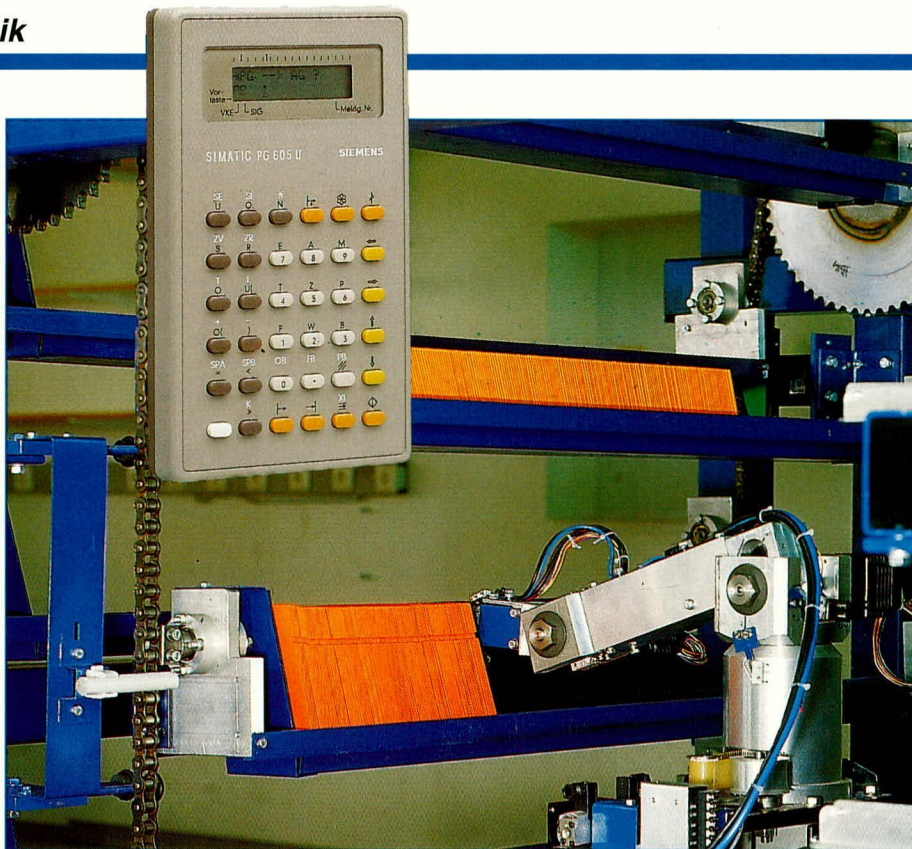




Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) Teil 5

Automatisierungsmittel für die verschiedensten Aufgaben

Der vorliegende fünfte Teil der Artikelserie behandelt anhand einer Modellanlage die Vorgehensweise beim Entwerfen eines SPS-Programmes nach dem Prinzip der Verknüpfungssteuerung.

Prof. Dr. Ing. Ewald Matull

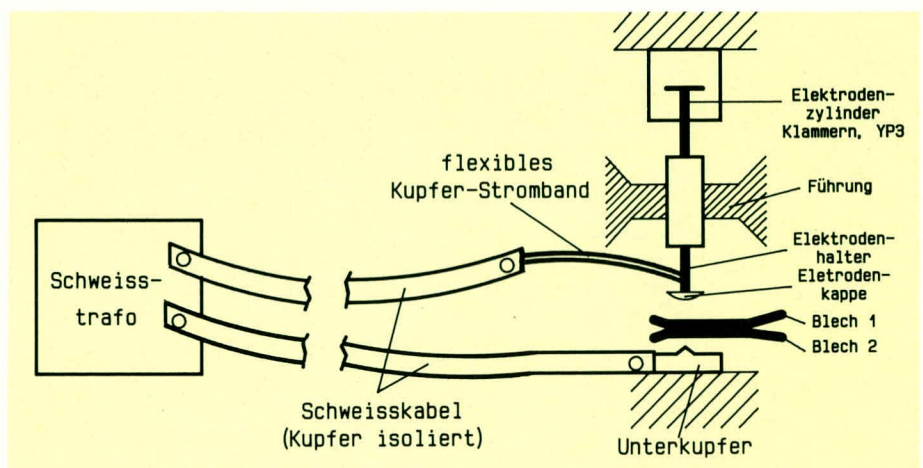
13. Die „Zweipunktschweißvorrichtung“: eine Modellanlage für einen fertigungstechnischen Prozeß

Um die Vorgehensweise beim SPS-Programmmentwurf an einem Beispiel deutlich machen zu können, wollen wir eine einfache (gedachte) Maschine annehmen, die die Aufgabe hat, zwei Bleche miteinander zu verschweißen. Hierzu soll diese Maschine an zwei Stellen der übereinanderliegenden Bleche Punktschweißungen durchführen.

Industrielle Punktschweißanlagen arbeiten derart, daß zunächst eine Schweißzange mit hoher Kraft die beiden zu verschweißenden Bleche durch zwei gegenüberliegende Schweißelektroden zusammenpreßt (Bild 30). Eine separate Schweißsteuerung sorgt dann dafür, daß mit Hilfe eines Schweißtrafos kurzzeitig ein hoher Strom (mehrere Kilo-Ampere) durch die Bleche

fließt, so daß das Blechmaterial zwischen den Elektroden zu schmelzen beginnt. Durch den Druck der beiden Elektroden fließt das Material der beiden Bleche ineinander; nach dem Abschalten des Schweißstromes erkaltet das Material, die Bleche sind miteinander verbunden.

Bild 30: Schweißzange mit Schweißelektroden und Schweißtrafo



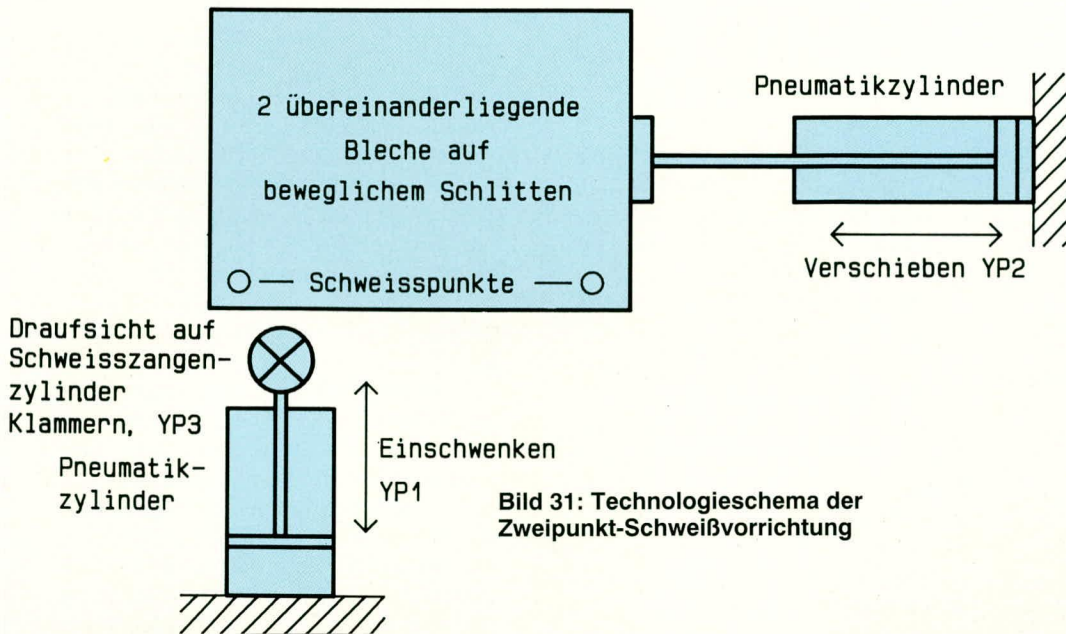


Bild 31: Technologieschema der Zweipunkt-Schweißvorrichtung

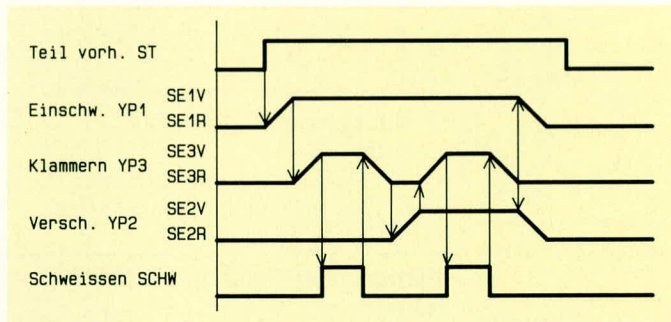


Bild 32: Impulsplan der Zweipunkt-Schweißvorrichtung

Für unsere gedachte Maschine ergibt sich der folgende Ablauf (siehe auch das Technologieschema, Bild 31, sowie das Funktionsdiagramm, Bild 32):

- Einlegen der beiden Bleche durch einen Bediener, dabei Betätigung der Teilkontrolle („Teil vorhanden“)
- Einschwenken der Schweißzange über die Bleche zum ersten Schweißpunkt („Einschwenken“, Bewegung 1)
- Schließen der Schweißzange („Klammer“, Bewegung 3)
- Schweißen des ersten Schweißpunktes (Starten der Schweißsteuerung)
- Öffnen der Schweißzange
- Verschieben der Bleche unter der Schweißzange zum Schweißpunkt 2 („Verschieben“, Bewegung 2)
- erneutes Schließen der Schweißzange
- Schweißen des zweiten Punktes
- erneutes Öffnen der Schweißzange
- (ggf. gleichzeitiges) Zurückfahren der Bewegung 2 („Verschieben“) und der Bewegung 1 („Einschwenken“) in ihre jeweiligen Ausgangslagen
- Entnahme der verschweißten Bleche

In der Fertigungstechnik werden heute separate Schweißsteuerungen für Punktschweißvorrichtungen eingesetzt. Sie ermöglichen die flexible Vorgabe einer Reihe von Schweißparametern (Anpreßzeit vor dem Schweißen, Dauer und Höhe des Schweißstromes, Nachhaltezeit zum Erstarren der Schmelze,...). Abhängig von der Abnutzung der Schweißelektroden kann eine moderne Steuerung hier sogar Anpassungen dieser Parameter automatisch vornehmen.

In bezug auf die SPS, die den Gesamt Ablauf der Maschine steuern soll, kann die Schweißsteuerung als abgeschlossenes System betrachtet werden, das von der SPS

ein Startkommando (SCHW) erhält und nach Erledigung seiner Aufgabe eine Fertigmeldung (FK) an die SPS zurückgibt. Diese Fertigmeldung ist durch die SPS wiederum rücksetzbar (RFK, siehe Bild 33).

Unsere Modellmaschine benötigt noch Antriebselemente für die o.g. drei Bewegungen Einschwenken, Verschieben und Klammern. Sie soll mit Pneumatikzylindern ausgestattet sein, von denen jeder durch zwei Ventile vorwärts und rückwärts ansteuerbar ist (Bild 34).

Der einfache Maschinenablauf läßt eine Steuerung über die Endlagen der Bewegungen zu, d.h. wenn z.B. der Pneumatikzylinder der Bewegung 1 das Einschwenken der Schweißzange bewirkt, dann wird bei Erreichen der vorderen Endlage der zugehörige

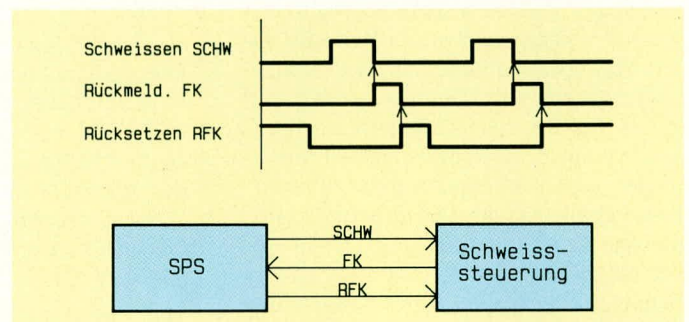


Bild 33: Zusammenwirken zwischen SPS und Schweißsteuerung

Endschalter „Vorn“ betätigt und die weitere Ansteuerung des Pneumatikzylinders unterbrochen. Für jede Bewegung sind demnach zwei zugehörige Endschalter (Vorn=V, Rückwärtig=R) notwendig (siehe auch Bild 34).

Der im Bild 32 gezeigte Impulsplan gibt die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Bewegungen in der Maschine wieder. Jede Bewegung ist als „Impuls“ mit hinterer Endlage (Linienführung unten), vorderer Endlage (Linienführung oben) und Vorwärts- bzw. Rückwärtsfahren (steigende bzw. fallende Flanke) gekennzeichnet. Ein Impuls faßt daher zeichnerisch die beiden Endschaltersignale „V“ und „R“

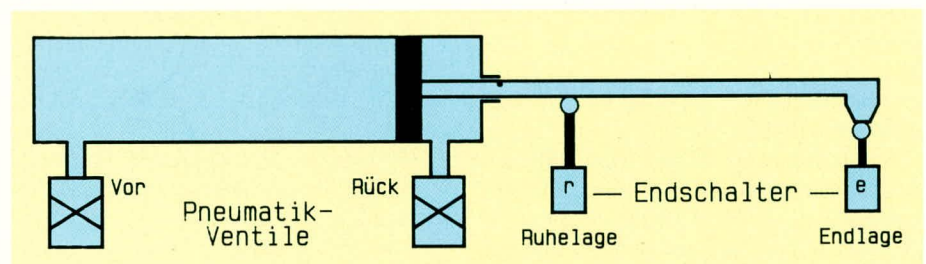


Bild 34: Pneumatikzylinder mit Ansteuerventilen und Endschaltern

und die Ventilansteuerungen „Vorfahren“ und „Rückfahren“ zusammen. Die Flanken geben nicht die tatsächliche Verfahrdauer wieder, denn sie werden immer mit fester Steigung gezeichnet. Die Verbindungspfeile zwischen den Impulsen machen deutlich, welcher Zustand eine Bewegung auslöst. So sorgt beispielsweise das Erreichen der vorderen Endlage des Einschwenkzylinders dafür, daß das Schließen der Schweißzange ausgelöst wird.

Der Impulsplan zeigt auf diese Weise nur die qualitativen Zusammenhänge, nicht jedoch das echte Zeitverhalten. Es fehlt in dieser Darstellung folglich auch eine lineare Zeitskala.

Unsere Maschine braucht natürlich auch eine Einschaltung. Über Taster an einem Bedienpult („Ein“, „Aus“) soll sie gestartet und angehalten werden können. Weiterhin soll ein Maschinenablauf mit Schweißung nur dann erfolgen, wenn auch zwei Bleche eingelegt sind; hierfür werden spezielle Signalgeber verwendet, die ein „Teil vorhanden“-Signal erzeugen. Nach den gängigen Sicherheitsvorschriften wird unsere Maschine vermutlich auch Sicherheitseinrichtungen wie Not-Aus-Schalter und ggf. ein Schutzgitter mit Sicherheits-Steckvorrichtungen aufweisen. Diese Einrichtungen werden in kontaktbehafteter Sicherheitstechnik realisiert und liefern das Sammel-signal „Negation Notaus“, wenn weder ein Notausschalter betätigt noch das Schutzgitter geöffnet wurde. Nach den geltenden Sicherheitsbestimmungen muß eine Notaus-bedingte Abschaltung der Maschine außerhalb der SPS erfolgen, z.B. durch kontaktbehaftete Unterbrechung der Energieversorgung der Anlage (u.a. der 24 V-Versorgung der SPS-Ausgaben).

Uns liegt nun also eine Maschine vor, die eine Ein-/Aus- sowie Notausschaltung, drei pneumatisch betriebene Bewegungen und eine Schweißanlage mit Zange, Trafo und Steuerung aufweist. Die vorhandene Dokumentation soll lediglich den Impulsplan und das Technologieschem umfassen.

Im folgenden Kapitel wollen wir nun anhand der vorliegenden Unterlagen den Programmaufbau planen.

14. Verknüpfungssteuerung der Zweipunkt-Schweißvorrichtung

In der ersten Folge dieser Artikelserie wurde darauf hingewiesen, daß die SPS-Technik die Parallelarbeit an Hardware und Software einer Automatisierungsaufgabe ermöglicht.

Voraussetzung ist hierfür, daß die Schnittstellen zwischen Maschine und SPS geplant sind. Diese Aufgabe werden wir zunächst erledigen, bevor dann mit der eigentlichen Programmentwicklung begonnen werden kann.

Schnittstelle zwischen Anlage und SPS

Die Zweipunkt-Schweißvorrichtung umfaßt zunächst die folgenden SPS-Eingabesignale:

- die Endschalter für die Bewegung 1 (Einschwenken), Bewegung 2 (Verschieben), Bewegung 3 (Klammern): SE1R und SE1V, SE2R und SE2V, SE3R und SE3V
- die Teilkontrolle ST, die die Anwesenheit der beiden Bleche meldet
- die Fertigmeldung FK der Schweißsteuerung

Die hier verwendeten Bezeichnungen sind z.T. in Anlehnung an die DIN 40719 Teil 2: „Kennzeichnung von elektrischen Betriebsmitteln“ gewählt. Das Kürzel SE1V bedeutet hier: Endschalter/Grenz-taster (SE) der Bewegung Nr. 1 in der Anlage, vordere Endlage (V).

An SPS-Ausgaben sind mindestens notwendig:

- die Vor-/Rückansteuerungen der drei Pneumatikzylinder Einschwenken, Verschieben, Klammern: YP1R und YP1V, YP2R und YP2V, YP3R und YP3V
- das Starten der Schweißsteuerung SCHW
- das Rücksetzkommando RFK an die Schweißsteuerung, um die Fertigmeldung nach einer Schweißung abzuschalten

Das Kürzel YP1V steht beispielsweise für Magnetventil pneumatisch (YP), Bewegung 1, Vorwärtsrichtung. Andere Bezeichnungen wurden hier der besseren Lesbarkeit wegen vorgesehen (SCHW für Schweißen, RFK für Rücksetzen FK). In einer echten Maschine würden zusätzlich noch Signalleuchten angesteuert, die bestimmte Situationen der Anlage zeigen.

Mit diesen Festlegungen ist eine Minimalanzahl der E/A-Signale der SPS bestimmt. Diesen Signalen werden nun absolute E/A-Adressen der SPS zugeordnet, und die Programmentwicklung kann parallel zum Schaltschranksaufbau beginnen.

Die weitere Arbeit kann man folgendermaßen gliedern:

- Aufbau der Betriebsartenvorwahl, der Ein-/Ausschaltung sowie der Notaus-Einrichtungen
- Planung der maschinellen Sicherheiten, d.h. der Schutzmaßnahmen gegen eine Zerstörung der Maschine durch fehlerhafte Ansteuerung der Funktionen
- Planung der Verknüpfungen zur Realisierung des automatischen Ablaufs anhand des Impulsplanes
- Umsetzung der Planungsergebnisse in Programmlogik
- Programmübertragung in die SPS

- Inbetriebnahme und Test der gesamten Anlage

Um den Rahmen dieses Artikels nicht zu sprengen, wird das erste Teilthema hier nicht näher behandelt. Insbesondere die Notaus-Einrichtungen wären ein umfassendes eigenes Thema (Realisierung außerhalb der SPS, sofortiges Anhalten aller Bewegungen im Notaus-Fall, Wiederanlauf-sperre bei Entriegelung einer Notaus-Einrichtung, Drahtbruchsicherheit, Erdschlußsicherheit,...). Als weiterführende Lektüre hierzu ist besonders [4] empfohlen.

Zur Vereinfachung wird für unsere Zweipunkt-Schweißvorrichtung angenommen, daß neben der Notaus-Einrichtung auch die Ein-/Ausschaltung und die Betriebsartenvorwahl der Maschine völlig außerhalb der SPS realisiert sind. Lediglich ein Sammel-signal EIN ist vorgesehen (die o.g. Eingaben-Liste ist entsprechend zu ergänzen), das unter den folgenden Voraussetzungen High-Zustand aufweist:

- der Notaus-Kreis ist geschlossen, d.h. kein Notschalter betätigt
- die Anlage wurde eingeschaltet
- die Betriebsart Automatik ist gewählt
- der Start der Anlage ist betätigt, d.h. die Anlage soll automatisch ablaufen

Planung der maschinellen Sicherheiten

Bei i.d.R. sehr teuren automatisierten Maschinen ist es natürlich sinnvoll, eine Beschädigung der Einrichtungen durch Anlagenfehler zu verhindern. Bestandteil eines SPS-Programmes sind daher immer entsprechende Logikverriegelungen. Um die entsprechenden Forderungen umzusetzen, müssen entsprechende Kontakte in die Ansteuerungen der Ausgaben hinein-programmiert werden.

Für unsere Anlage gilt:

- Bei nicht geöffneter Schweißzange (Bewegung 3: „Klammern“ nicht in rückwärtiger Endlage) darf keine der beiden anderen Bewegungen ausgelöst werden, um eine mechanische Beschädigung zu verhindern

SE3R	YP1V		Einschwenk-Bewegung
....-[]-.....-()	+		nur bei geöffneter
			Zange

- Ein Schweißvorgang darf nur gestartet werden, wenn tatsächlich auch Bleche zwischen den Schweißelektroden liegen.

ST	SCHW		Start der Schweiß-
....-[]-.....-()	+		steuerung nur bei
			vorhandenem Teil

- Die Ansteuerung einer Bewegung muß unterbrochen werden, wenn die zugehörige Endlage erreicht ist.

SE2V	YP2V	Abschalten
....—[]—.....	—()—+	bei Erreichen der Endlage

- Die beiden Bewegungsrichtungen einer Bewegung müssen gegenseitig verriegelt sein, damit nicht gleichzeitig das Vorwärts- und das Rückwärtsventil eines Pneumatikzylinders betätigt werden.

YP1R	YP1V	Verriegelung der gegenläufigen Richtungen
....-[]-.....	-()-+	

Planung der Verknüpfungen zur Realisierung des automatischen Ablaufs

Durch die bisherigen Festlegungen sind wir dem automatischen Ablauf noch nicht näher gekommen. Erinnern wir uns: die

Verknüpfungssteuerungen sind stellgliedorientiert aufgebaut. Die weitere Arbeit muß daher nun aus den Festlegungen des Impulsplanes die Verknüpfungen für die einzelnen SPS-Ausgaben ableiten, d.h. bestimmen, wann sie einzuschalten sind.

Ein besonderes Problem stellt hierbei die Tatsache dar, daß ein bestimmter Teilablauf doppelt durchgeführt werden muß, nämlich das Schließen der Schweißzange (YP3V), das anschließende Schweißen (SCHW mit FK/RFK) und das Öffnen der Schweißzange (YP3R). Zur Unterscheidung der Teilabläufe werden Merker (Taktkontrollen TK1, TK2, TK) eingeführt, die jeweils den Fortschritt des Prozesses speichern: TK1 den Abschluß der ersten Schweißung, TK2 den der zweiten Schweißung, TK den Abschluß des Gesamtablaufes. (Das letzte Signal könnte gleichzeitig dazu genutzt werden, dem Maschinenbediener einen abgeschlossenen Maschinentakt anzuzeigen.) Diese speichernden Signale werden bei Entnahme des fertigen Teils rückgesetzt. Der Impulsplan wird

entsprechend ergänzt (Bild 35).

Voraussetzung für alle Abläufe ist das Vorliegen des o.g. Signals EIN, das daher in alle Netzwerke als Schließer eingefügt und in den folgenden Einschaltbedingungen nicht weiter aufgeführt wird.

Nun können die noch fehlenden Verknüpfungen für die einzelnen SPS-Ausgaben anhand des Impulsplanes (siehe dort) formuliert werden. Am Beispiel der ersten Ausgabe soll dies genauer erläutert werden.

Bewegung	Ausgabe	Einschalt- bedingungen
Einschwenken	Vor YP1V	ST UND NICHT TK1

Das Einschwenken (YP1V) ist die erste Bewegung im automatischen Ablauf, nachdem die Bleche eingelegt wurden. Das Schalten von ST ist daher der Auslöser von YP1V. Die Bedingung NICHT TK1 verhindert ein Problem zum Ende des Maschinenablaufs. Dann erfolgt nämlich das Rück-

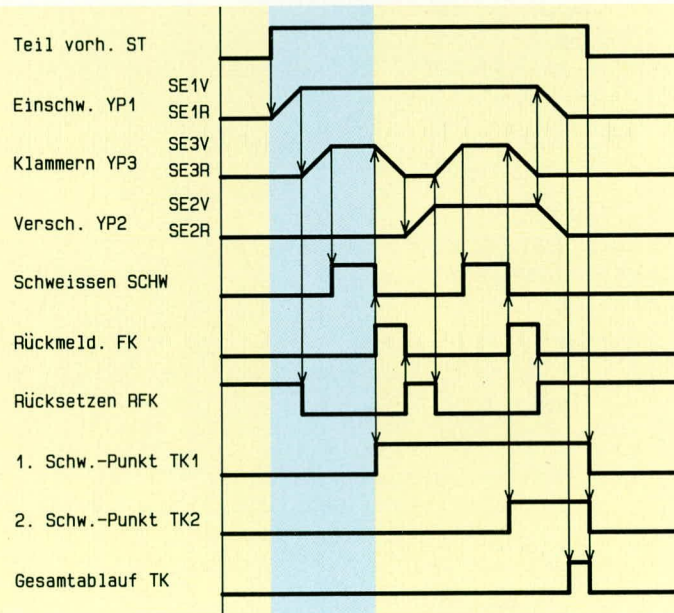
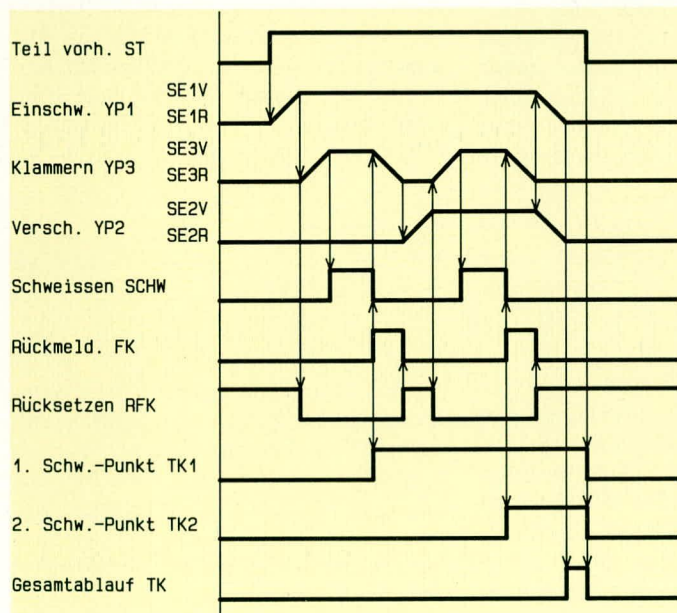


Bild 35:
Um Takt-
kontrollen
ergänzter
Impulsplan

Tabelle 9: Einschaltbedingungen für die Stellglieder der Zweipunkt-Schweißvorrichtung

Bewegung	Ausgabe	Einschaltbedingungen
Einschw. Rück	YP1R	SE3R UND TK2
Verschieben Vor	YP2V	SE3R UND TK1 UND NICHT TK2
Verschieben Rück	YP2R	SE3R UND TK2
Klammern Vor	YP3V	(SE1V UND NICHT TK1) ODER (SE2V UND NICHT TK2)
Klammern Rück	YP3R	(SE2R UND TK1) ODER (SE2V UND TK2)
Schweißen	SCHW	SE3V UND NICHT FK
Rücksetzen FK	RFK	SE3R
Taktkontr. 1	TK1	FK (Selbsthaltung!)
Taktkontr. 2	TK2	SE2V UND FK (Selbsthaltung!)
Taktkontr. Ges.	TK	SE1R UND SE2R UND TK2 (Selbsthaltung!)

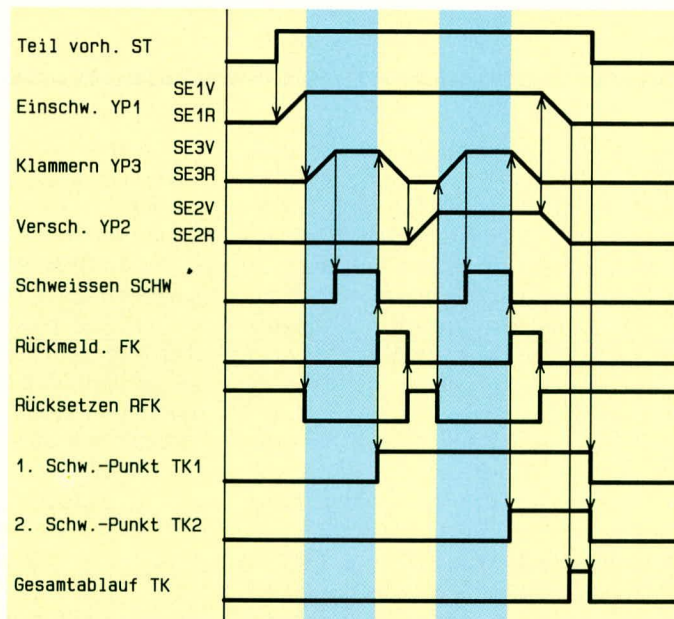
Bild 36: Gültigkeitsbereich der Einschaltbedingung ST UND NICHT TK1

schwenken (YP1R). Ohne die Bedingung NICHT TK1 wäre allein mit ST die Voraussetzung noch gegeben, den Zylinder mit YP1V wieder vorwärts zu bewegen. Die Bewegung würde laufend hin- und hergesteuert, es sei denn wir verhindern das durch NICHT TK 1.

In Bild 36 ist im Impulsplan der Bereich hinterlegt, in dem die Bedingung ST & NICHT TK1 gilt.

Die weiteren Einschaltbedingungen werden in gleicher Weise erarbeitet, indem man die im Impulsplan folgende Aktion auf ihre Voraussetzungen untersucht und

Bild 37:
Gültigkeits-
bereich der
Einschalt-
bedingungen
für „Klammern
Vor“ (YP3V)



**Tabelle 10: Netzwerke für die
Zweipunkt-Schweißsteuerung**

EIN ST TK1 SE3R SE1V YP1R YP1V +—[]—[]—[]—[]—[]—[]—()—+ ----- ----- Einschalten Verriegelungen	Einschw. Vor
EIN SE3R TK2 SE1R YP1V YP1R +—[]—[]—[]—[]—[]—[]—()—+	Einschw. Rück
EIN SE3R TK1 TK2 SE2V YP2R YP2V +—[]—[]—[]—[]—[]—[]—()—+	Versch. Vor
EIN SE3R TK2 SE2R YP2V YP2R +—[]—[]—[]—[]—[]—[]—()—+	Versch. Rück
EIN SE1V TK1 SE3V YP3R YP3V +—[]—[]—[]—[]—[]—[]—()—+ SE2V TK2 +—[]—[]—+	Klamm. Vor
EIN SE2R TK1 SE3V YP3R YP3V +—[]—[]—[]—[]—[]—[]—()—+ SE2V TK2 +—[]—[]—+	Klamm. Rück
EIN SE3V FK ST SCHW +—[]—[]—[]—[]—()—+	Schweißen
EIN SE3R RFK +—[]—[]—()—+	Rücks. FK
EIN FK TK1 +—[]—[]—+—()—+ TK1 ST +—[]—[]—+ Selbsthaltung!	Taktk. 1
EIN SE2V FK TK2 +—[]—[]—[]—+—()—+ TK2 ST +—[]—[]—+	Taktk. 2
EIN SE1R SE2R TK2 TK +—[]—[]—[]—[]—+—()—+ TK ST +—[]—[]—+	Taktk. Ges.

daraus die entsprechenden Verknüpfungen ableitet. Sie sind in der folgenden Tabelle 9 aufgeführt.

Die Gültigkeit dieser Einschaltbedingungen können Sie wiederum überprüfen, indem Sie im Impulsplan für jede Bedingung den entspre-

EIN AUTO ST TK1 SE3R SE1V YP1R YP1V +—[]—+—[]—[]—[]—[]—[]—[]—()—+ HAND SL1V +—[]—[]—+	Einschw. Vor
--	--------------

chenden Bereich schraffieren, in dem die zugehörige Verknüpfung den Wert Wahr ergibt. Als ergänzendes Beispiel ist hierzu die Ausgabe „Klammern Vor“ in Bild 37 gezeigt.

Setzt man die oben beschriebenen Einschaltbedingungen mit den genannten Verriegelungsbedingungen zusammen, dann erhält man die folgenden Netzwerke (Tabelle 10): Auf den ersten Blick ist nicht ersichtlich, daß die hier aufgebaute Logik zu dem gewünschten automatischen Ablauf

führt. Tatsächlich aber wird als erste Bewegung das Einschwenken durchgeführt, wenn die Anlage sich zunächst in ihrer Grundstellung befindet (alle Bewegungen in R-Lage, alle Taktkontrollen rückgesetzt) und ein Blech eingelegt wird. Die weiteren Aktionen schließen sich wie geplant an, da wir sozusagen zeitscheibenweise den Impulsplan in Einschaltbedingungen für die SPS-Ausgaben umgesetzt haben.

Andere Betriebsarten

In dieser einfachen Automatisierungsaufgabe haben wir uns ausschließlich auf die Realisierung des Automatik-Ablaufes konzentriert. In der Praxis ist zusätzlich mindestens auch noch ein Handbetrieb (Tippbetrieb) vorzusehen, d.h. bei Anwahl der entsprechenden Betriebsart kann der Bediener über einen Taster für jede Bewegungsrichtung (z.B. Leuchttaster SL1V für die Bewegung YP1V) die zugehörige Ausgabe einschalten. Auch hier müssen jedoch die Sicherheitsverriegelungen wirksam sein (z.B. SE3R, SE1V und YP1R bei der Vorwärtsbewegung YP1V). Für die SPS-Logik bedeutet dies, daß für jede Ausgabe ein zusätzlicher Parallelpfad programmiert werden muß. Das folgende Netzwerk zeigt dieses Vorgehen am Beispiel YP1V:

Die anderen Netzwerke werden entsprechend ergänzt. Damit ist unsere Zweipunkt-Schweißvorrichtung minimal-automatisiert lauffähig (Verschönerungen wie Betriebsanzeigen etc. müßten ggf. ergänzt werden).

Ausblick

In der nächsten Folge werden wir uns mit der Inbetriebnahme und dem Test der von uns automatisierten Anlage beschäftigen. In diesem Zusammenhang sollen auch einige Prinzipien automatisierter Fehlerdiagnosen behandelt werden, die im Störfall dem Bediener einer großen Fertigungsanlage Hinweise auf den Störort geben.

Literaturhinweise:

- [1] Berger, H.: „Automatisieren mit SIMATIC S5-115U“, Berlin, München: Siemens AG, 1991
- [2] Krätzig, J.: „Speicherprogrammierbare Steuerungen verstehen und anwenden“, Hanser-Verlag, München, Wien, 1992
- [3] Grötsch, E.: „SPS - speicherprogrammierbare Steuerungen vom Relaisersatz zum CIM-Verbund“, Oldenbourg-Verlag, München, Wien, 1989
- [4] Wellenreuther, G., Zastrow, D.: „Steuerungstechnik mit SPS“, Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1991