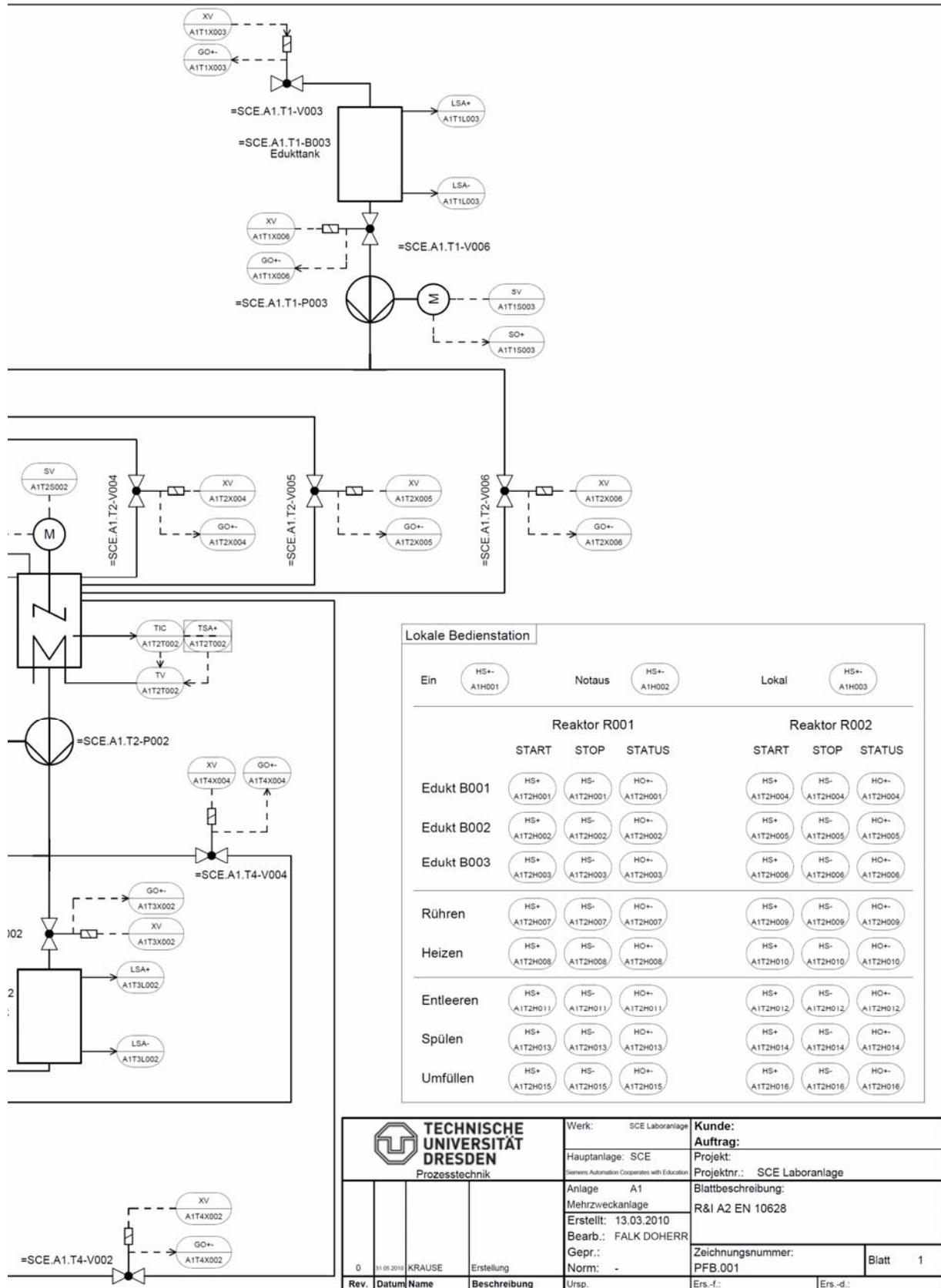


Abbildung 2: Projektierte Anlage (Teil 2)