

Steuerübungen

Schritt für Schritt in die pneumatische Steuerungstechnik



Zusammenstellung

von

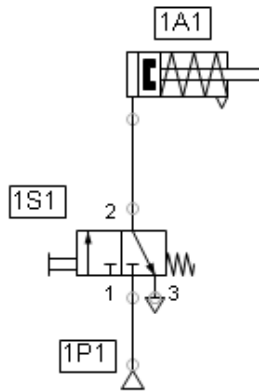
Harald Gorbach

STÜ1.1

Direktes Ansteuern von Pneumatik-Zylindern



Einfachwirkender Zylinder



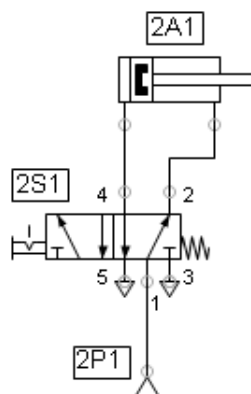
Er wird in der Regel mit einem handbetätigten **3/2-Wegeventil** (hier mit Bezeichner 1S1) angesteuert.

1S1 ist ein „federrückgestelltes Ventil, das heißt hier ist das Signalglied ein mechanisches _____-Ventil.

Bei der **direkten** Ansteuerung ist das **Signalglied** gleichzeitig das **Stellglied**.



Doppeltwirkender Zylinder



Er wird in der Regel mit einem handbetätigten **5/2-Wegeventil** (hier mit Bezeichner 2S1) angesteuert. Die mechanische Betätigung besitzt eine „Raste“, das heißt hier wird mit einem _____-Ventil gearbeitet.

Auch hier ist das **Signalglied** gleichzeitig das **Stellglied**.

In der Praxis sind der direkten Ansteuerung Grenzen gesetzt, weil die Schlauchanschlüsse für die Zylinder nicht beliebig groß sein können.

Wenn größere Zylinder notwendig werden, braucht es einen Erweiterungsschritt.

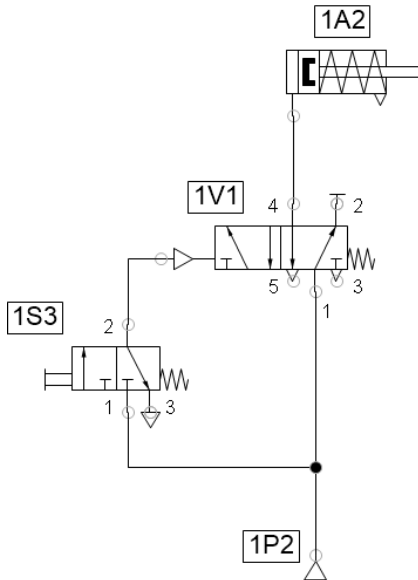
STÜ1.2

Indirektes Ansteuern von Pneumatik-Zylindern



Einfachwirkender Zylinder

Er wird könnte noch immer mit einem



3/2-Wegeventil angesteuert werden, was auf Grund der Anschlussdimensionen aber praktisch nicht mehr geht.

Das 5/2-Wegeventil (hier mit Bezeichner 1V1) muss für den Anschluss des einfachwirkenden Zylinders mit einem _____ am Anschluss 2 versehen werden.

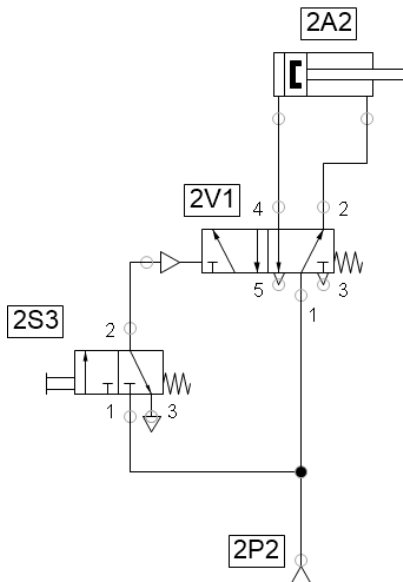
In der Steuerung werden die Aufgaben der Ventile nun auch separat bezeichnet:

Steuerglied	1S3
Stellglied	1V1

Das bringt den Vorteil, dass alle Signalglieder den gleichen Ventiltyp / -Wegeventil haben.



Doppeltwirkender Zylinder

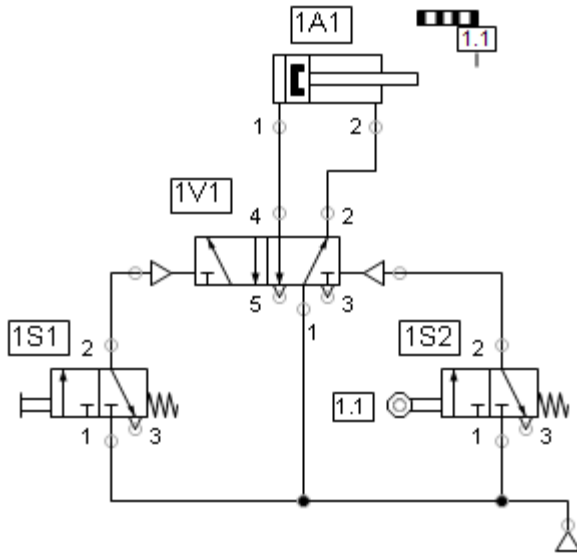


Steuerglied	2S3
Stellglied	2V1

STÜ1.4

Wegabhängige Steuerung

Wenn wir die Rückstelltaste **1S2** durch ein **Rollenhebelventil** ersetzen, und die Rolle so positionieren, dass der bewegte Zylinder selbst das Rückstellsignal durch drücken auf **1S2** gibt, fährt der Zylinder nach dem eingestellten Weg selbsttätig wieder zurück.

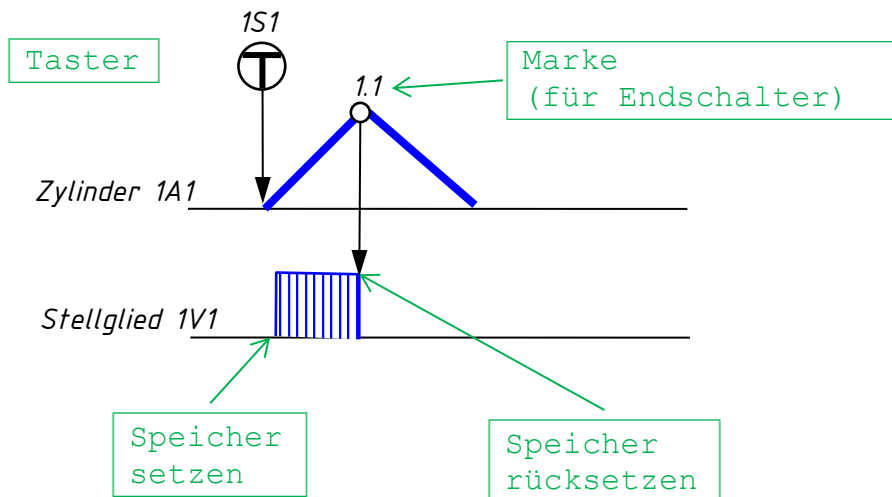


Die Position des ausgefahrenen Zylinders ist die „Endposition“. So wird aus **1S2** ein Endschalter.

Für die Endschalter des Zylinders werden hier Positionsmarken (wie Wegmarken) eingeführt.

Positionsmarke **1.1** markiert den ausgefahrenen Zylinder.

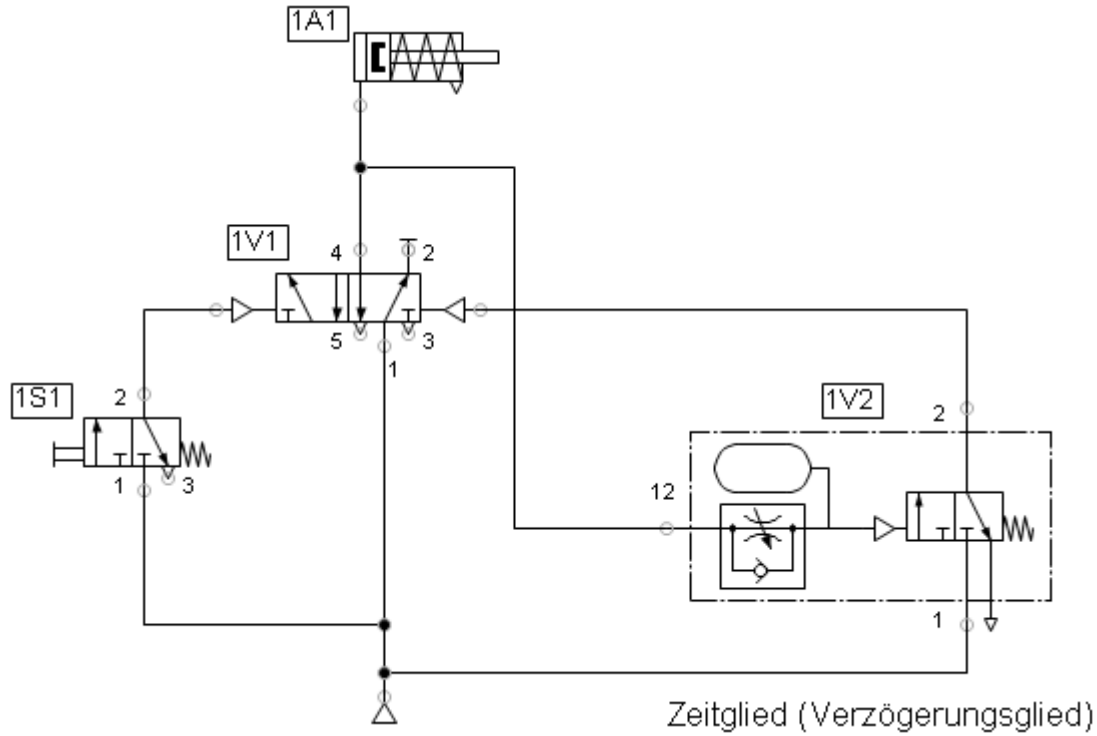
Im **Ablaufdiagramm** wird die Marke durch einen Kreis dargestellt:



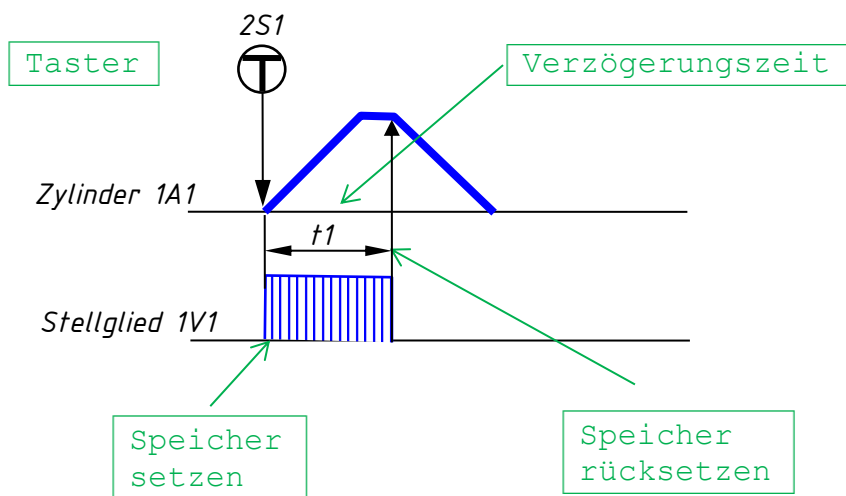
STÜ1.5

Zeitabhängige Steuerung

Eine zeitabhängige Rückstellung des Speichers **1V1** kann problematisch werden, wenn sich zum Beispiel die Arbeitsverhältnisse des Zylinders ändern. Ebenfalls können sich Druckschwankungen auswirken.

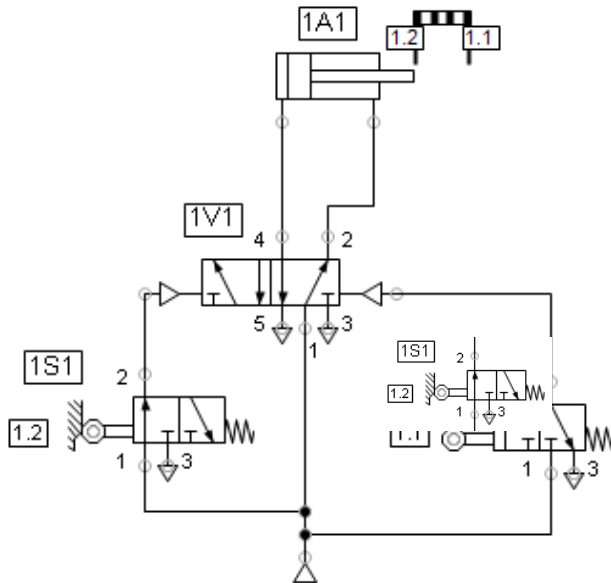


Im **Ablaufdiagramm** wird die Verzögerungszeit dargestellt.



STÜ1.6

Der automatisierte Zylinder

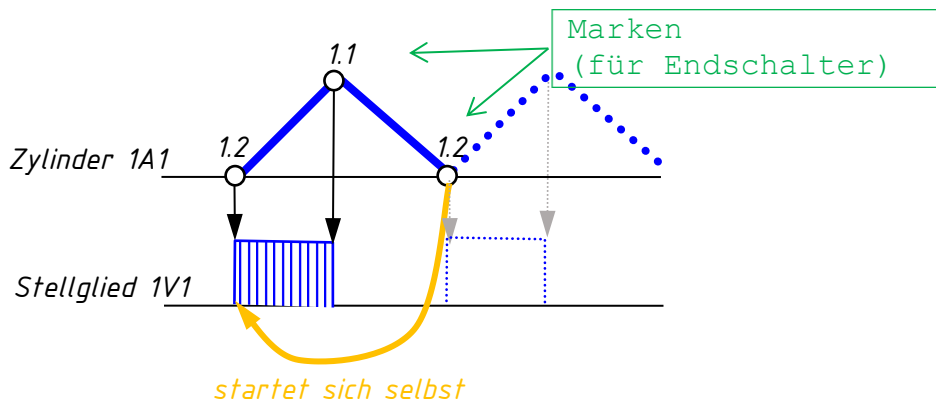


Die Startposition des Zylinders wird nun mit dem Rollenhebelventil 1S1, also dem Endschalter mit der Startmarke 1.2 signalisiert. Die Endposition kennen wir noch aus dem vorigen Beispiel.

1.2 ist im Einschalt Augenblick bereits **betätigt**, was

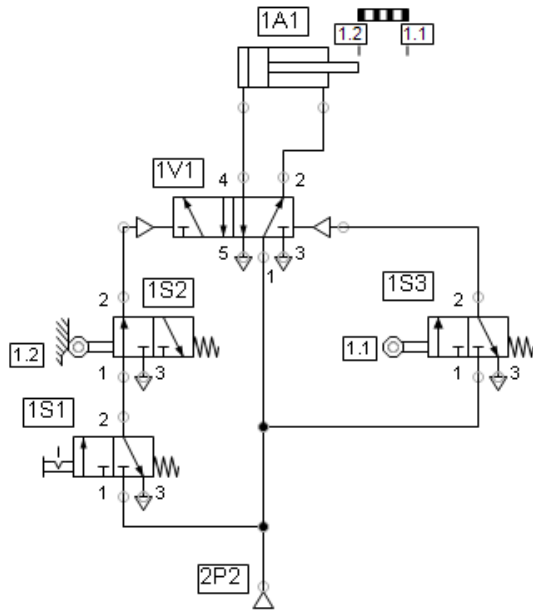
- a) durch die Schraffur und
- b) durch die Ventilstellung im Plan gezeigt wird.

Wenn die Steuerung unter Druck steht, beginnt jetzt der Zylinder automatisch sich selbst zu starten.



STÜ1.7

Verknüpfungssteuerung



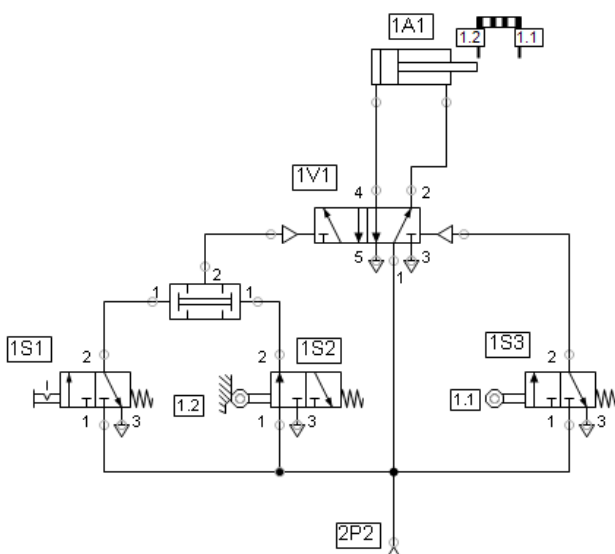
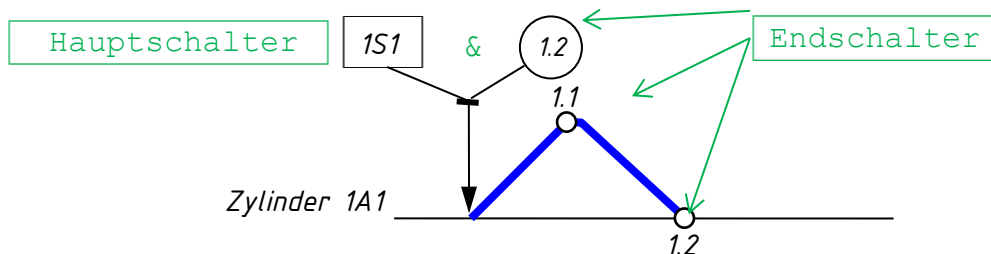
Damit der Zylinder nicht einfach sich selbst überlassen bleibt wird eine zusätzliche Startbedingung hinzu verknüpft.

Damit der Speicher **1V1** gesetzt wird, brauchen wir nun Startsignal der Signalgeber **1S1** und **1S3**.

Die Verkettung von Signalgliedern, wie sie hier einfach durch Hintereinanderschaltung der Signalgeber geschieht, hat einen gravierenden Nachteil. Jeder Signalgeber stellt auch gleichzeitig einen Verlustwiderstand des Steuersignales dar. Das heißt je länger die Kette, desto kleiner (schlechter) wird das Steuersignal.

Dieses Problem wird durch die Verwendung von Logikblöcken umschifft. So bekommt jeder Signalgeber die volle Netzenergie, egal welcher Technologie, ob Druck oder Spannung oder...

Die Verknüpfung der Signale wird im **Ablaufdiagramm** sichtbar gemacht:



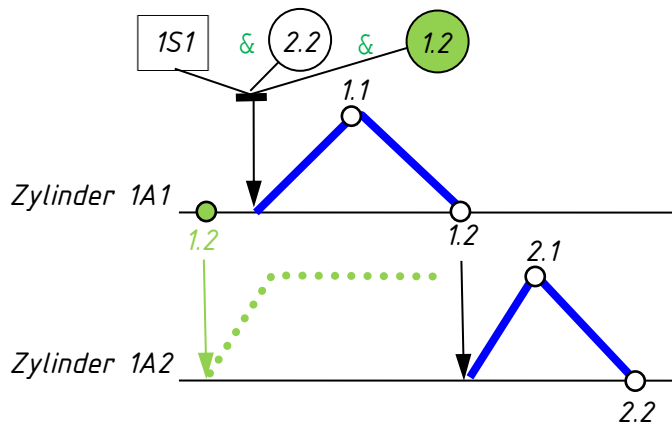
Die „**Logische Und-Verknüpfung**“ heißt in der Pneumatik „Zweidruckventil“.

Nur wenn beide Eingänge **1** & **1** Druck haben, hat der Ausgang **2** Druck.

In der Zeichnung links ist die Ventilbezeichnung für das Zweidruckventil **1V2**.



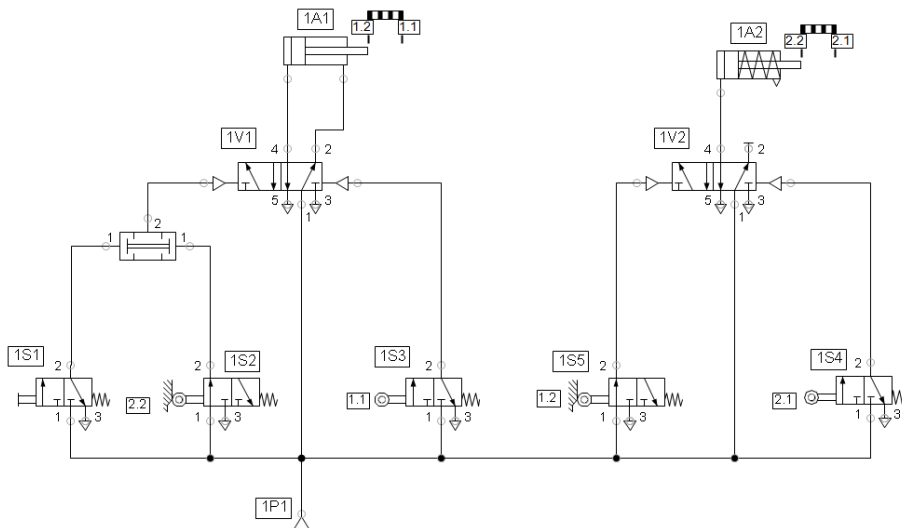
Signalüberschneidung einfach



Betrachten wir folgende Bewegungsabfolge der Zylinder (Ablaufdiagramm Bild links):

Zuerst soll **1A1** ausfahren und dann wieder zurück-, anschließend soll **2A1** ausfahren und dann wieder zurück.

Das ergibt folgende zusammenhängende Steuerung:



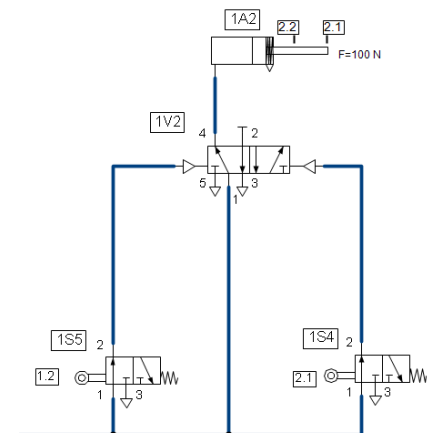
Die Signalfolge ist hier:

1S1 und **1.2** und 2.2 → **1A1+** → 1.1 → **1A1-** → **1.2** → **1A2+** → 2.1 → **1A2-**

Die notwendige Verknüpfung der Signale führt hier dazu, dass sofort nach dem Einschalten der Steuerung der Zylinder **1A2** losfährt, obwohl zunächst **1A1** starten sollte. Die Überschneidung ergibt sich durch den Endschalter **1S5** (1.2 Bild rechts). **1S5** ist zum **Startzeitpunkt** schon betätigt, was in der Signalfolge nicht augenscheinlich wird, weil seine Verknüpfung erst weiter hinten aufscheint. Durch den „Fehlstart“ von **1.2** → **1A2+** geht aber die Startbedingung **1S2** auf (2.2) verloren, und das ganze „Werkel“ steht.

Abhilfe:

Das Startsignal für den Zylinder **1A2** darf erst kommen, wenn der Zylinder **1A2** den Endschalter **1S5** beim **Zurückfahren** betätigt. Dieses Signal muss also dementsprechend „geformt“ werden. Dazu gibt es die Kipprollenschalter.



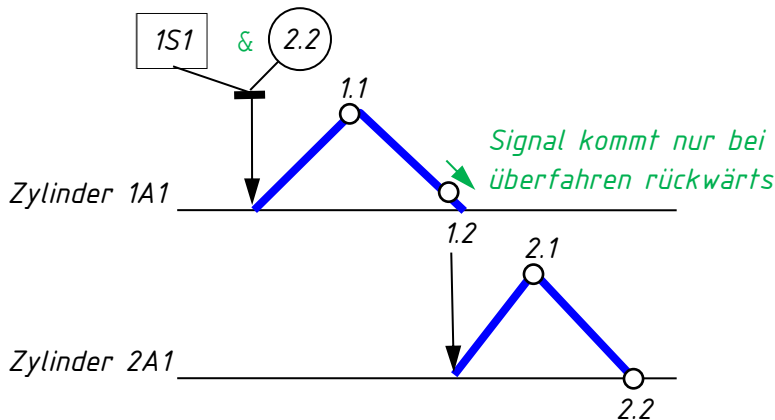
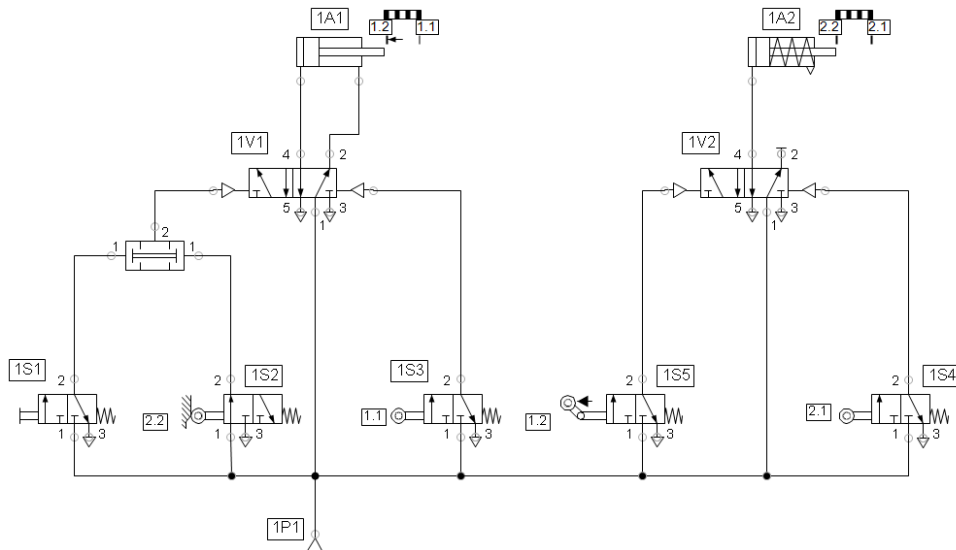
(Später werden wir die „**Signalflanke**“ als „**Signalformung**“ kennenlernen.)



Kipprolle als Signalgeber (Flanke)

Wird für **1S5** also ein **Kipphebelventil** verwendet und richtig eingestellt, kommt das Signal für den Start von **1A2** genau zur richtigen Zeit, und der Bewegungsablauf ist genau richtig.

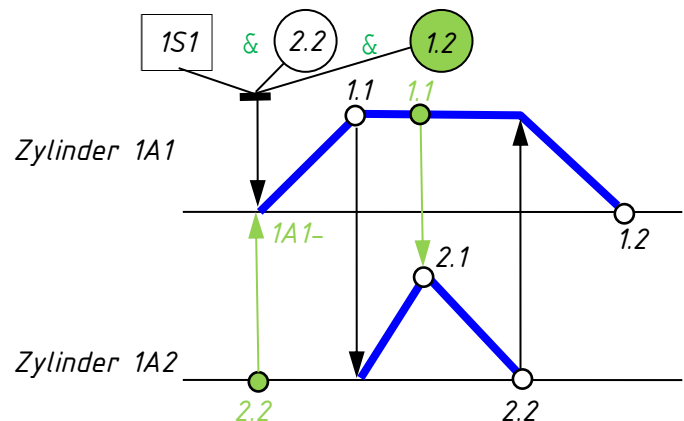
Überschneidungsfreie Lösung:



Signalüberschneidung doppelt

Nun haben wir eine andere Bewegungsabfolge der Zylinder:

1S1 und 1.2 und **2.2** → **1A1+** → **1.1** → **1A2+** → **2.1** → **1A2-** → **2.2** → **1A1-**



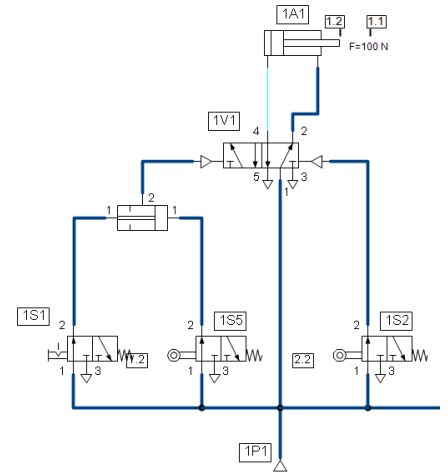
Die Signalfolge ergibt eigentlich folgende pneumatische Lösung:

Überschneidung 1:

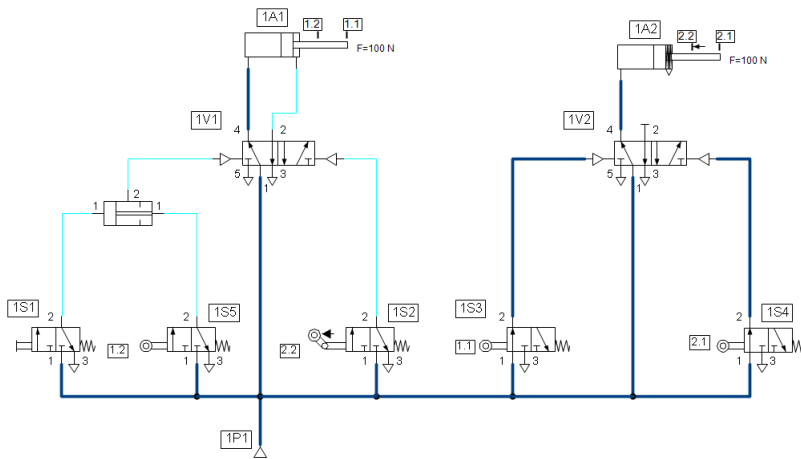
Nach dem Einschalten zeigt sich, dass der Zylinder **1A1** zurückgesteuert wird, obwohl er noch nicht gestartet ist. Er wird auch nicht starten, weil das Startsignal nicht gegen das Rückstellsignal von **1S2** (also der Marke 2.2) „gewinnen“ kann.

Das Rückstellsignal von **1S2** darf erst kommen, wenn der Zylinder den Endschalter beim Zurückfahren betätigt. Dieses Signal muss also auch dementsprechend „geformt“ werden, wie wir schon oben gelesen haben.

Dazu gibt es bekanntermaßen in der Pneumatik die „mechanische (bewegungsrichtungsabhängige) Signalformung“ – das Kipprollenventil. Der Endschalter **1S2** muss in diesem Fall durch eine Kipprolle in Rückwärtsrichtung ersetzt werden.



Überschneidung 2:



Nach dem Einbau Kipprolle von **1S2** startet nun der Zylinder **1A1** „plangemäß“ und in Folge des Signales der Marke 1.1 auch der Zylinder 1A2.

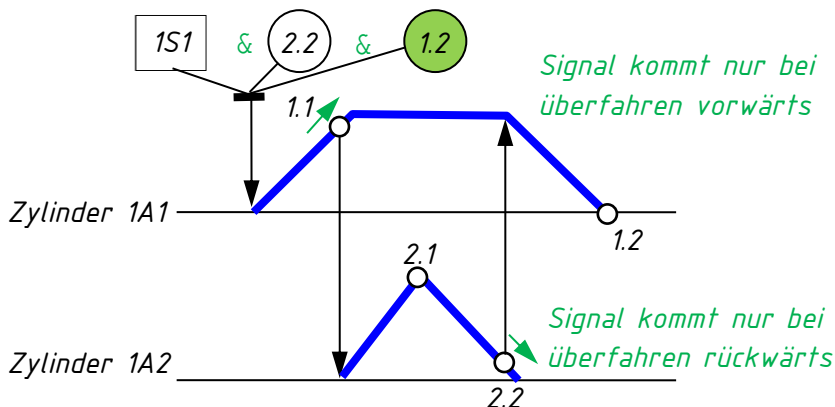
Das Rückstellsignal von **1S4**, welches nun den Zylinder **1A2** wieder „nach Hause schicken würde“ ist aber ohne Wirkung, weil das Stellsignal der Marke 1.1 dagegen hält.

Der Zylinder **1A1** geht ja erst nach dem Zylinder **1A2** wieder „nach Hause“.

Die Lösung ist also eine weitere Kipprolle für **1S3** (Marke 1.1).



2 Kipprollen als Signalgeber (Flanke)



Die Kipprollen müssen richtig eingestellt werden.

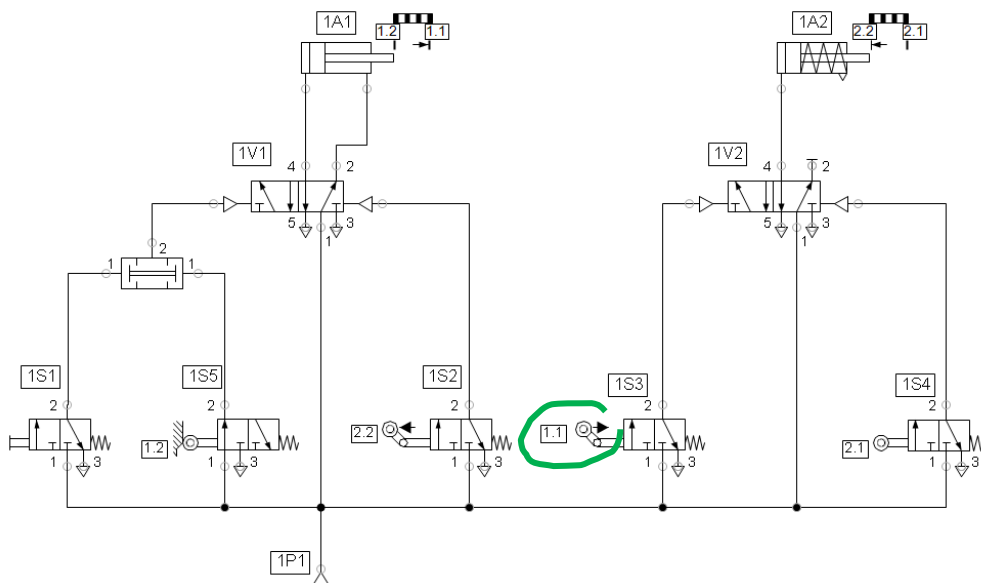
In der Praxis braucht es immer ein wenig Reserveweg, damit sie praktisch leicht überfahren werden können.

Nur wenn sie in entsprechenden Endstellung der

Zylinder kein Signal abgeben, kann eine Signalüberschneidung vermieden werden. Das ist ein **großer Nachteil** der **mechanischen Impulsformung**.



vollständige pneumatische Lösung



Zusammenfassung und Ausblick

Die bisher gezeigten Zusammenhänge bei verschiedenen Signalfolgen aufgrund unterschiedlicher zeitlicher Bewegungsabläufe von Zylindern, die wegabhängig gesteuert werden sollen, kann unabhängig von der verwendeten Energieform für eine Steuerung geltend gemacht werden.

Es ist unerheblich ob es sich um eine pneumatische, hydraulische, elektrische oder elektronische Steuerung handelt. Die Signalfolge von den Endschaltern oder Sensoren bleibt immer dieselbe.

Der nächste Abschnitt beschäftigt sich nun mit elektrischen Steuerungen. Zunächst werden über die Grundbegriffe alle Lösungen direkt transformiert. Schließlich werden Variationen im Sinne einer Weiterentwicklung gezeigt, die helfen können, moderne Lösungen aufzuzeigen, ohne dann im Speziellen Technologiespezifische Lösungen zu verwenden.

Wer neue Lösungswege sucht, sollte alte Fehler vermeiden. In dem Sinne sollte diese Sammlung verstanden werden.

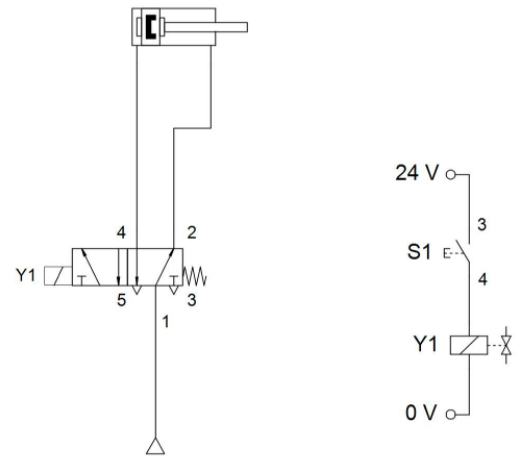
STÜ1.9 Elektropneumatik Grundlagen



Ansteuerung des doppelwirkenden Zylinders

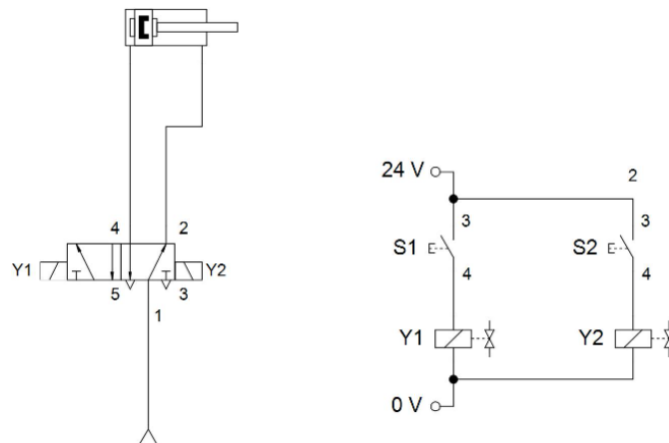
Die Ansteuerung erfolgt mit dem federrückgestellten Elektromagnetventil. Die Spule ist für 24V DC.

Achtung: die Stromart ist unbedingt zu beachten!

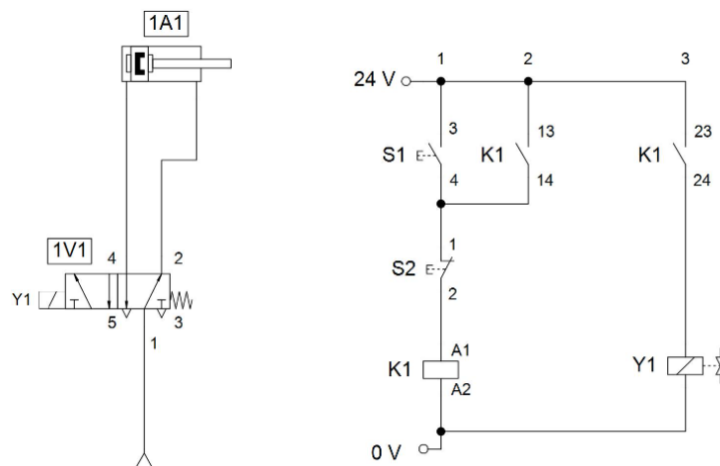


Speichernde Ansteuerung

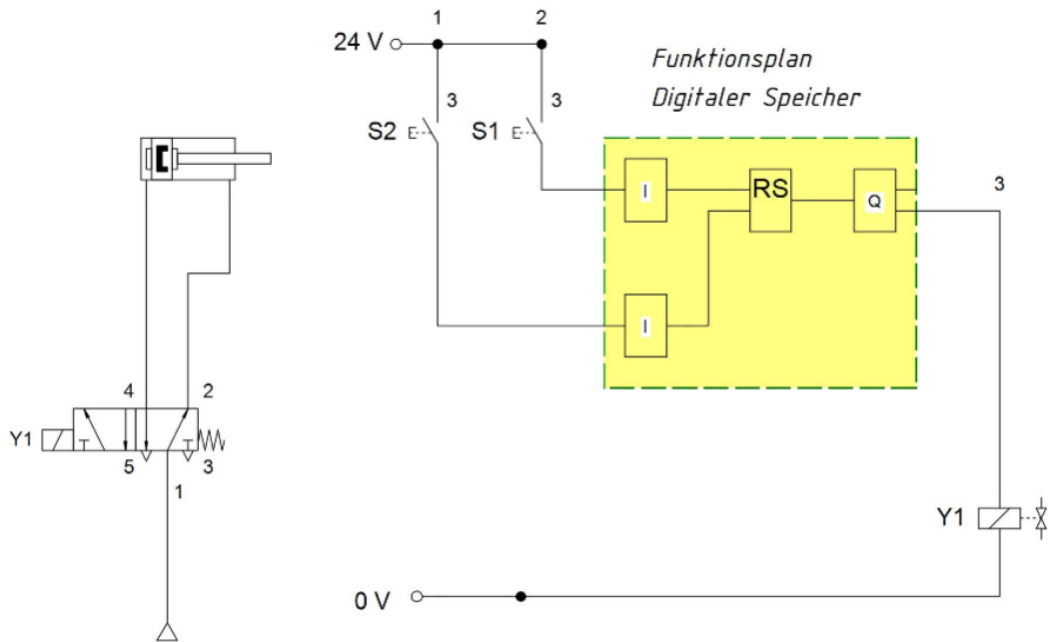
a) Pneumatischer Speicher (Magnetimpulsventil)



b) elektrischer Speicher (Selbshalteschaltung)

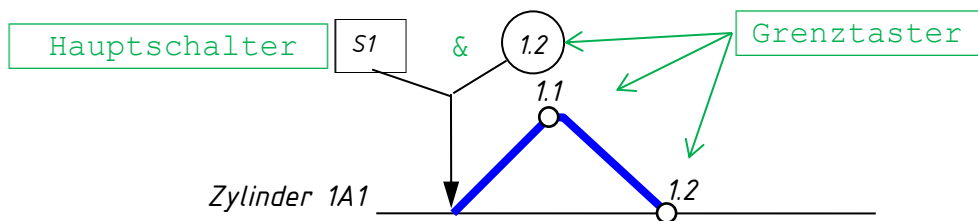


c) elektronischer Speicher (RS-Glied)

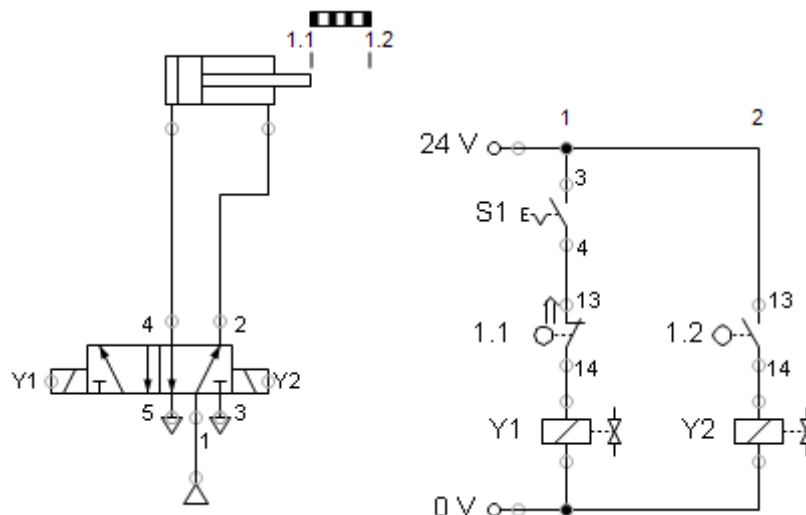


wegabhängige Steuerung mit el. Grenztastern

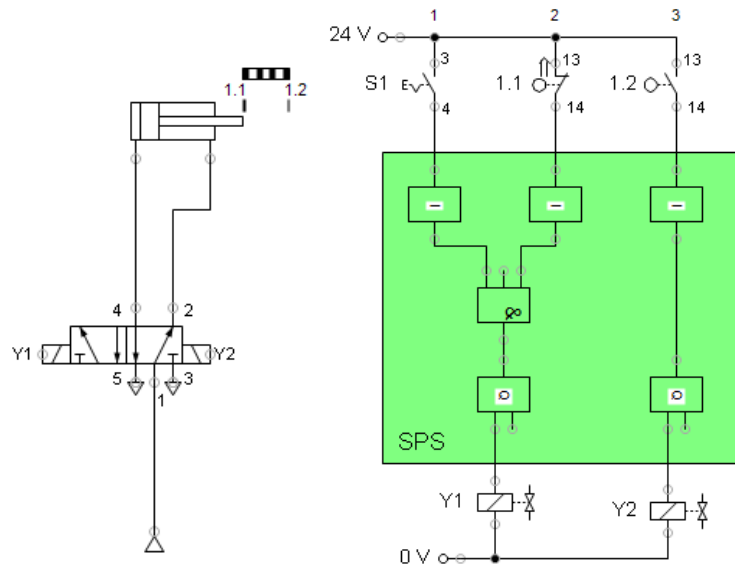
Die Steuerungsaufgabe des Automatisierten Zylinders mit Hilfe der Elektrik gelöst, zeigt einen wesentlich übersichtlicheren Schaltplan. Die Positionen des Zylinders werden mit Grenztastern abgefragt. Die UND-Verknüpfung wird in der Elektrik als Reihenschaltung von Starttaste S1 und Grenztaster 1.1 ausgeführt.



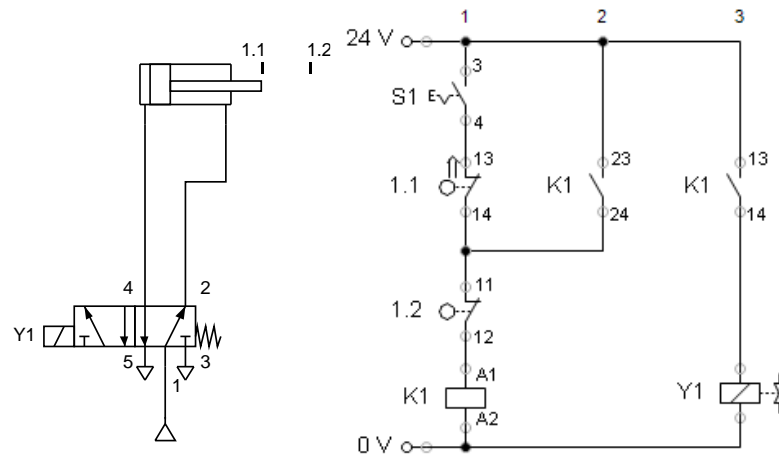
a) Pneumatischer Speicher (Magnetimpulsventil)



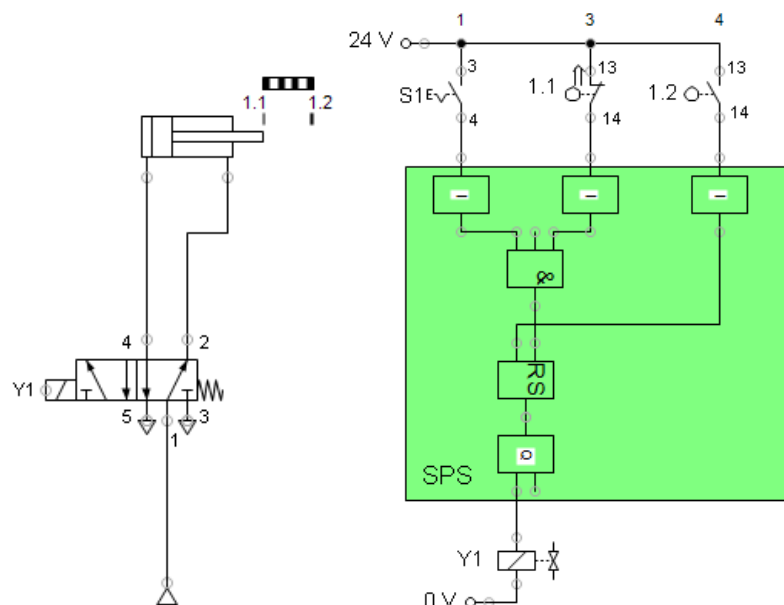
b) Undverknüpfung (Logik) als programmierte Steuerung



c) Elektrischer Speicher (Selbthalteschaltung)



d) Elektronischer Speicher (digitales Speicherglied)

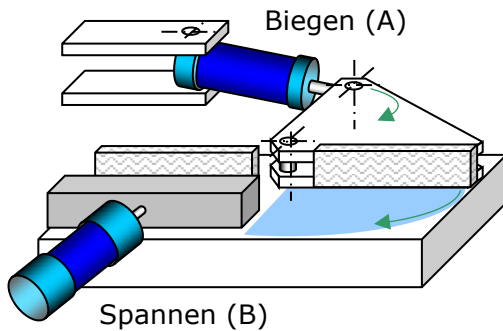


STÜ1.10

Steuerungsaufgaben mit Technologiewechsel

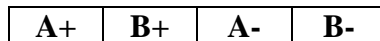
Biegevorrichtung pneumatisch

a) Funktionsbeschreibung:

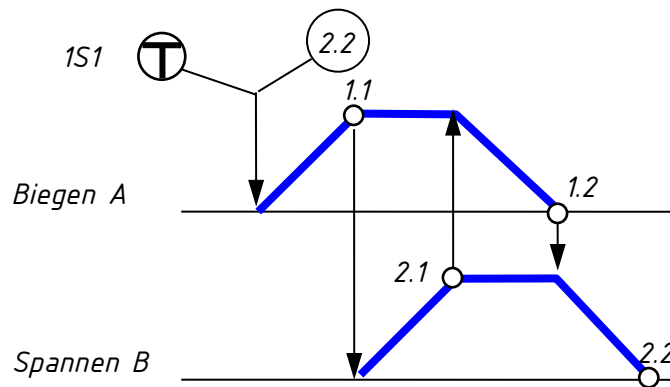


Nach einem Startsignal soll der Spannzylinder A ausfahren und das Werkstück halten. Wenn A vollständig ausgefahren ist, soll in Folge der Biegezyylinder B ausfahren und das Werkstück wird gebogen. Ist B vollständig ausgefahren zuerst A in seine Grundstellung zurück. Erreicht A die Grundposition, kann anschließend auch B wieder öffnen.

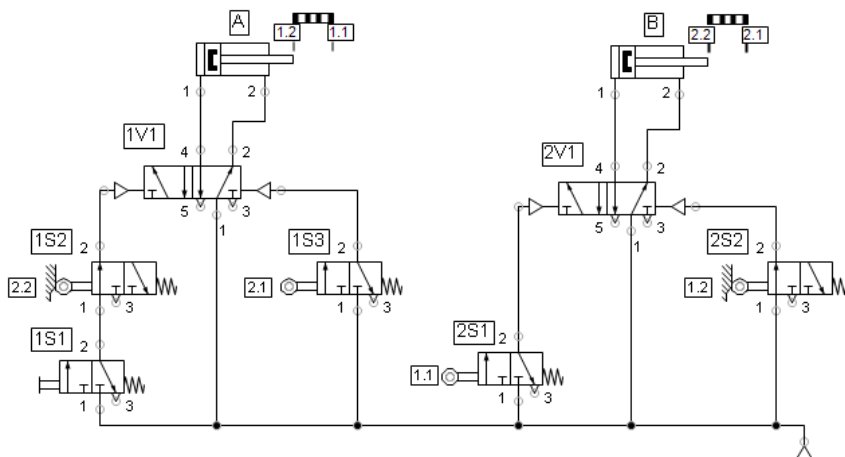
b) Bewegungsfolge



c) Weg-Schritt-Diagramm

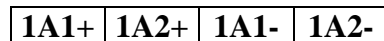


d) Pneumatische Steuerung

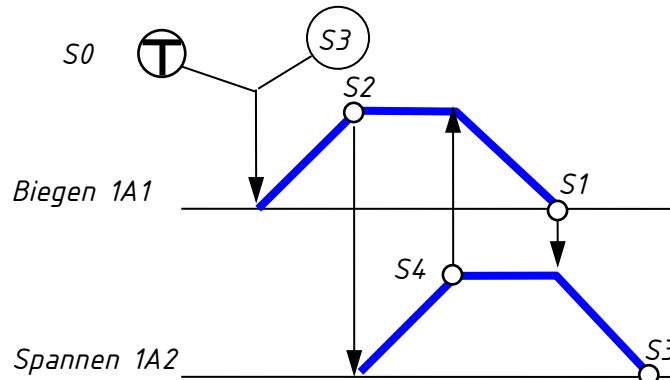


Biegevorrichtung elektro-pneumatisch (V1)

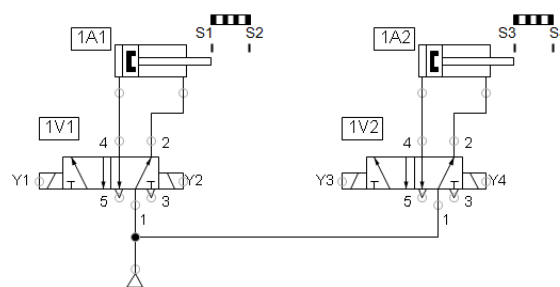
a) Bewegungsfolge



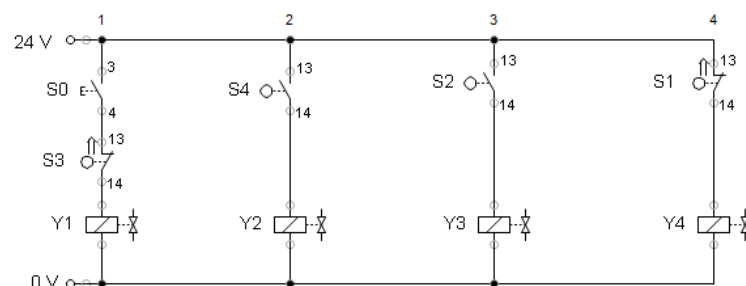
b) Weg-Schritt-Diagramm



c) Pneumatischer Steuerungsteil



d) Elektrischer Steuerungsteil

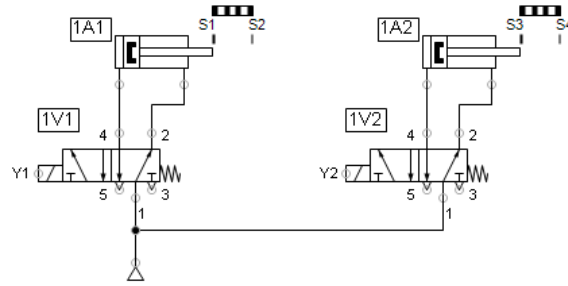


Wenn der Signalspeicher mit elektropneumatischen Speicherelementen realisiert wird, lässt sich die Signalfolge einfach in einzelnen Strompfaden verfolgen.

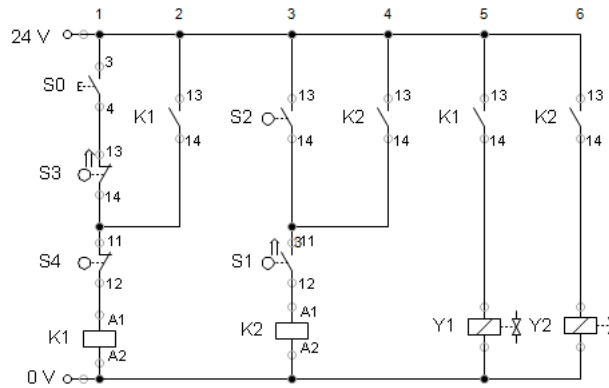
Biegevorrichtung elektro-pneumatisch (V2)

Die Signalspeicherung soll die „Elektrik“ übernehmen. Die Signalfolge ändert sich naturgegeben nicht. Statt der magnetisch betätigten Impulsventile werden jetzt also federrückgestellte Magnetventile verwendet.

a) Pneumatischer Steuerungsteil



b) Elektrischer Steuerungsteil



Wenn die Signalspeicher elektrisch realisiert werden, kommt die Selbsthalteschaltung zu neuen Ehren. Dafür brauchen wir aber Relais.

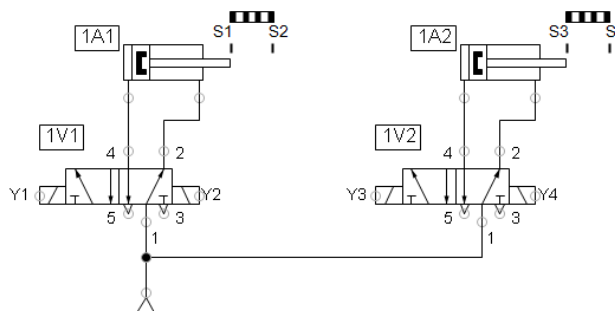
Biegevorrichtung elektro-pneumatisch (V3)

Die Signalverknüpfung im Strompfad 1 kann auch über einen elektrischen Logikbaustein oder einfacher softwaremäßig durch eine SPS erfolgen. Die Programmiersprache ist direkt der Funktionsplan (FUP).

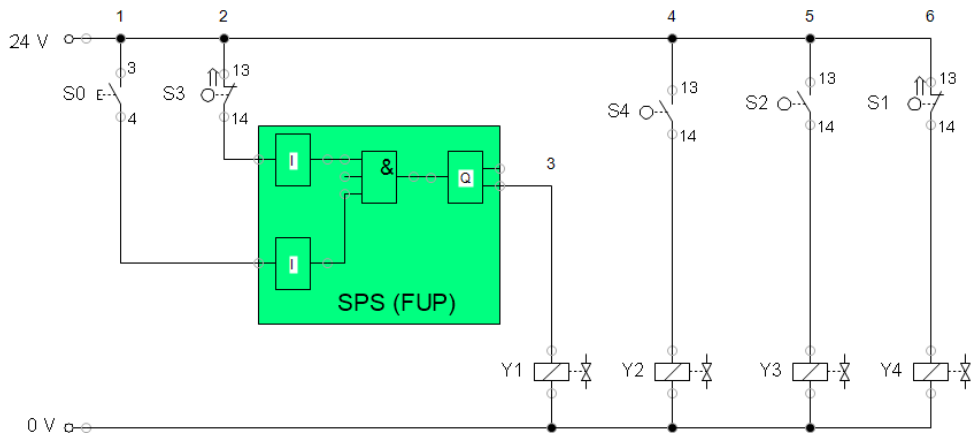
Die einfachste Realisierung ist wieder die mit den pneumatischen Speichergliedern.

Die Signalfolge ist nun schon bekannt.

a) Pneumatischer Steuerungsteil



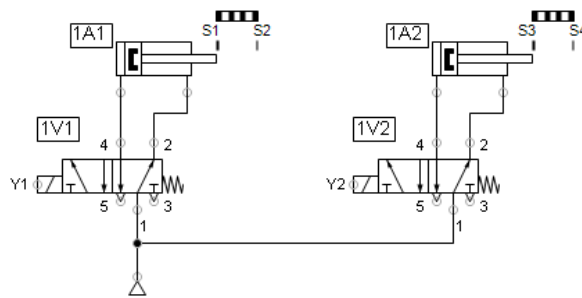
c) elektrischer Steuerungsteil



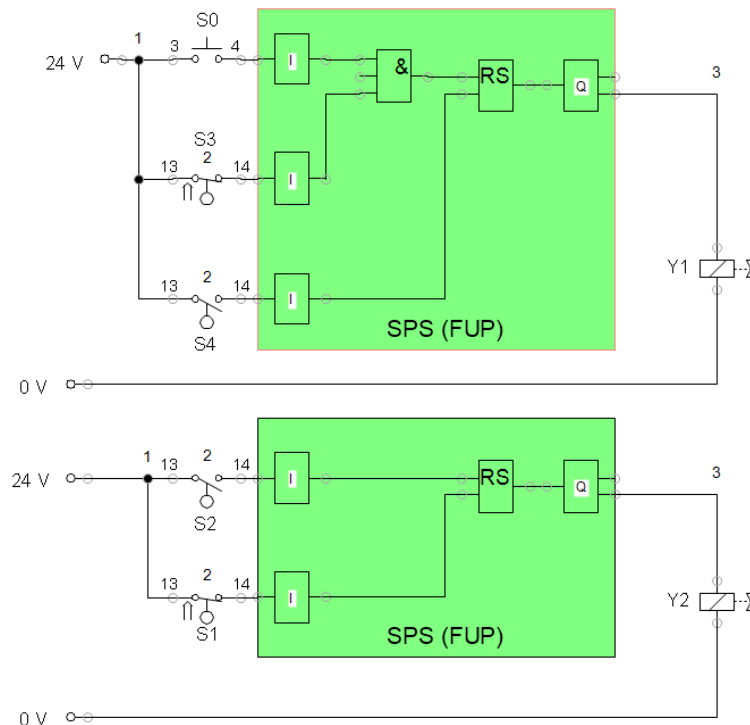
 **Biegevorrichtung elektro-pneumatisch (V4)**

Softwaresteuerungen vereinfachen den Schaltungsaufwand sowohl in der Pneumatik wie in der Elektrik. Besonders wenn man auch die Signalspeicherung der Software überlässt:

a) Pneumatischer Steuerungsteil

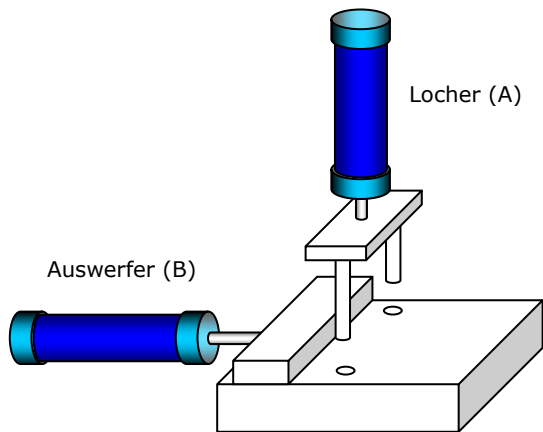


b) elektrischer Steuerungsteil



Locher

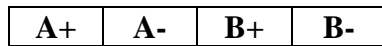
a) Funktionsbeschreibung



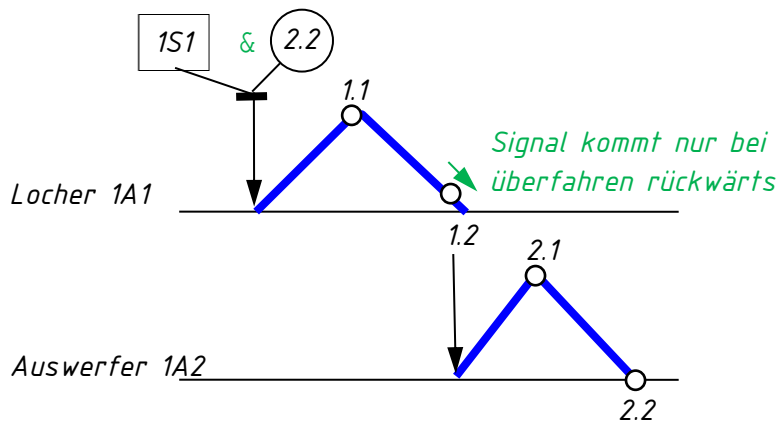
Nach einem Startsignal fährt zunächst der Locher (Zylinder A) aus und wieder zurück. In Folge kann der Papierstapel hinausgeschoben werden.

Das erledigt der Auswerfer (Zylinder B) der macht ebenfalls einen vollständigen Vor- und Rückwärtshub.

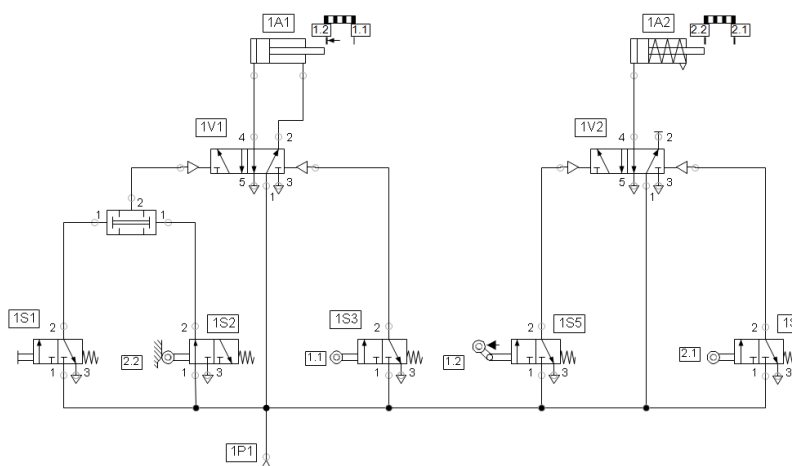
b) Bewegungsfolge



c) Weg-Schritt-Diagramm



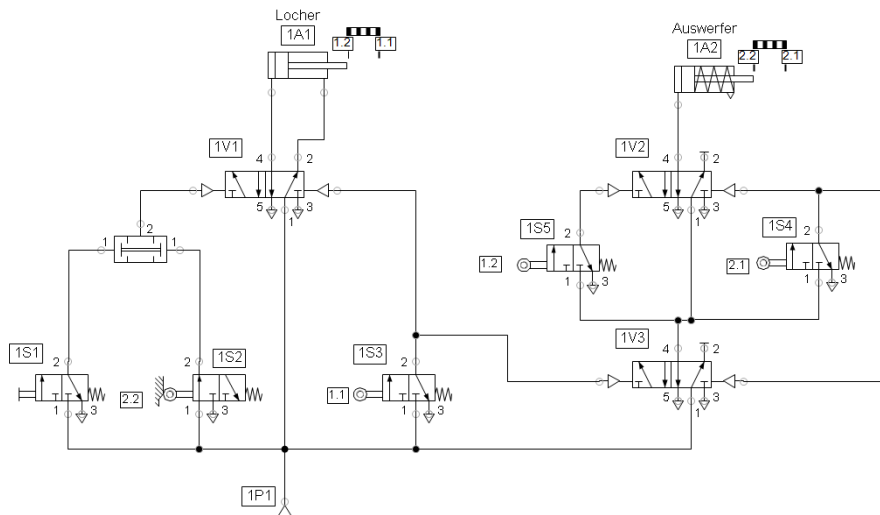
d) Pneumatische Steuerung mit Kipprolle



Bei elektrischen Steuerungen gibt es keine Kipprollen.

Es gibt aber noch andere Lösungen, um eine Signalüberschneidung zu vermeiden. Wenn man beispielsweise den Ablauf unterteilt.

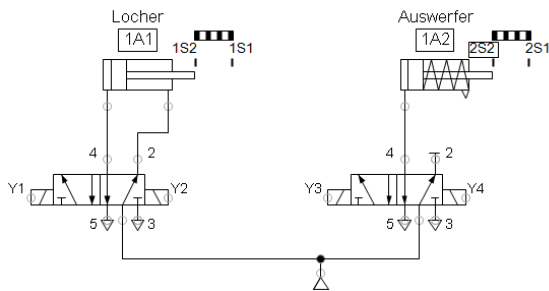
e) Pneumatische Steuerung mit Zwischenspeicher (Stranglösung)



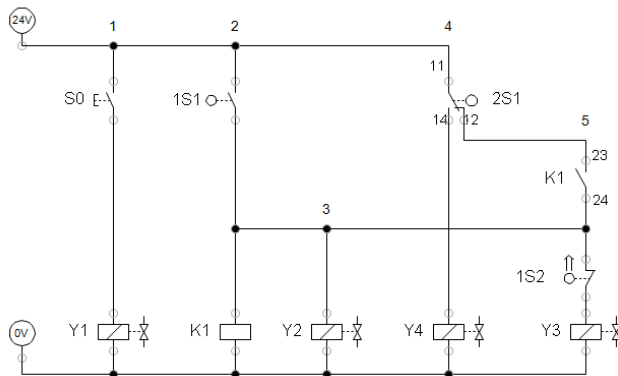
Bei der Stranglösung kann der Auswerfer erst angesteuert werden, wenn der Locher mit dem Strangventil 1V3 mit Druckluft versorgt wird, also quasi steuerfähig wird.

Bei pneumatischen Steuerungen ist ja die Steuer- und die Arbeitsenergie dieselbe („Steuerluft + Arbeitsluft“).

Wie sieht die Stranglösung elektropneumatisch aus?

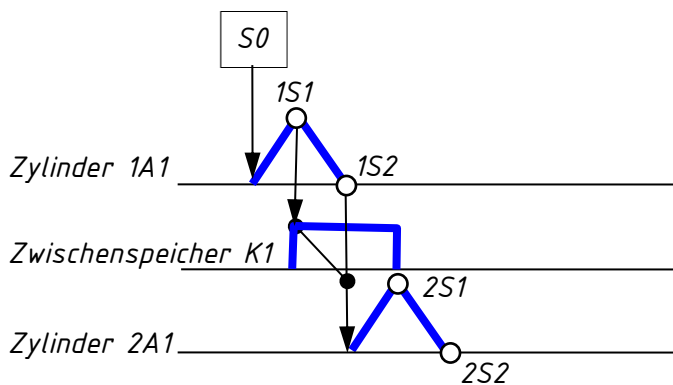


Aus den Stellventilen 1V1 und 1V2 werden wieder elektrische betätigte Ventile.



Das Umschalten von Strang 1 auf Strang 2, also das Trennen des Startsignals für den zweiten Zylinder (Auswerfer) abhängig von Endschalter 1S2 nachdem der Locher seine Bewegung abgeschlossen hat, läuft jetzt über den Hilfsspeicher K1.

K1 und 1S2 leiten den zweiten Teil ein. Der Auswerfer wird im zweiten Strang gesteuert.



Der Schwachpunkt dieser einfachen Lösung liegt darin, dass der Endschalter 2S2 als Umschalter von Strang 1 nach 2 fungiert. Das ist in der Praxis eine unsichere Lösung. Was ist wenn diese dreipolige Leitung von „Extern“ manipuliert wird.

Steuersignale sollten möglichst einfach und klar, also besser einpolig sein.

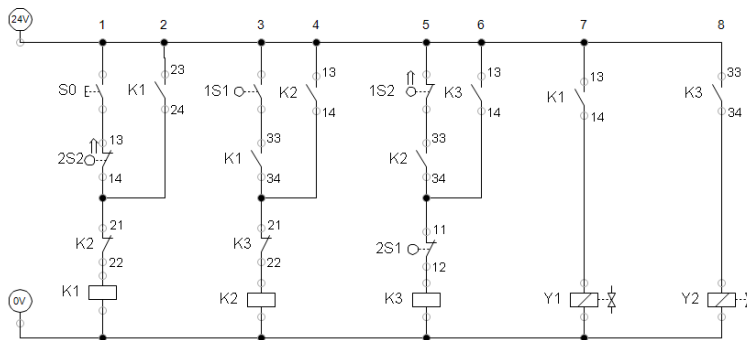
c) Steuerung über eine Schrittkette

Eine klare Struktur in Bewegungsabläufe kann am Einfachsten über Schrittfolgen realisiert werden.

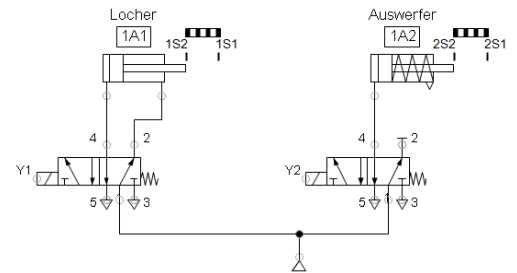
A+	A-	B+	B-
Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3	Schritt 4

Dabei ist jeder Schritt als Speicher eines Abschnittes der Bewegungsfolge gemacht. Schritt 4 ist letztlich nur das Rückstellsignal für den Auswerfer.

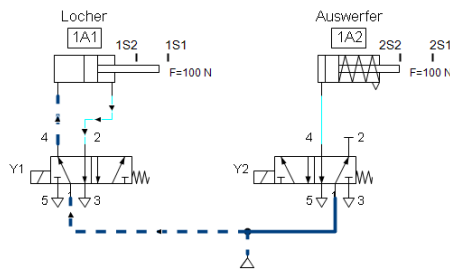
Realisiert man die Steuerung mit klassischen Relais, sieht die Steuerung folgendermaßen aus. K1 ist der Speicher für den Schritt 1 u.s.w.:



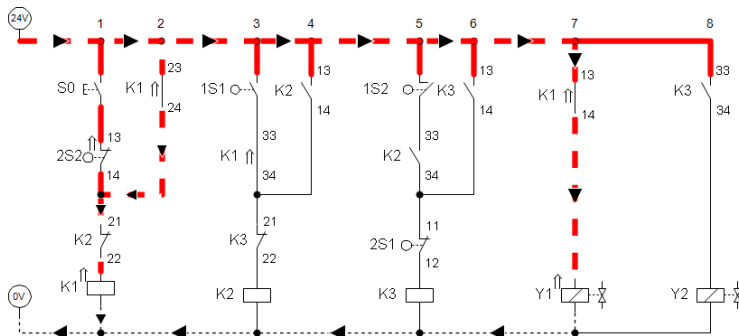
Weil der Signalspeicher in der Elektrik verbaut ist (Selbthalteschaltung = Speicher) kann auf Magnetimpulsventile verzichtet werden. Dadurch wird der Verdrahtungsaufwand kleiner:

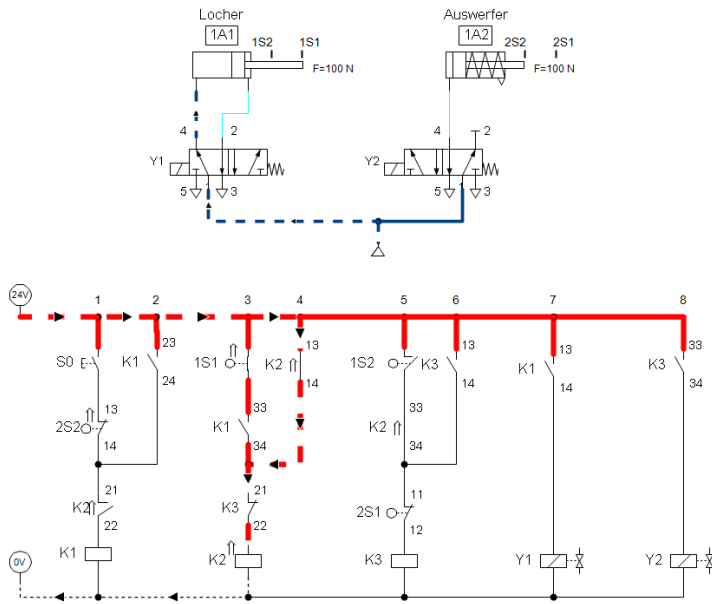


Die Schritte einzeln betrachtet:

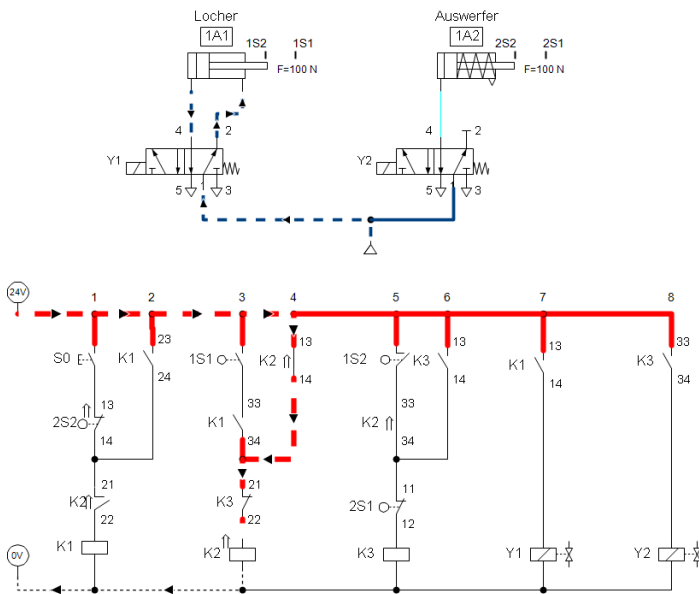


1. S0 setzt den Speicher K1 und damit startet der Locher 1A1 (Strompfad 7 – Ventil Y1).

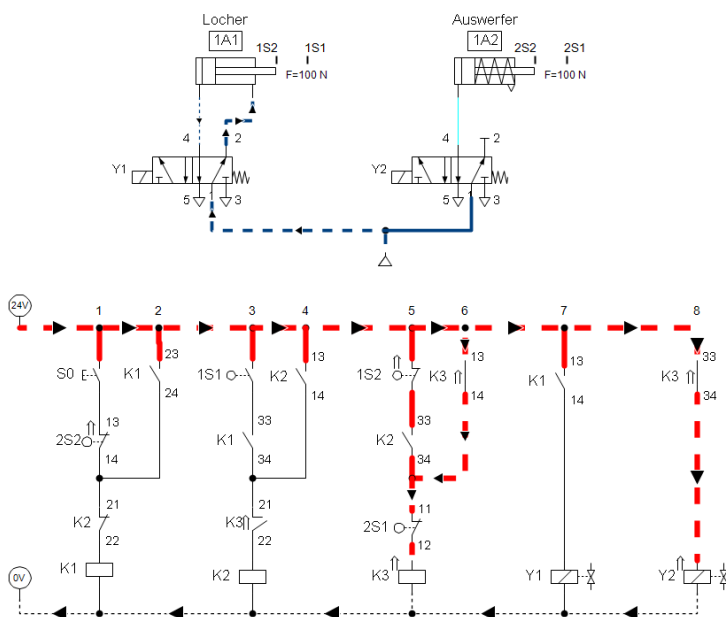




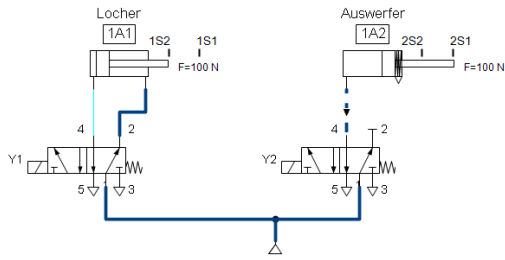
2. Der Locher ist auf Endposition 1S1 gefahren. Damit schaltet er den Speicher K2 ein und den Speicher K1 aus. Y1 fällt ab und der Locher fährt zurück.



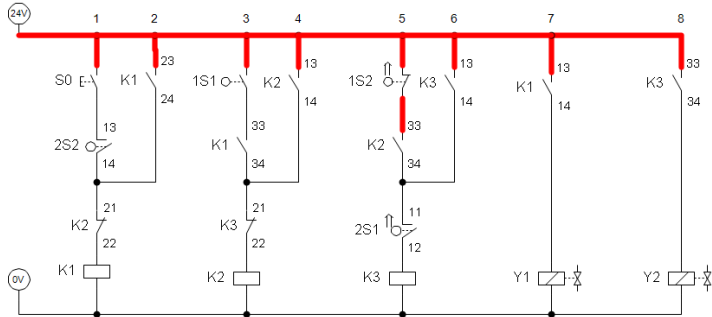
3. Wenn der Locher am Ende der Rückfahrt 1S2 erreicht und K2 schon geschlossen hat, wird K3 anziehen und K2 abfallen.



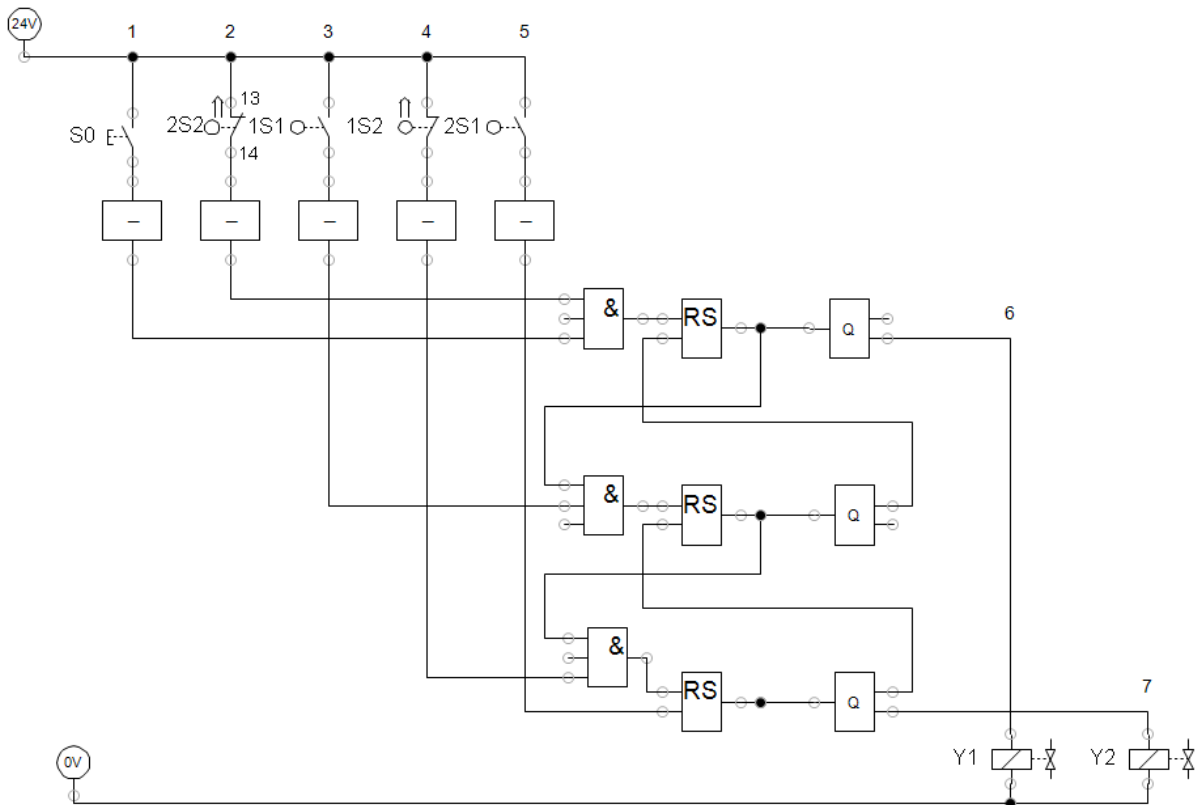
Mit K3 startet nun der Auswerfer.



4. Wenn der Auswerfer auf 2S1 kommt, fällt K3 ab und die federrückstellung sorgt automatisch für die Retourfahrt von 1A2. Der Ablauf kann von neuem gestartet werden.

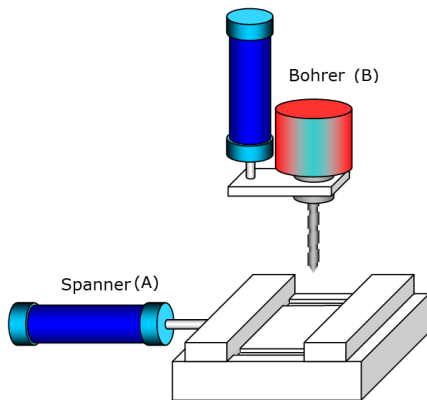


Die Schrittkette lässt sich leicht in andere „Programmiersprachen „ übertragen. Dazu hier die digitale Variante mit logischen Bausteinen oder sogenannten Logikgliedern:



 **Bohrer**

a) Funktionsbeschreibung



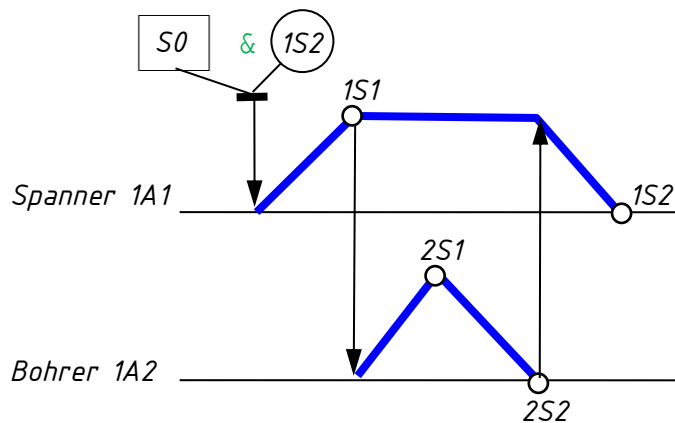
Nach dem Startsignal soll der Spanner ausfahren und das Werkstück halten.
Ist der Spannzylinder vollständig ausgefahren, soll der Bohrer losfahren.
Wenn der Bohrer ausgefahren ist, fährt er selbständig zurück.

Ist der Bohrer in Grundstellung zurück, kann der Spanner den Teil lösen, also zurückfahren (vgl. Überschneidung doppelt).

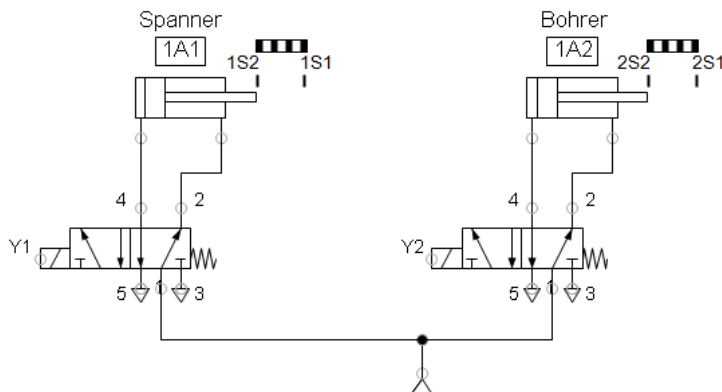
b) Bewegungsfolge



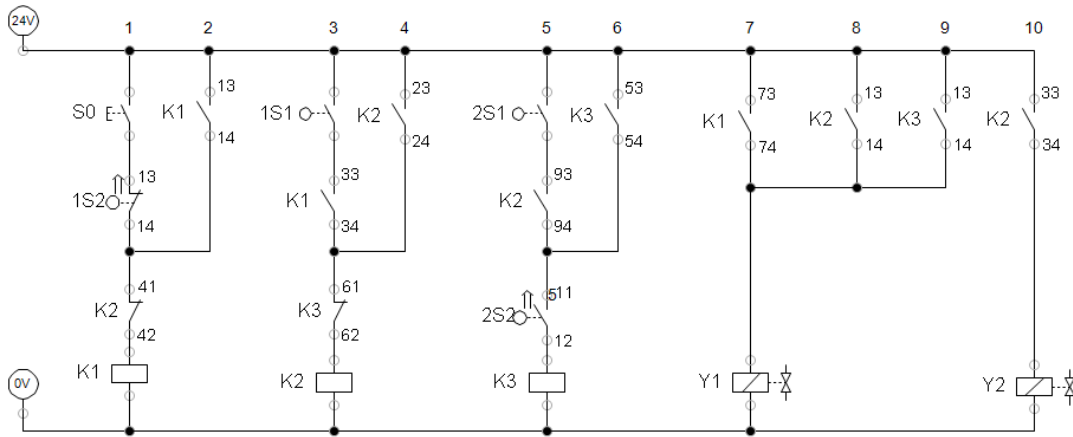
c) Weg-Schritt-Diagramm (vgl. Signalüberschneidung doppelt)



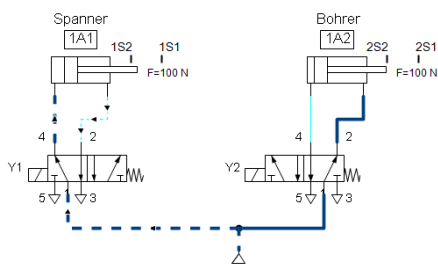
d) Pneumatikschema (mit doppeltwirkenden Zylindern)



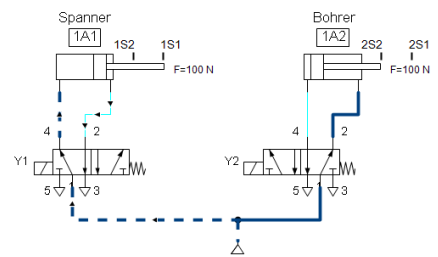
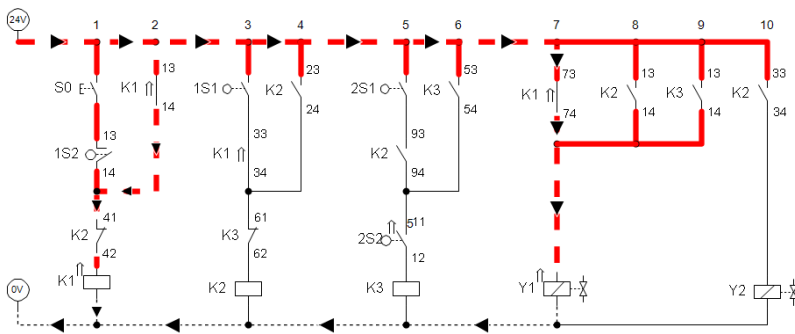
e) Steuerungsschema (elektrische Schrittkette)



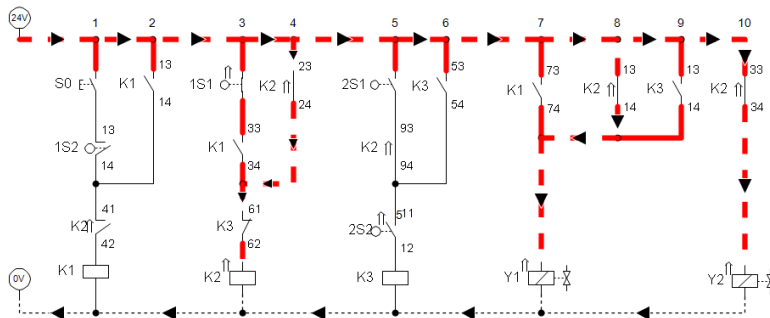
f) Schrittsteuerung in Schritten betrachtet

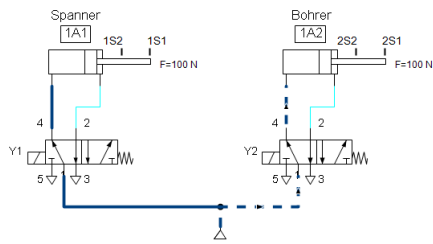


1. Start mit K1 über die Verknüpfung der Signale S0 und 1S2

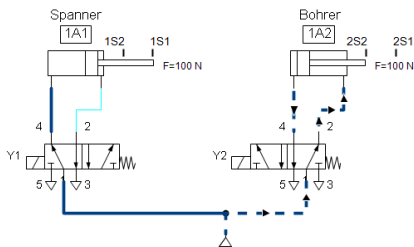
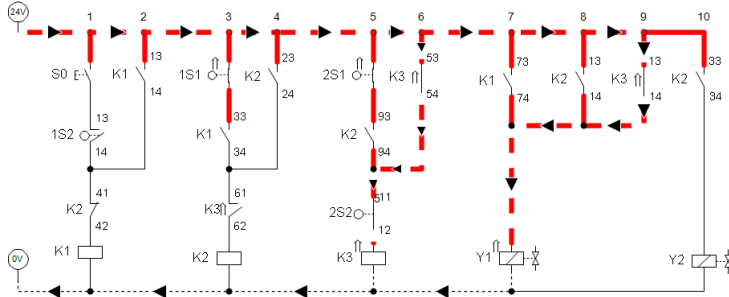


2. Spanner vorne heißt Bohrer Start mit der Verknüpfung K1 und 1S1, K1 fällt ab weil Schritt 1 erledigt ist (Gundregel = nie mehr als ein Schritt)

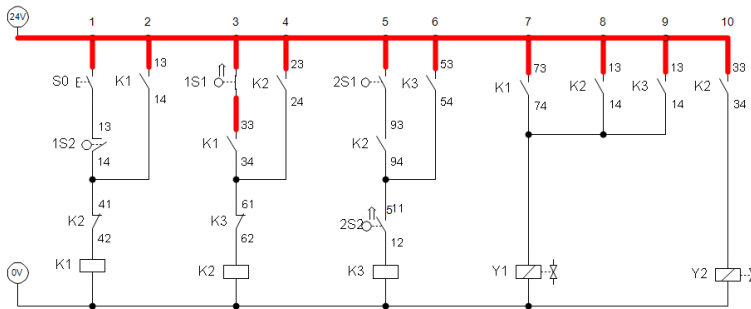




3. Bohrer vorne heißt Bohrer zurück mit der Verknüpfung K2 und 2S1, K2 fällt ab weil Schritt 2 erledigt ist.



4. Bohrer ist wieder hinten heißt, auch der Spanner kann wieder zurück. Jetzt kann also auch K3 wieder abfallen.

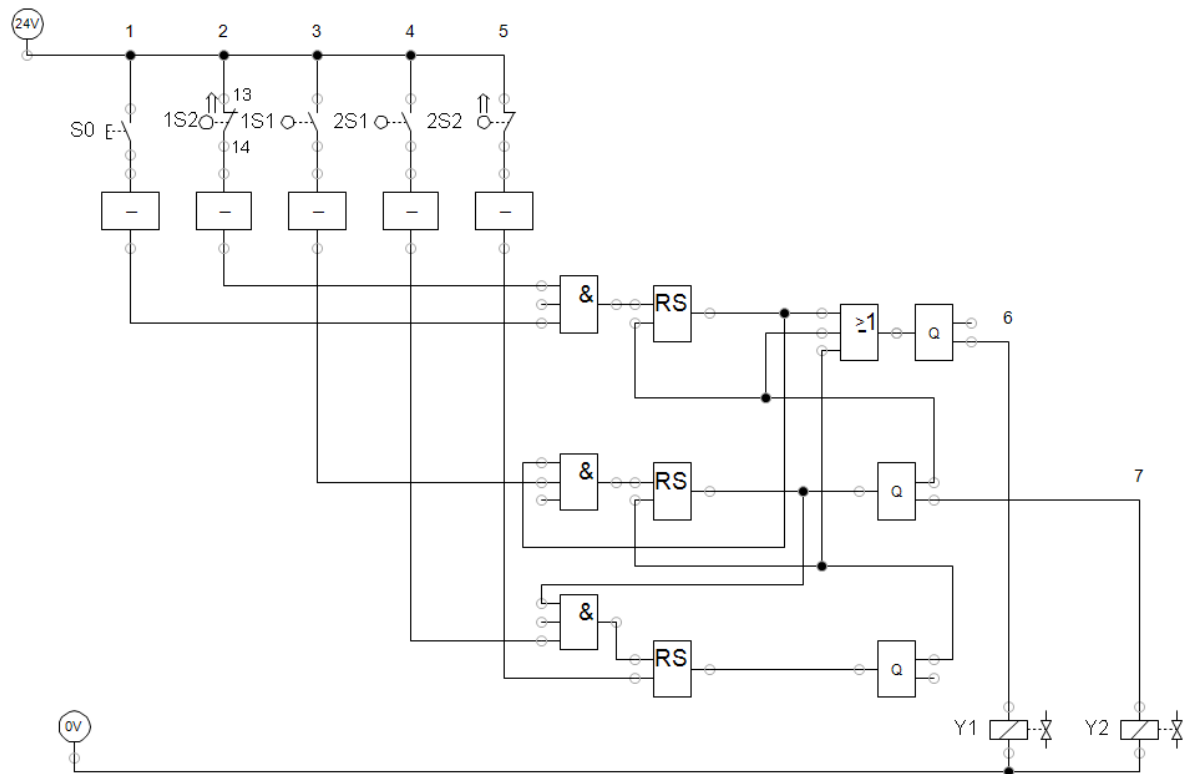


5. Wenn die Zylinder alle wieder in Ausgangsstellung sind, kann wieder gestartet werden. (Starbedingung S0 und 1S2)

Bevor der Spanner nicht wieder zurück ist, kann nicht neu gestartet werden. (Startbedingung fehlt)

Was hier gezeigt werden soll, ist die strukturierte Behandlung des Ablaufes. Auf diese Art gesteuert (wir sprechen von einer Ablaufsteuerung), sind Signalüberschneidungen kein Problem mehr.

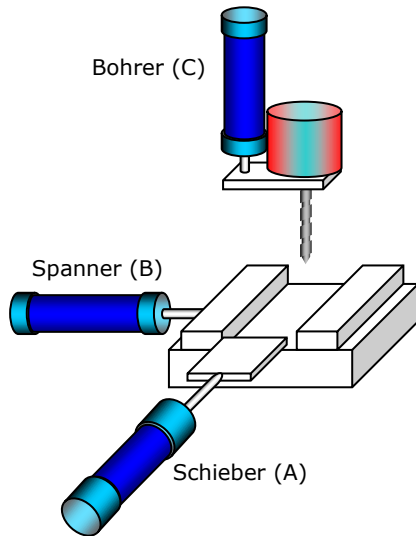
Jede Schrittkette lässt sich auch digital umsetzen. Daraus kann man schon die Struktur einer Ablaufsprache erkennen. Jeder Schrittspeicher wird durch eine „Startbedingung“ gesetzt. Das zurücksetzen erfolgt dann über den nächsten Schritt.



Dieses Grundprinzip führt in die Programmierung von Steuerungen mithilfe digitaler Geräte, wie eine SPS oder ähnliches.

Bohrmaschine gedeckt

a) Funktionsbeschreibung:



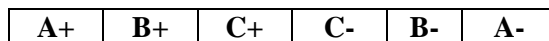
Nach einem Startsignal soll der Schieber (Zylinder A=1A1) einfahren. Danach kann der Spanner (Zylinder B=1A2) das Werkstück halten.

Ist das Werkstück eingespannt, kann der Bohrer (Zylinder C=1A3) starten und ausfahren. Danach fährt er selbständig zurück.

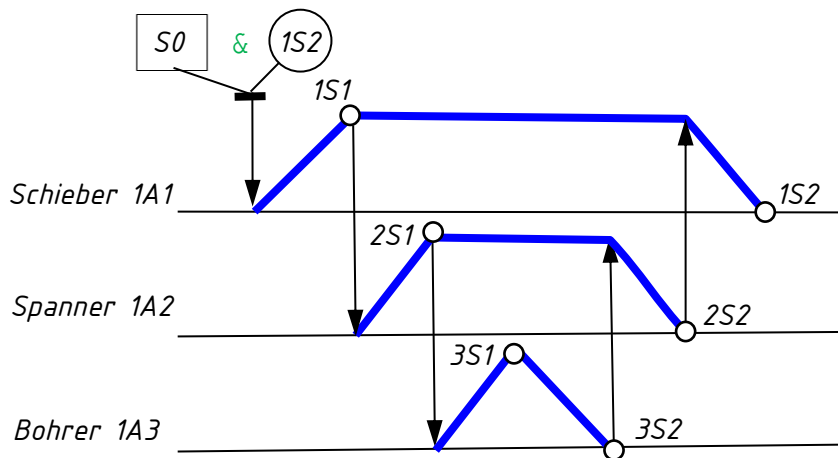
Ist der Bohrer in Grundstellung, kann der Spanner den Teil lösen, also zurückfahren.

Abschließend fährt auch der Schieber wieder in Grundstellung zurück.

b) Bewegungsfolge



c) Weg-Schritt-Diagramm



d) Ein-Ausgangs- (Klemmen) Belegung

Sensor	Bezeichnung	Eingang
S0	Starttaste	I1
1S1	Schieber vorne (A+)	I2
1S2	Schieber Grundstellung (A-)	I2
2S1	Spanner vorne (B+)	I3
2S2	Spanner Grundstellung (B-)	I4
3S1	Bohrer vorne (C+)	I5
3S2	Bohrer Grundstellung (C-)	I6
Aktor	Bezeichnung	Ausgang
1A1	Schieber (Y1)	Q1
1A2	Spanner (Y2)	Q2
1A3	Spanner (Y3)	Q3

e) Digitale Lösung mit Schrittkette

