



Bewerbung zum BVT-Award 2020

Entwicklung eines variablen Spannprogramms mit Visualisierung für Zylinderbewegungen bei Roboter-Schweißzellen

Abschlussprojekt

Schwerpunkt: Automatisierungs- und Prozessleittechnik

Projektjahr: 2019/20

Klasse: APWS18

Projektauftraggeber: Carl-Cloos Schweißtechnik GmbH
Carl-Cloos-Straße 1-6
35708 Haiger
Deutschland

Projektteam: Daniel Ströhmann
Florian Orschel
Timo Rosenkranz
Thilo Rühl

Vorwort

Das folgende Projekt war Bestandteil der Abschlussprüfung zum Staatlich geprüften Techniker mit der Fachrichtung Elektrotechnik im Bereich Automatisierungs- und Prozessleittechnik im Jahr 2020.

Unser Projektteam hatte sich schnell dazu entschlossen mit der Firma Cloos Schweißtechnik in Haiger zusammenzuarbeiten. Die Verbindung entstand durch einen Verwandten unseres Projektleiters Herrn Ströhmann.

Allgemeine Informationen

Ausgangslage

Ein Hauptaufgabenbereich der Firma Cloos Schweißtechnik in Haiger ist die Herstellung und der Vertrieb von Roboter-Schweißzellen. Sowohl die Roboter als auch die zugehörigen Schweißgeräte werden von der Firma Cloos selbst hergestellt. Da für jedes neu herzustellende Produkt auf einer dieser Schweißzellen auch eine passende Spannvorrichtung vorhanden sein muss, muss auch jedes Mal die Art der verwendeten Ventile und die Spannreihenfolge im SPS-Programm angepasst werden. Mehrere verschiedene Vorrichtungen im Wechsel auf ein und derselben Anlage zu betreiben, ist somit nur mit viel Aufwand möglich und zudem recht zeitraubend. Aus diesem Grund wurde unser Team damit beauftragt ein variables Programm zu entwickeln, welches individuell auf verschiedene Anlagen übertragen werden kann. Der Titel dieses Projekts lautet: „Entwicklung eines variablen Spannprogramms mit Visualisierung für Zylinderbewegungen bei Roboter-Schweißzellen“. Im Folgenden wird dies nur noch „Variables Spannprogramm mit Visualisierung für Zylinderbewegungen“ oder kurz „Variables Spannprogramm“ genannt.

Projektgesamtziel

Als Projektgesamtziel sollte ein variables Spannprogramm mit Visualisierung entwickelt werden, welches flexibel in verschiedenen Anlagen implementiert werden kann. Mit Hilfe dieses Spannprogramms sollen frei programmierbare Spannabläufe für bis zu acht verschiedene Vorrichtungen konfiguriert und gespeichert werden können. Die Bedienung soll über eine HMI-Oberfläche realisiert werden, welche dann in die HMI-Struktur bestehender Anlagen integriert werden kann.

Projektbeteiligte

Am Projekt seitens der Technikakademie Weilburg waren Dr. Ing. Stefan Schurig und Wolfgang Kaiser als Lenkungsausschuss beteiligt. Das Projektteam bestand aus Daniel Ströhmann, Florian Orschel, Timo Rosenkranz und Thilo Rühl.

Problemstellung

Da Spannvorrichtungen für unterschiedliche Produkte in der Regel auch unterschiedlich viele Zylinder, Ventile und Sensoren besitzen, muss das jeweilige SPS-Programm individuell angepasst werden um die Funktionsfähigkeit zu gewährleisten.

Zusätzlich variiert auch die Anzahl an Zylindern, die an dem jeweils selben Ventil angeschlossen sind und die Art der verwendeten Ventile. In Abhängigkeit der Ventil-Art macht dies zusätzliche eine Anpassung der Steuersignale nötig.

Außerdem kommt natürlich hinzu, dass die Spannfolge für unterschiedliche Spannvorrichtungen in der Regel nie gleich aufgebaut ist, sondern auch hier individuell angepasst werden muss.

All diese Dinge erfordern ein aufwändiges Eingreifen in das SPS-Programm durch einen SPS-Programmierer.

Durch das Variable Spannprogramm soll dieser Umstand größtenteils umgangen werden. Denn mit Hilfe der Konfigurationsmöglichkeiten im HMI soll in Zukunft der Maschinenbediener bzw. speziell unterwiesenes Personal all die erforderlichen Änderungen, die nötig sind um eine Spannvorrichtung lauffähig zu machen, ohne großen Aufwand einfach einstellen können.

Natürlich sind dem Ganzen hierbei Grenzen gesteckt, so sollen beispielsweise maximal 8 verschiedene Konfigurationen speicherbar sein. Außerdem können maximal 8 Ventile, 16 Zylinder und 8 Sensoren zur Teileerkennung pro Spannvorrichtung konfiguriert werden. Für die Spannreihenfolge sind 16 Schritte vorgesehen, in denen jeweils 8 Start-, Weiterschaltbedingungen und 8 Aktionen ausgewählt werden können.

Das Variable Spannprogramm soll später als Programmausschnitt in bestehende SPS-Programme der Fa. Cloos eingefügt werden. Somit ist rein für dieses Projekt keine eigene Hardware erforderlich. Für sämtliche Sicherheitsfunktionen ist das bestehende SPS-Programm der jeweiligen Anlage verantwortlich und ist somit nicht Teil dieses Projekts.

SPS-Programm

Nachfolgend sind die Zusammenhänge im SPS-Programm näherungsweise bildlich dargestellt.

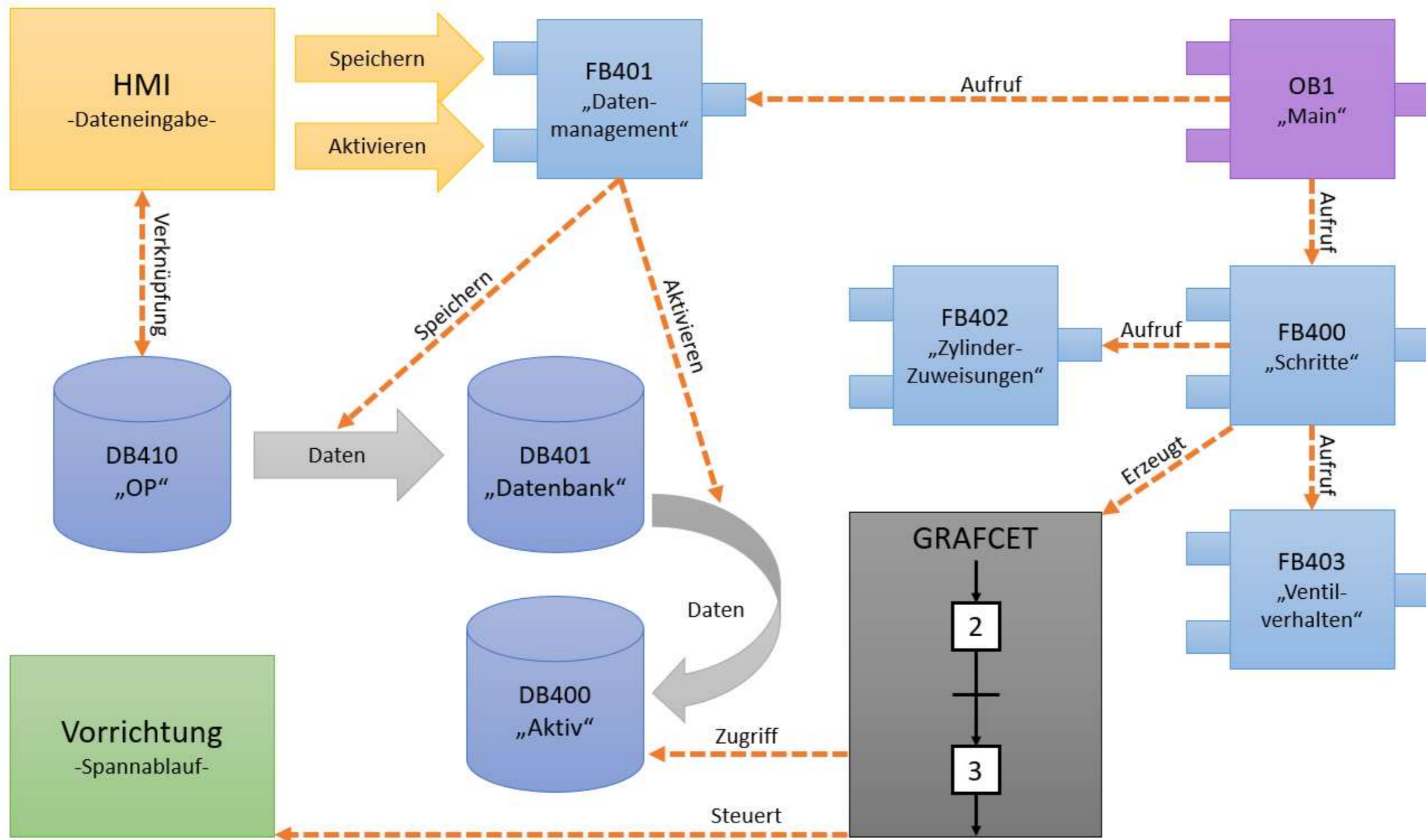


Abb. 1: Bildliche Darstellung des SPS-Programms

Beschreibung der HMI-Oberfläche

Die folgenden Abbildungen stammen aus der Bedienungsanleitung, die ebenfalls dem PAG übergeben wurde und im HMI-Panel hinterlegt ist und dort zur Hilfe geöffnet werden kann.

Konfiguration Vorrichtungen

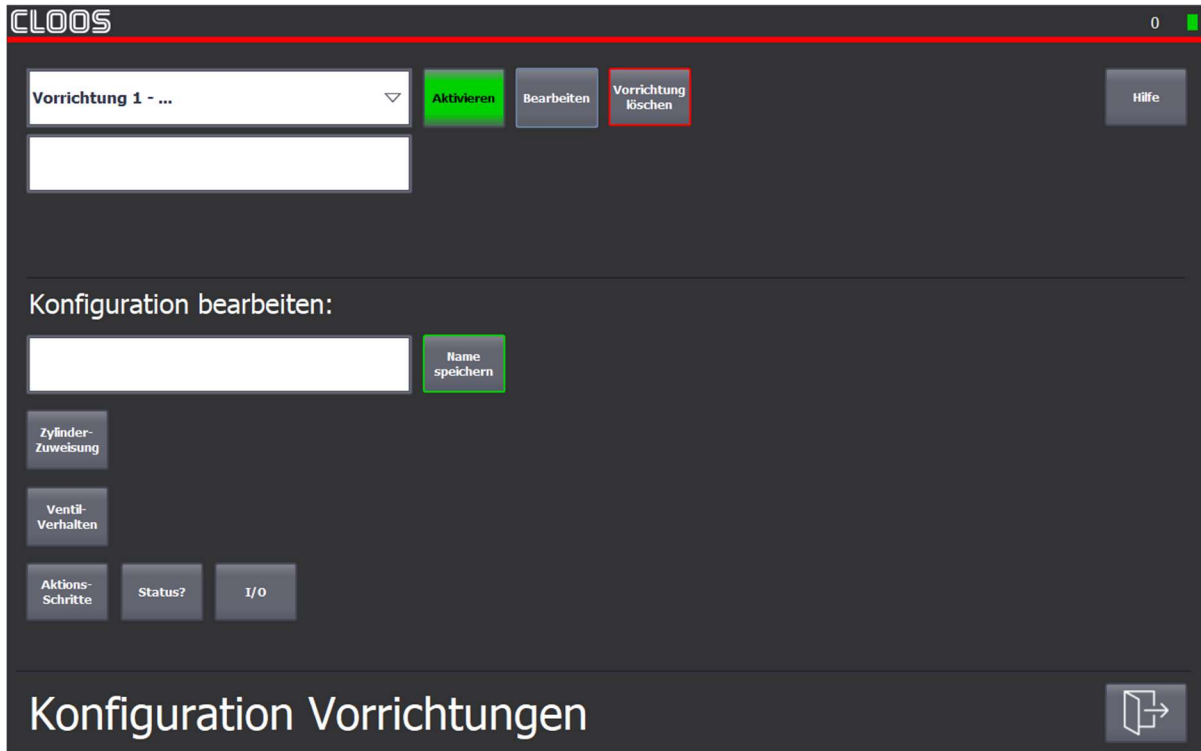


Abb. 2: HMI Seite „Konfiguration Vorrichtungen“

Hier sieht man die Startseite des Variablen Spannprogramms im HMI-Panel. Diese Seite dient als Übersicht, da man von hier auf alle spezifischen Seiten des HMI gelangt. Diese Ansicht erscheint, sobald im Hauptmenü der Anlage das Variable Spannprogramm aufgerufen wird. Der untere Teil **Konfiguration bearbeiten** ist anfangs noch verborgen und für den Anlagenbediener nicht sichtbar. Über das obige E/A-Feld kann man eine Vorrichtung auswählen.

Es gibt 3 Möglichkeiten dieses Programm zu benutzen. Die erste Möglichkeit ist, dass man eine schon vorhandene Vorrichtung aufruft und diese ohne Veränderung der Eigenschaften verwendet. Die zweite Möglichkeit ist, dass man eine komplett neue Vorrichtung unter einem spezifischen Namen anlegt, einstellt und speichert. Die dritte Möglichkeit ist, dass man eine schon vorhandene Vorrichtung auswählt, diese aber noch bearbeitet werden muss. Will man eine Vorrichtung ohne Änderungen aktivieren, so wählt man sie über die Auswahlmöglichkeit aus und betätigt dann den Schalter **Aktivieren**. Betätigt man nach dem Auswählen einer Vorrichtung den Schalter **Bearbeiten**, wird der untere Teil eingeblendet und der Anlagenbediener kann auf die jeweiligen Seiten zur Bearbeitung verschiedener Eigenschaften der Vorrichtung wechseln.

Zylinder-Zuweisung



Abb. 3: HMI Seite „Zylinder-Zuweisung“

Auf dieser Seite werden die Zylinder den Ventilen zugewiesen. Wenn ein Zylinder einem Ventil zugeordnet wurde, dann wird er so verriegelt, dass er nicht mehr einem anderen Ventil zugeordnet werden kann. So wird eine Doppelbelegung vermieden. Wenn man alle Zylinder den zugehörigen Ventilen zugeordnet hat, dann kann man den Button **Daten speichern** betätigen. Somit werden die Daten von dieser Seite in einen Datenbaustein geschrieben, welcher später beim Aktivieren der Vorrichtung ausgelesen wird. Über den Button **Verlassen** gelangt man wieder auf die Startseite zurück.

Ventil-Verhalten

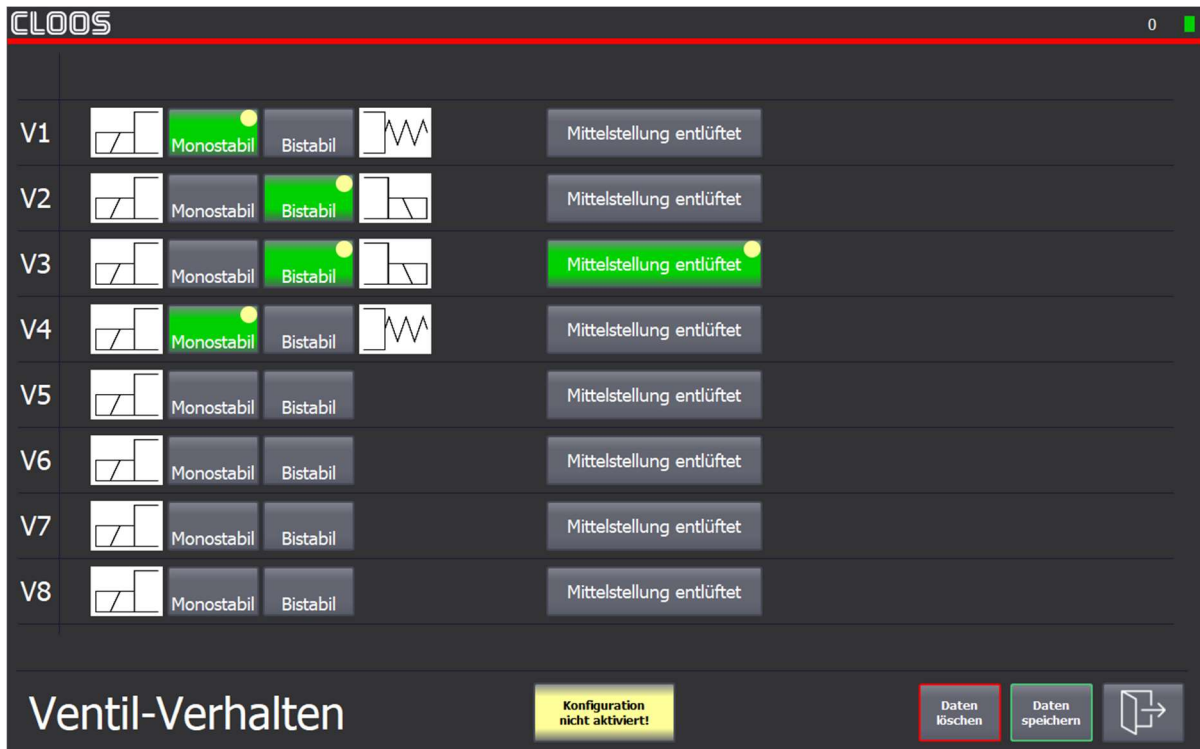


Abb. 4: HMI Seite „Ventil-Verhalten“

Es gibt maximal 8 Ventile, die mit diesem Programm angesteuert werden können. Zur Auswahl stehen: **Monostabil**, **Bistabil** und **Mittelstellung entlüftet**. Wenn für alle Ventile das entsprechende Ventil-Verhalten eingestellt wurde, können die Daten wieder über den Button **Daten speichern** in die Datenbank geschrieben werden. Über den Button **Verlassen** gelangt man wieder zurück zur Startseite.

Aktionsschritte

Abb. 5: HMI Seite „Aktionsschritte“

Hier kann die Schrittkette nach den gewünschten Anforderungen konfiguriert werden. Zuerst wählt man oben den gewünschten Schritt aus. Dann wird mit der Auswahl der Startbedingung begonnen, als nächstes werden die Aktionen für den jeweiligen Schritt ausgewählt und zum Schluss kann die Weiterschaltbedingung für den nächsten Schritt eingestellt werden. Wird in einem E/A-Feld eine Bedingung oder Aktion ausgewählt, dann ploppt ein weiteres E/A-Feld in derselben Reihe auf. Auf diese Weise können maximal 8 verschiedene Start-, Weiterschaltbedingungen und Aktionen für jeden Schritt konfiguriert werden.

Die E/A-Felder für die Auswahl der Bedingungen und Aktionen sind mit Textlisten verknüpft, auf die das SPS-Programm dann zugreift.

Bevor man zum nächsten Schritt wechselt, muss man die Daten für den Schritt über den Button **Daten speichern** in den Datenbaustein schreiben. Diesen Button muss man immer drücken, bevor man in einen neuen Schritt wechselt. Wenn man alle Schritte eingestellt hat, kann man nach dem speichern über den Button **Verlassen** wieder zur Startseite zurückkehren.

Status

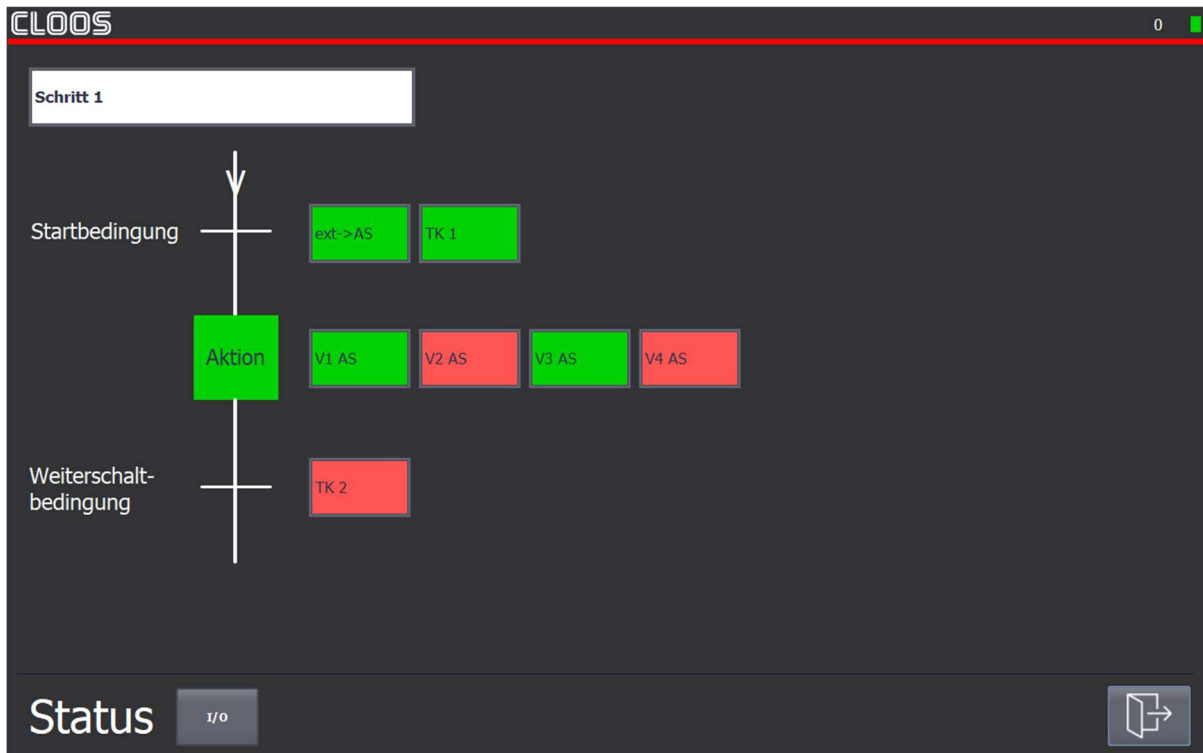


Abb. 6: HMI Seite „Status“

Wenn die Vorrichtung aktiviert wurde, kann in der Startseite über den Button **Status** auf diese Seite gewechselt werden. Hier sieht man die Aktionsschrittkette der aktivierten Vorrichtung. Diese Übersicht dient hauptsächlich der Fehleranalyse und Fehlersuche. Die grünen Felder deuten darauf hin, dass diese Aktion schon ausgeführt wurde. Die roten Felder wurden noch nicht durchgeführt. Links in der Übersicht neben der Schrittkette sieht man die Felder: **Startbedingung**, **Aktion** und **Weiterschaltbedingung**. Je nachdem in welchem Bereich des Schrittes die Schrittkette sich befindet, blinkt das entsprechende Wort grün. In diesem konkreten Beispiel befindet sich die Schrittkette im Bereich **Aktion** und die Zylinder der Ventilkreise V2 und V4 haben ihre Arbeitsstellung noch nicht erreicht. Über den Button **Verlassen** gelangt man wieder zur Startseite zurück.

I/O Übersicht

		GS	AS	GS	AS	GS	AS			GS	AS				
TK1	●	V1	●	Z1	●	Z9	●	ext->GS	●	V1	●				
TK2	●	V2	●	Z2	●	Z10	●	ext->AS	●	V2	●				
TK3	●	V3	●	Z3	●	Z11	●			V3	●				
TK4	●	V4	●	Z4	●	Z12	●			V4	●				
TK5	●	V5	●	Z5	●	Z13	●			V5	●				
TK6	●	V6	●	Z6	●	Z14	●			V6	●				
TK7	●	V7	●	Z7	●	Z15	●	GS->ext	●	V7	●				
TK8	●	V8	●	Z8	●	Z16	●	AS->ext	●	V8	●				
								Input				Output			

Abb. 7: HMI Seite „I/O“

Ebenfalls kann bei aktivierter Vorrichtung über den Button **I/O** in diese Ansicht gewechselt werden. Hier sieht man alle Ein- und Ausgänge und deren Zustand. Zustand Grün = TRUE, Grau = FALSE. Links von oben nach unten beginnen die 8 Teilekontrollen. Als Zweites werden die Zustände der acht Ventilkreise visualisiert. Diese signalisieren, in welcher Position sich alle an einem Ventil angeschlossenen Zylinder befinden. In diesem konkreten Beispiel sieht man, dass V2 keinen definierten Zustand hat. Das liegt daran, dass sich von den an V2 angeschlossenen Zylindern einer in GS befindet und zwei in AS.

Als nächstes werden die Endlagen von den 16 einzelnen Zylindern angezeigt.

ext->GS und **ext->AS** signalisieren, ob eine Ansteuerung für GS oder AS von extern ansteht. Zum Schluss (Output) wird angezeigt, welche Signale von dem Variablen Spannprogramm an extern, also an das SPS-Programm der Anlage, weitergegeben werden.

Auch diese Übersicht dient hauptsächlich der Fehlersuche. Über den Button **Verlassen** gelangt man wieder zur Startseite.

Testphase

Nachdem das Variable Spannprogramm soweit fertiggestellt war, konnten wir die einzelnen Funktionen mit Hilfe der in TIA-Portal vorhandenen Simulationssoftware testen und Fehler beheben. Auch komplette Spann- und Löse-Zyklen ließen sich einigermaßen übersichtlich simulieren.

Um das variable Spannprogramm mit echter Hardware testen zu können, wurde uns seitens Fa. Cloos ein Simulationsmodell zur Verfügung gestellt.

Das Modell verfügt über 8 Ventile, von denen jeweils 2 von derselben Ventil-Art sind und 16 Zylinder mit Endlagen-Sensoren. Außerdem sind 8 Kippschalter zur Simulation von Teilekontrollen und 16 Kippschalter und LEDs zur Simulation einer 2-Byte-E-, 2-Byte-A-Roboterschnittstelle verbaut. Die Roboterschnittstelle wird von uns als Schnittstelle für die externen Signal genutzt.



Abb. 8: Schaltschrank mit Netzteil, CPU, HMI und Kippschaltern

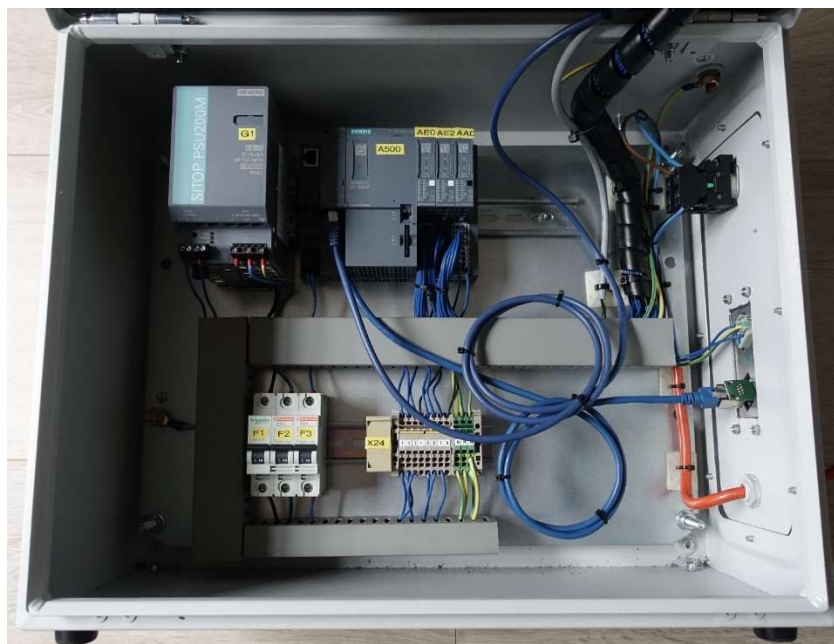
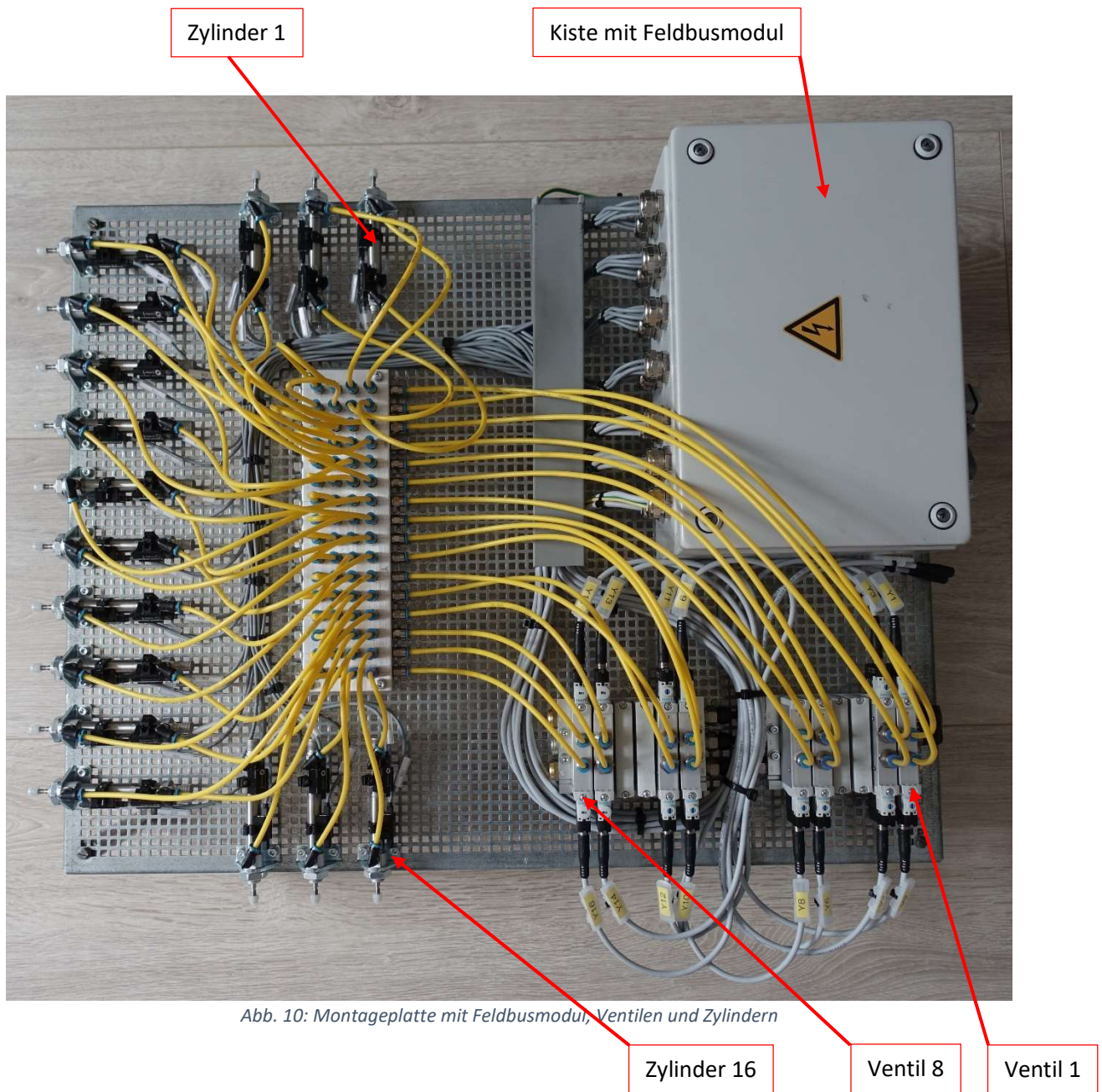


Abb. 9: Schaltschrank Innenansicht



Das Simulationsmodell ist so aufgebaut, dass sich die Ventile beliebig austauschen lassen und die Verschlauchung individuell gesteckt werden kann. So kann eine sehr große Bandbreite von möglichen Konfigurationen abgedeckt und simuliert werden.

Fazit

Nachdem wir zu Beginn des Abschlussprojektes, im Dezember 2019 und Januar 2020, sehr regen E-Mail-Kontakt mit dem PAG hatten und dort auch schon sehr viele technische Details klären konnten, stand unser erster Besuch in Haiger an. Im Februar 2020 hatten wir den ersten Termin bei der Fa. Cloos im Haus und konnten unser bis dahin entstandenes Konzept und weitere Überlegungen sehr viel feiner abstimmen.

Uns wurde im Laufe der Zeit immer mehr bewusst, dass wir uns mit dem Entwickeln des variablen Spannprogramms nicht nur ein äußerst spannendes Projekt, bei dem wir sehr viel lernen würden, herausgesucht hatten, sondern auch, dass es uns sehr viel abverlangen wird.

Unser Projekt wurde durch die Corona-Krise glücklicherweise nur minimal beeinflusst, da wir eigentlich alle Programmierarbeiten auch von Zuhause aus erledigen konnten. Lediglich das Fertigstellen des Simulationsmodells hat sich verzögert, weshalb wir erst später als geplant mit Hardware testen konnten.

Durch die hochkomplexe Aufgabenstellung mussten wir so manch eine Hürde nehmen, von der wir vorher nicht wussten, dass sie überhaupt existiert. Dennoch konnte das Projektteam mit vollem Einsatz die auftretenden Komplikationen meistern und das Projekt erfolgreich und termingerecht zum Abschluss bringen.

Rückblickend gesehen, war die Schwierigkeit des Projektes an der Grenze des für uns Machbaren. Durch die Entwicklung des variablen Spannprogramms konnten wir viele Erfahrungen in den Bereichen SPS-Programmierung und Visualisierung sammeln. Die enge Zusammenarbeit hat unsere Teamfähigkeit gestärkt und die gewonnenen Erkenntnisse werden für unsere Zukunft sehr von Vorteil sein.

Folgende Kennzahlen machen den Aufwand und Umfang unseres Abschlussprojektes deutlich:

- **4 Teammitglieder**
- **878 h Arbeitszeit**
- **65.850,00 € Personalkosten**
- **Über 500 Zeilen SCL-Programmcode mit FOR- und IF-Schleifen allein für die Schrittkette**