

Einführung in den Einsatz von Machine Vision in der Automatisierungstechnik

Dieser Beitrag wendet sich an SPS- und Automatisierungstechniker, welche bisher noch keine Vision Sensorik in ihre Lösungen einbezogen haben, sich aber dem bedeutenden aktuellen Trend in der Automatisierungstechnik zuwenden möchten.

Der Automatisierungstechniker erwartet häufig, dass er Standardprobleme ohne spezielle Vorkenntnisse der Bildverarbeitung lösen kann. Moderne Vision Sensoren erfüllen häufig diese Erwartungen. Nur wenige Kenntnisse über mögliche Funktionen des Sensors, über Kontrast, Pixelzahl und Grauwerte sowie seine Signale und Anschlüsse (Schnittstellen) sind zu erwerben.

Das sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass Machine Vision eine komplexe Technologie ist! Für spezielle Probleme der Beleuchtung, des Kontrastes und der Bildauswertung, der Auswahl des Sensors und seines optimalen Einbaus in den Prozess und für schwierige Prüfverfahren sollten Fachleute hinzugezogen und Lehrgänge besucht werden.



Die anerkannte Vision Academy Erfurt steht hier mit Rat und Tat zur Seite!

In allen aktuellen Einsatzgebieten der Automatisierungstechnik wie Automobil-, Pharma-, Verpackungs-, Nahrungsmittel- oder Elektronikindustrie finden sich lohnende Anwendungen von Machine Vision. Kaum eine Maschine wird zukünftig ohne das „Sehen mit Bildverarbeitung“ auskommen.

Machine Vision steht international für die Technik der industriellen Bildverarbeitung. Der Begriff umfasst die Disziplinen Kameratechnik, Beleuchtung, Technische Bildverarbeitungssysteme und deren Integration in die Fertigungs- und Automatisierungstechnik, insbesondere in Maschinenbau und Robotik.

Bild 1: Machine Vision als komplexes Zusammenspiel technischer Disziplinen



Quelle:  Vision Academy
Systematic Training for Machine Vision

Derzeit sind erst ca. 20% aller möglichen Anwendungen von Machine Vision realisiert. Diese Innovation verfügt deshalb über ein **besonderes Wachstumspotential** in der Automatisierungstechnik.

Applikationen, die den Automatisierungstechniker interessieren, sind beispielsweise:

- "sehender Greifer" - für Pick & Place-Aufgaben bei lageinvarianten und flexiblen Objekten (Kabel, Schläuche...)
- Vollständigkeits- und Anwesenheitskontrolle mechanischer Bauteile (z. B. Stifte, Ringe, Muttern, Schrauben, sonstige Metall- und Kunststoffteile)
- Mustersuche (x, y, Drehlage, Übereinstimmungsgrad)
- Montagekontrolle
- Erkennung von Ausbruchkanten bei Werkzeugen und Werkstücken
- Verpackungskontrolle
- Aussortieren von fehlerhaften Teilen
- Verifizieren von Formteilen
- Funktionsinspektion
- Flüssigkeitsfüllhöhen
- Verschluss- und Etikettenposition
- Aufdruck- und Symbolkontrolle
- Displayinspektion
- Rückverfolgung und Dokumentation im Sinne einer durchgängigen Qualitätskontrolle

Im Jahre 2003 zeichnete sich folgender Stand ab: Von 100 Machine Vision Projekten hatten zu Inhalt....

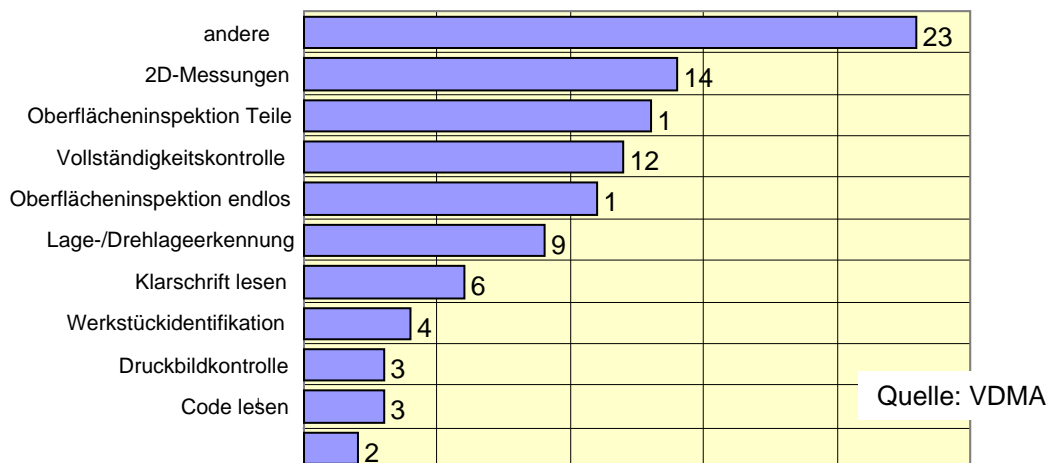


Bild 2: Einsatzgebiete von Machine Vision

Vision Sensoren: Mehr als eine Kamera!

Die Hersteller von Vision Sensorik bieten heute erprobte Sensoren und praktikable Werkzeuge für ihre Parametrierung an.

Stand der Technik sind kompakte Geräte, welche die Komponenten Kamera, Objektiv, Beleuchtung und Auswerteelektronik zusammen mit den erforderlichen Schnittstellen in einem einzigen industrietauglichen Gehäuse umfassen (**Bild 3 und 4**). Industrietauglichkeit bedeutet wie auch bei anderen technischen Sensoren zuerst hohe Schutzklasse (IP67), hohe EMV-Verträglichkeit und ausreichender Temperatureinsatzbereich. Hinzu kommt bei solchen Geräten eine kratzfreie Schutzabdeckung der Optik.

Nachfolgende Ausführungen beruhen auf Arbeiten mit dem Kompaktsensor SRV-300-R des Unternehmens Schunk GmbH & Co. KG Laufen.



Quelle: Vision & Control Suhl 2006



Quelle: SCHUNK GmbH & Co. KG Laufen 2008

Bild 3: Die aktuelle Entwicklung von Vision Sensorik hin zu Kompaktgeräten

Bild 4:
Die Bestandteile eines kompakten
Vision Sensors



Quelle: SCHUNK GmbH & Co. KG Laufen

Von großer Bedeutung für den erfolgreichen Einsatz solcher Sensoren sind die Beleuchtungsverhältnisse in unterschiedlichster Industrieumgebung. Von Vorteil sind dann in den Sensor integrierte Beleuchtungssysteme mit Hochleistungs-LED. Die Beleuchtung kann wegen Wechselwirkungen mit der Farbe des Prüfobjektes in den Farben rot, blau und infrarot ausgewählt werden. Damit ist der Anwender unabhängig von externen Lichtquellen, und eine optimale Helligkeit ist bereits voreingestellt.

Für die Bildaufnahme beim Einrichten steht Dauerlicht oder Pulsbetrieb zur Verfügung. Automatikfunktionen helfen beim Suchen der optimalen Belichtungszeit.

Für einfache Aufgaben der Objekterkennung mit gut unterscheidbaren Merkmalen und kontrastreichen Objekten wird ein Teach-In-Verfahren mit wenigen Tasten am Sensor angeboten.

Daneben liefern die Hersteller leistungsfähige Software für die Parametrierung des Sensors, für die Optimierung der Bildverarbeitung und als Benutzeroberfläche für spezielle Prüffunktionen. Solche Arbeiten werden am PC durchgeführt, welcher über eine USB Schnittstelle mit dem Sensor kommuniziert. Nach dem Einlernen ist keine Verbindung über die USB- bzw. RS232-Schnittstelle zwischen Rechner und Vision Sensor erforderlich.

Der Signalaustausch mit der Automatisierungstechnik erfolgt dann über digitale Ein- und Ausgänge des Sensors, im Einzelfall weiter über analoge Stromausgänge und/oder über eine RS232-Schnittstelle.

Die Auswahl eines kompakten Sensors erfolgt im Wesentlichen nach dem Arbeitsabstand, dem Erfassungsbereich, der Bildpunktauflösung und nach der Farbe der integrierten Beleuchtung.

Welche Funktionen der Bildauswertung stehen zur Verfügung?

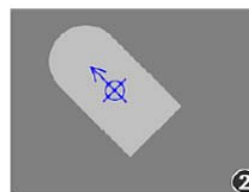
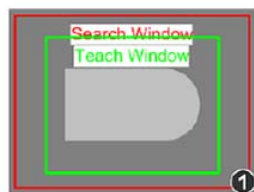
Zumeist wird ein Einlernbereich für ein Bild und weiter ein Suchbereich definiert. Nach dem Einlernen des Prüfobjektes sucht das System der technischen Bildverarbeitung gleichartige oder ähnliche Bildobjekte im angegebenen Suchbereich. Je nach Anforderungen und Art des Prüfobjektes und der Beleuchtungsverhältnisse können dabei unterschiedliche Verfahren ausgewählt werden. Der Beispielsensor SRV-300 des Unternehmens Schunk lässt folgende Funktionen zu:

Flächentest: Bei dieser Funktion zählt das Bildverarbeitungssystem in einem vorgegebenen Suchbereich die Pixelzahl mit einem definierten Grauwertbereich. Diese Funktion eignet sich für Musterkontrolle, zur Unterscheidung von Bauteilen und zur Oberflächenprüfung. Der Flächentest kann mit der Funktion "Lagenachführung" erweitert werden.

Hellanteiltest: Bei dieser Funktion ermittelt das Bildverarbeitungssystem den prozentualen Anteil definierter heller Bildpunkte im Suchbereich. Diese Funktion eignet sich für die Untersuchung von Oberflächen, zur Kontrast-, Anwesenheits- und Bauteilkontrolle.

Grauwertest: Bei dieser Funktion ermittelt das Bildverarbeitungssystem den durchschnittlichen (mittleren) Grauwert im Suchbereich. Diese Funktion eignet sich für Anwesenheitskontrolle bei Montageaufgaben.

Muster suchen: Bei dieser Funktion detektiert das Bildverarbeitungssystem ein eingelerntes Bild im Suchbereich. Die Funktion eignet sich besonders zum Unterscheiden von Bauteilformen. Diese Funktion kann mit der Lagenachführung erweitert werden, so dass das entsprechende Muster auch in veränderter Lage gesucht wird. Verschiebungen in X- und Y-Richtung und Rotation werden so erfasst. Vorteilhaft wird dieses Verfahren bei Montageaufgaben eingesetzt.
Beispiel:



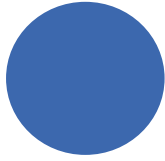
① Ein Muster wird eingelernt.

② Das Muster trotz Verdrehung erkannt. Der blaue Pfeil kennzeichnet das gefundene Objekt.

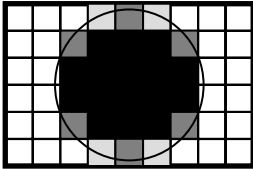
③ Das Muster wird nicht erkannt.

Quelle: Schunk GmbH
Bedienungsanleitung SRV-300

Um für eine Applikation eine dieser Methoden überlegt auswählen zu können, sind einige Grundkenntnisse der Bildverarbeitung erforderlich. Diese werden nachfolgend an Beispielen aus den Unterlagen der Vision Academy erläutert.

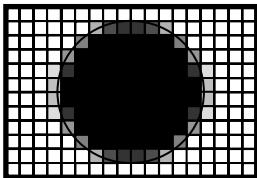


Ein Objekt, welches das menschliche Auge wie nebenstehende blaue Kreisfläche sieht....



.... bildet ein niedrigauflösender Bildsensor als grobe Pixel-Struktur ab. Ein Pixel (Bildpunkt) ist das kleinste Strukturelement dieses gerasterten Bildes.

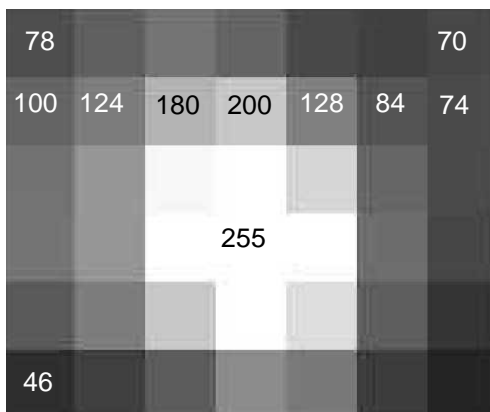
Quelle: 



Wird die Auflösung des Sensors erhöht, verbessert sich die Abbildung des Objektes.

Quelle: 

Jedes Pixel erhält entsprechend der Belichtung einen Grauwert 0 .. 255. Dabei hat schwarz einen Grauwert 0, weiß einen Wert 255.



Nebenstehend ist ein Beispiel für ein Bild mit unterschiedlichen Grauwerten gezeigt.

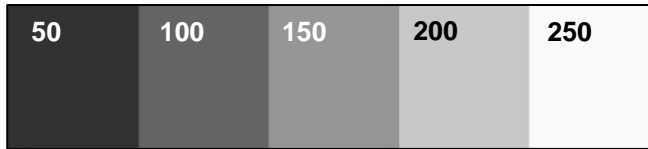
Grauwerte von Bildpunkten können sich wie die Helligkeit selbst nicht sprunghaft ändern. Dies hat Bedeutung für die Schärfe der Abbildung von kleinen Strukturen wie z. B. Kanten.

Bedeutung erlangen hier die Qualität der Optik hinsichtlich Schärfentiefe und die Einhaltung des Arbeitsabstandes des Sensors.

Quelle: 

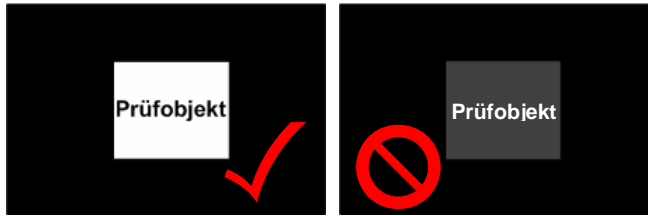
Bei der Parametrierung der oben angegebenen Funktionen des Vision Sensors werden nun Parameter festgelegt, die sich auf Grauwerte beziehen. Die Angabe einer oberen und unteren Grenze von Grauwerten hat direkten Einfluß darauf, wo und in welchen Abmessungen der Vision Sensor ein Muster ermittelt.

In unmittelbaren Zusammenhang mit den Grauwerten der Bildpunkte steht der Kontrast, denn Kontrast beruht auf Grauwertunterschieden. Stets ist für guten Kontrast zwischen Muster und Umgebung zu sorgen! Glänzende Objekte verursachen oft besondere Schwierigkeiten!



Grauwertunterschiede bestimmen Kontraste

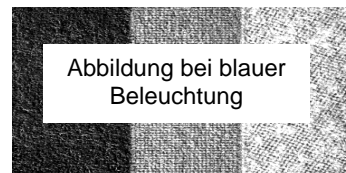
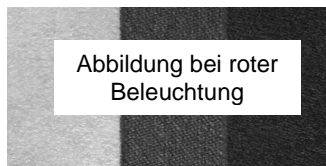
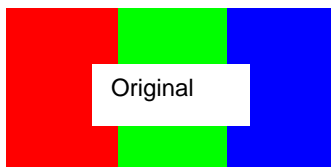
Quelle:  Vision Academy
Systematic Training for Machine Vision



guter Kontrast

unzureichender Kontrast

Für die Abbildung farbiger Objekte ist die Beleuchtung zu bedenken. Nachfolgend wird gezeigt, dass unterschiedliche Beleuchtungsfarbe zu gänzlich unterschiedlichen Grauwerten des Bildes führt.



Quelle:  Vision Academy
Systematic Training for Machine Vision

Was leistet das Softwaretool "Benutzeroberfläche" eines Vision Sensors?

Die Ausführungen beziehen sich wiederum auf den Beispielsensor SRV-300.

Einfache Aufgaben der Lokalisierung gut unterscheidbarer, kontrastreicher Objekte können allein mit den Tasten MODE und START des Sensors gelöst werden. MODE erlaubt die Umschaltung von RUN- und TEACH-Modus, während mit START manuell ein Triggersignal ausgelöst wird.

Schaltet man eine **USB-Verbindung** zwischen einem PC und dem Vision Sensor (**Bild 5**), so können mit der Benutzeroberfläche zusätzlich verschiedene Prüffunktionen aktiviert, deren Einstellungen optimiert und die Signale des Sensors parametrisiert werden. Angelernte Konfiguration kann man einsehen, optimieren und um Funktionen erweitern. Weiter ist eine Archivierung von Programmen, Prüf- und Fehlerbildern möglich.

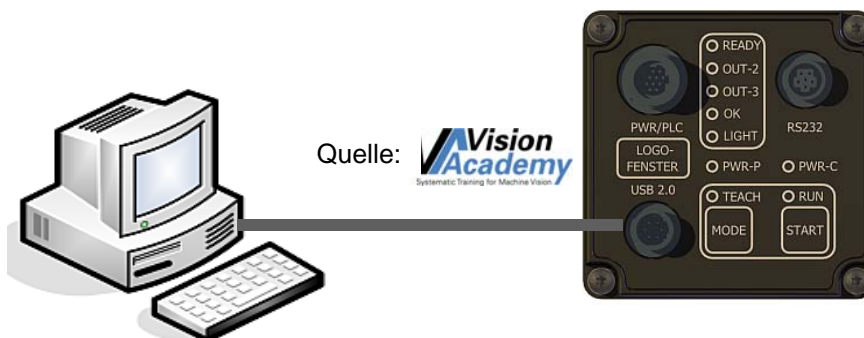


Bild 5: USB-Verbindung zur Nutzung der Benutzeroberfläche

Bild 6 zeigt die Benutzeroberfläche des Sensors SRV-300 mit den Registern Kamera, Nachführung, Funktionen, Ein-/Ausgabe und Programme. Das **Register Kamera** ist aktiv, und es wurde ein Livebild eines Musters mit automatisch eingestellter Belichtungszeit aufgenommen. Dafür kann die Beleuchtung des Sensors hier in unterschiedlichen Modi eingeschaltet werden. Bei der ersten Bildaufnahme ermittelt das System bei Automatik eine optimale Belichtungszeit für ausreichenden Kontrast.

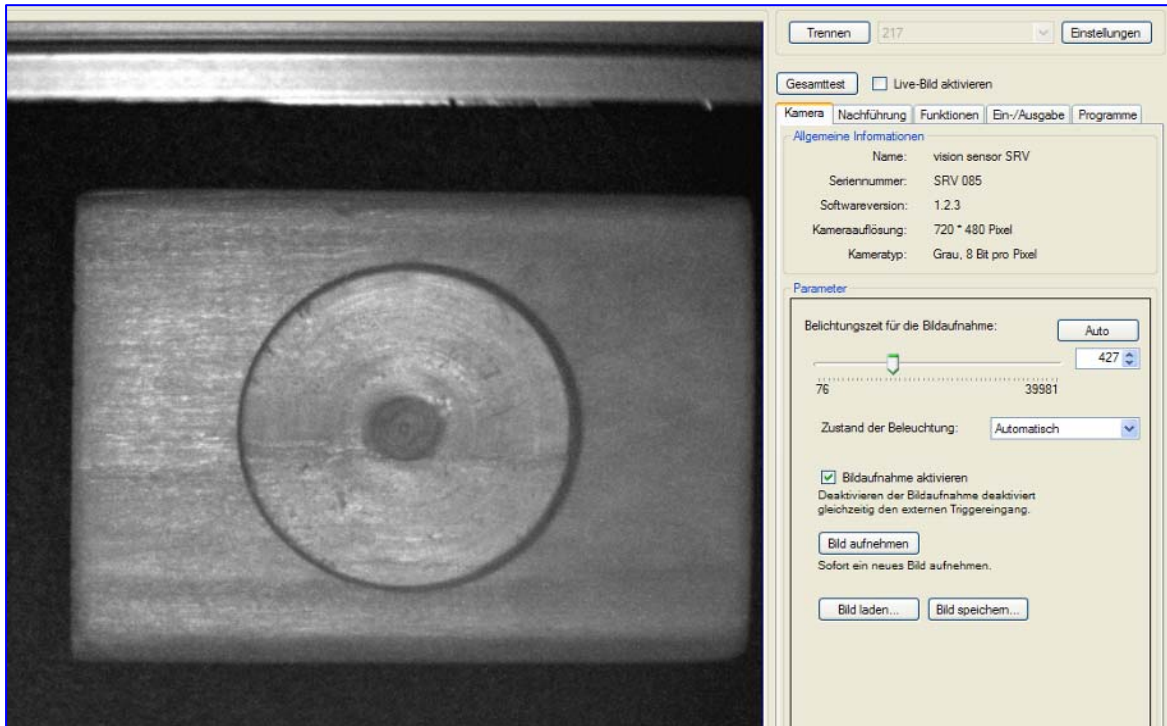
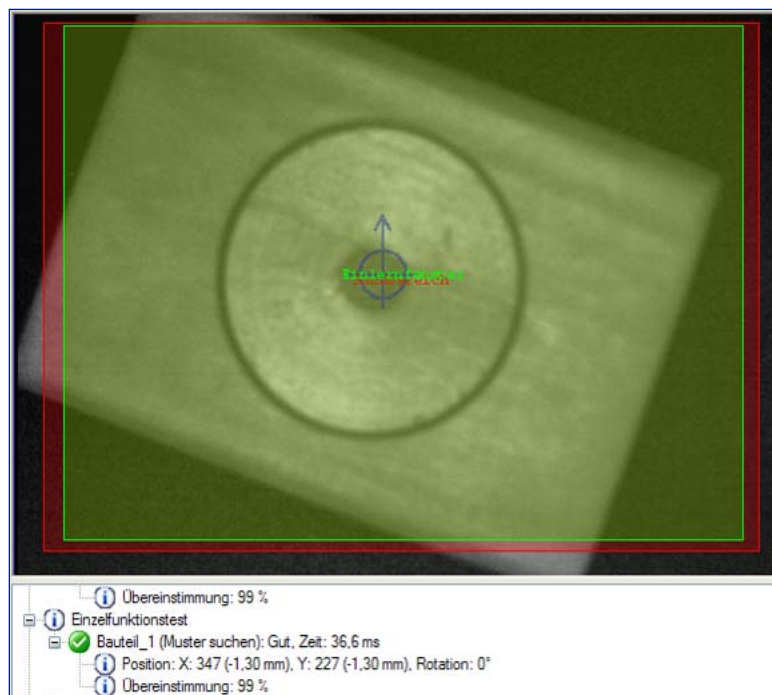


Bild 6: Nutzung der Benutzeroberfläche des SRV-300 zum Parametrieren des Sensors
Das Register Kamera ist aktiv und ein Livebild wird angezeigt.

Bild 7: Einlernfenster (grün) und Suchfenster (rot) bei Mustersuche mit Lagenachführung.

Blauer Pfeil: Muster erkannt

Unten wird die Lage des Musters angegeben.



Das **Register Nachführung** erlaubt bei Flächentest und Mustersuche die Parametrierung, in welchem Bereich und in welchen Winkelschritten ein eingelerntes Muster – welches nicht in gleicher Lage hinsichtlich Verschiebung und Rotation unter dem Sensor erscheint – gesucht und akzeptiert wird. Ein Beispiel zeigt **Bild 7**.

Das zu prüfende Muster kann auch in einzelne Prüfbereiche zerlegt werden (**Bild 8**). Dafür werden im **Register Funktionen** eine Auswahl von Flächentests mit jeweils eigenem Suchbereich zusammengestellt. Im Bild wird die Vollständigkeit der Elemente einer Steckerleiste in sechs Bereichen geprüft. Bei solchen Bildern kennzeichnen rote Hilfsgraphiken die Suchbereiche, blaue Graphik die Kontrollfunktionen der Bildverarbeitung und grüne Graphik die Einlernbereiche. In allen Prüfbereichen kann ein Einzeltest vorgenommen werden, wobei die Automatikfunktion beim Einlernen Grenzen für Grauwerte und Pixelzahlen vorschlägt.

Beim Test der Steckerleiste verarbeitet das Bildverarbeitungssystem die sechs Prüfbereiche werden in einem einzigen Gesamttest mit Lagenachführung.

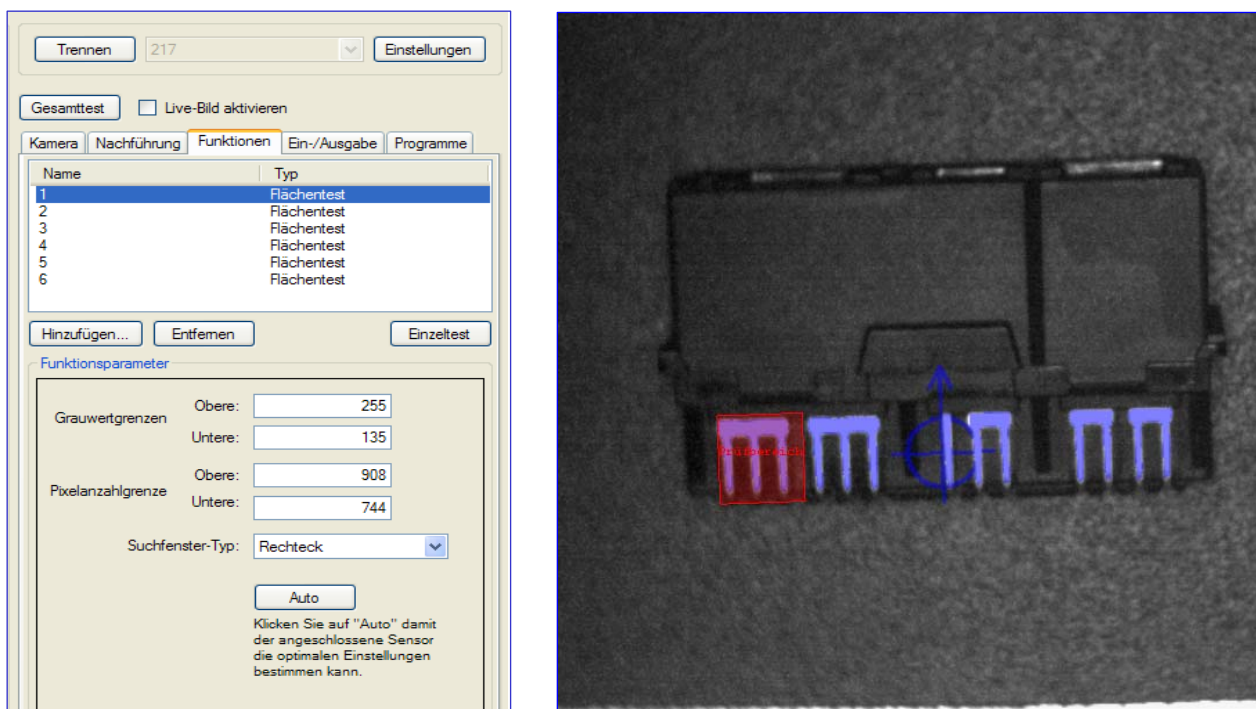


Bild 8: Prüfung einer Steckerleiste mit sechs Prüfbereichen und Lagenachführung

Bild 9 gewährt Einblicke in weitere Register. Im **Register Programme** wurde das Programm "Bohrung suchen" aktiviert. Hier kann auch das Hochladen dieses Programms auf den Sensor ausgelöst werden. Weitere Programme werden verwaltet und können bei Bedarf aktiviert werden.

Im **Register Ein-/Ausgabe** mit **Unterregister I/O Manager** werden die Ausgangssignale des Sensors parametrierbar.

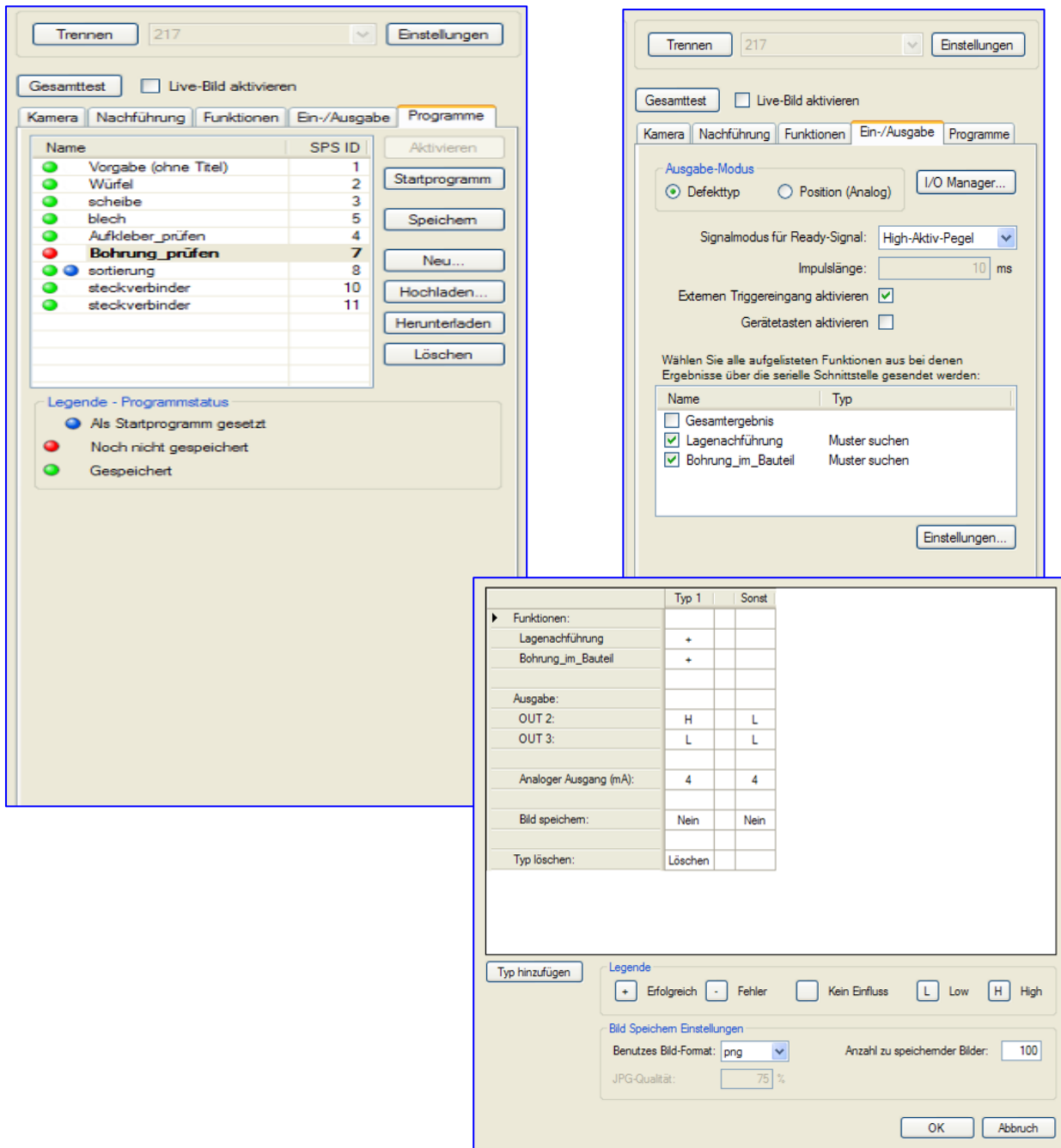


Bild 9: Einblick in die Benutzeroberfläche des SRV-300:
links Register Programme zur Verwaltung unterschiedlicher Prüfprogramme
rechts Register Ein-/Ausgabe mit zusätzlich aufgeklapptem I/O-Manager

Mit welchen Signalen kann ein Vision Sensor in eine Steuerung eingebunden werden?



Bild 10: Schnittstellen des Beispielsensors SRV-300

Der Beispielsensor SRV-300 verfügt über eine Reihe von Schnittstellen:

Die USB-Schnittstelle dient allein der Parametrierung des Sensors mit Hilfe der Benutzeroberfläche.

Die Einbindung in die Automatisierungstechnik erfolgt mit einem speziellen Kabel PWR/PLC, welches neben der Stromversorgung **digitale Ein- und Ausgänge** sowie auch einen **analogen Ausgang** bereitstellt.



Für komplexe Aufgabenstellungen kann zusätzlich weiter auch eine **RS 232-Verbindung** zu einem PC mit speziellem Auswerteprogramm hergestellt werden. Ein hierfür geeignetes Protokoll stellt der Hersteller zur Verfügung.

Für Standardaufgaben genügen die direkt verfügbaren Signale. Die Basiskommunikation zwischen Sensor und Steuerung erfolgt grundsätzlich über ein Trigger-Signal und ein Ready-Signal.

Bei den Eingangssignalen ist zuerst IN-1 als **Triggersignal** für die Auslösung einer Bildaufnahme von Interesse. Dieses Signal kann leicht durch einen Sensor in der Anlage bereitgestellt werden.

Mit zwei weiteren digitalen Eingänge IN-2 und IN-3 kann man die Ausgabe von Ergebnissen der Bildauswertung steuern. Diese können beispielsweise Übereinstimmungsgrad, X-Koordinate, Y-Koordinate oder Drehwinkel der Lagenachführung sein.

Drei **digitale Ausgänge** erlauben Entscheidungen nach einer aktuellen Bildaufnahme. Für einfachste Applikationen wie "Muster suchen" genügen bereits die Ausgänge OUT-1 mit der Funktion "READY" (Bildaufnahme beendet) und OUT-2. Dieser meldet mit HIGH-Pegel den Zustand "Bild ok".

Für komplexere Applikationen wie zum Beispiel Sortieraufgaben steht ein weiterer digitaler Ausgang OUT-3 zur Verfügung. Durch Kombinationen der Signale OUT-2 und OUT-3 sind vier Entscheidungen zu parametrieren. Dies erfolgt mit dem Softwaretool "Benutzeroberfläche" des Sensors.

Genügen diese vier Auswahlmöglichkeiten für eine Applikation nicht, steht beim Sensor SRV-300 zusätzlich ein **analoger Stromausgang** 4..20 mA zur Verfügung. Damit können (theoretisch) bis zu 1024 Varianten verschlüsselt werden.

Bild 8 zeigt ein Beispiel der Parametrierung der Ausgänge OUT-2 und OUT-3 für das Erkennen von vier unterschiedlichen Mustern. Um zusätzlich abweichende Objekte aussortieren zu können, wurde das analoge Stromsignal benutzt. Damit werden sonstige Teile von solchen des Typs 1 unterschieden. Die Vorgabe eines Stromsignals für Typ 2, 3 und 4 dient hier der Demonstration und ist für die Applikation nicht erforderlich.

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Sonst
Funktionen:					
zylinder	+				
fitting		+			
werkzeug			+		
Kollektor				+	
Ausgabe:					
OUT 2:	L	H	L	H	L
OUT 3:	L	L	H	H	L
Analoger Ausgang (mA):	4	8,002	12,004	15,997	20
Bild speichern:	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Typ löschen:	Löschen	Löschen	Löschen	Löschen	

Bild 11: Beispiel der Parametrierung der digitalen und analogen Ausgänge für die Sortierung von vier Mustern und das Erkennen abweichender Objekte

Für die Auswertung des Stromsignals ist eine analoge Eingangsbaugruppe in der Steuerung erforderlich, welche für den Anschluss von Vier-Draht-Stromgebern 4..20 mA geeignet ist.

Wie bindet der Automatisierungstechniker Vision Sensorik in das SPS-Programm ein?

Folgende grundsätzlichen Teilaufgaben sind zu lösen:

- Die zu prüfenden Teile sind an den justierten Vision Sensor heranzuführen. Sie sollen dort für die Zeit der Bildaufnahme verharren. Dies sind in der Regel einige 100 Millisekunden. Grundsätzlich soll ein Abtransport der Muster von dieser Stelle mit dem Sensorsignal OUT-1 ("READY") verriegelt werden.
- Mittels geeignetem Sensor (z.B. Lichtschranke) ist ein Triggerimpuls für die Bildaufnahme auszulösen und auf den Triggereingang des Sensors zu legen (IN-1).
- Es ist zu überlegen, wie viele Varianten von Entscheidungen nach der Musterprüfung für die weitere Behandlung der Muster zu berücksichtigen sind:

1. Fall: Einfache Auswahl „Gut / Schlecht“:

Für die Programmierung des weiteren Verlaufs stehen die digitalen Ausgänge OUT-1 („READY“) und OUT-2 „OK“ zur Verfügung.

2. Fall: Auswahl von zwei bis vier Varianten:

Neben OUT-1 („READY“) erlaubt die Nutzung der zwei weiteren digitalen Ausgänge OUT-2 und OUT-3 bis zu vier Steuerungsvarianten.

3. Fall: Genügen diese vier Steuerungsvarianten nicht, kann weiter ein analoger Ausgang 4 .. 20 mA genutzt werden. Eine analoge Eingangsbaugruppe der Steuerung wandelt diese je nach Auflösung in z.B. 0..32761 Einheiten, welche in einen wählbaren Wertebereich skaliert werden kann. Daraus sind ausreichend viele Steuerbefehle abzuleiten.

4. Fall: Gehen die Anforderungen der Bildverarbeitung über derartige Entscheidungen hinaus, so müssen Ergebnisse der Bildverarbeitung über die RS 232 Schnittstelle mittels eines speziellen Datenprotokolls ausgelesen und ausgewertet werden.

Beispiele für die Nutzung des Vision Sensors SRV-300 R in Maschinensteuerungen

Nachfolgende Beispiele wurden an einer Laborausstattung gemäß **Bild 12** mit einer Steuerung Simatic S7 getestet.

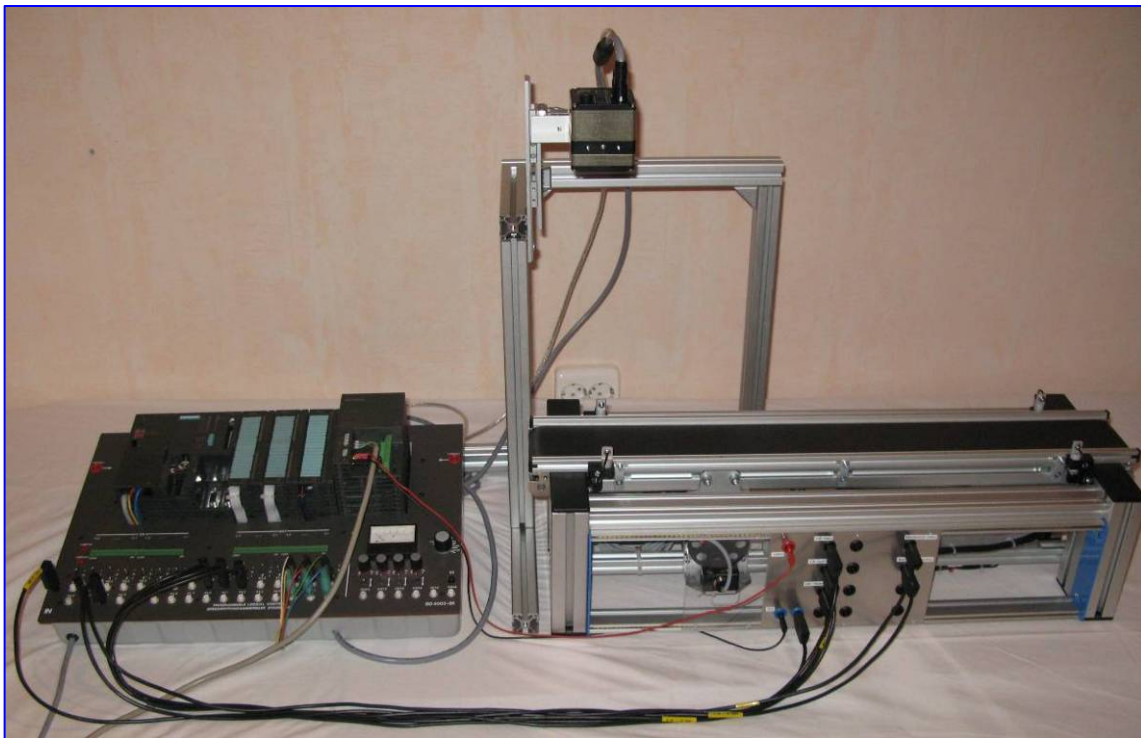


Bild 12. Laboranordnung mit Transportband, Vision Sensor SRV 300 und SPS Simatic S7

Beispiel 1: Kontrolle der Montage eines Steckverbinders (Bild 13)

Auf einem Transportband werden fertig montierte Steckverbinder herangeführt. Mit einem Vision Sensor ist der korrekte Sitz aller Klammern des Verbinders ist zu kontrollieren. Vollständig montierte Verbinder sind auf dem Band zu einer anderen Position zurückzuführen als fehlerhafte Teile. Beide

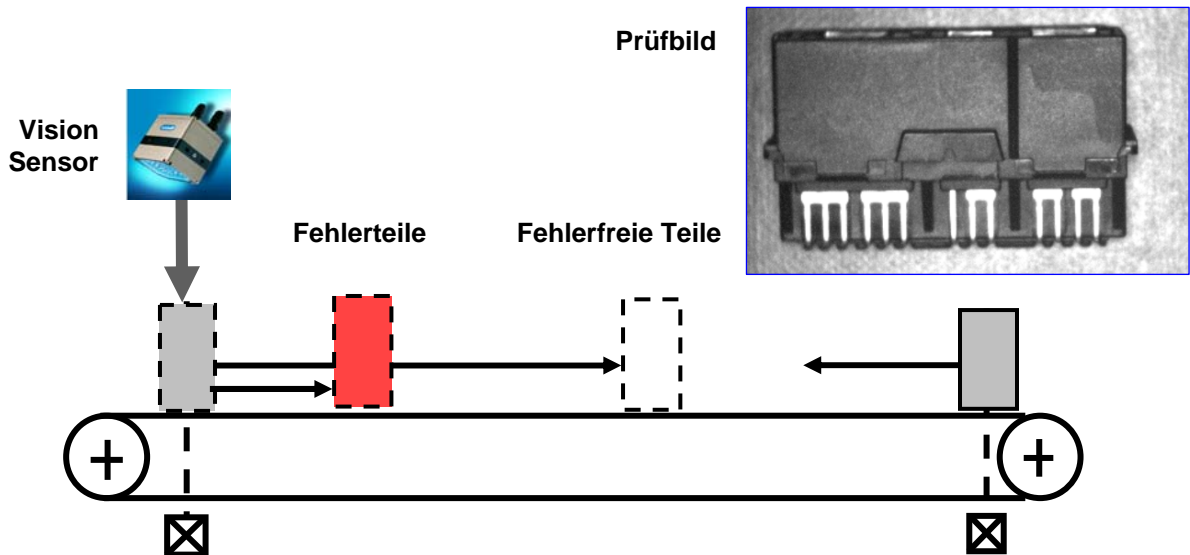
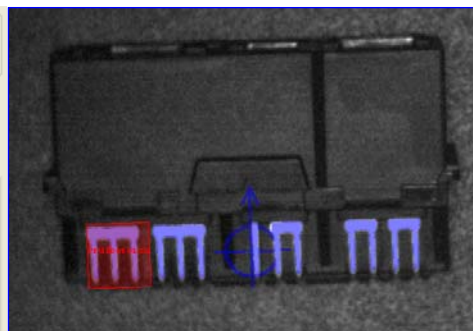
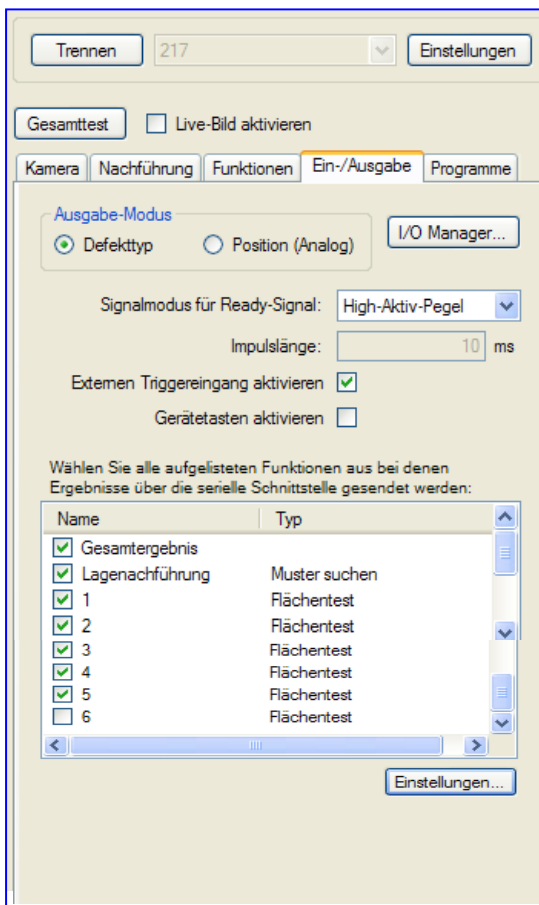


Bild 13: Technologieskizze Aufgabe 1 (Kontrolle eines Steckverbinders)

Für diese Aufgabe wurden fünf einzelne Flächentest mit Lagenachführung für die einzelnen Prüfzonen am Stecker kombiniert (**Bild 14**). Im IO-Manager ist mit den digitalen Ausgängen OUT-2 und OUT-3 nur für eine einzige Entscheidung Fehlerteil oder Fehlerfreies Teil zu parametrieren. Die zusätzliche Festlegung analoger Stromwerte dient hier nur der Demonstration und ist für diese Aufgabe nicht erforderlich.



	Typ 1	Sonst
Funktionen:		
Lagenachführung	+	
1	+	
2	+	
3	+	
4	+	
5	+	
6	+	
Ausgabe:		
OUT 2:	H	L
OUT 3:	H	L
Analoger Ausgang (mA):	10,003	4
Bild speichern:	Nein	Nein

Kennung Fehlerfreie Teile
Kennung Fehlerteile

Bild 14: Die Parametrierung der Ein-/Ausgabe des Sensors SRV-300

Fehlerfreie Teile erhielten im IO-Manager die Parameter OUT-2 :=TRUE und OUT-3:=TRUE, fehlerbehaftete Teile dagegen OUT-2:=FALSE und OUT-3:=FALSE.

Steuerungsaufgaben wie die hier vorliegende mit klar definiertem Ablauf werden vorteilhaft durch Schrittketten in der Ablaufsprache (im System Step7 Tool Graph7) gelöst. Das Signal der Lichtschranke links führt als Transition zu einem Schritt "Prüfen" und schaltet den Triggerimpuls für die Bildaufnahme. Schritt "Prüfen" wurde auf 100ms begrenzt, für diese Zeit verharret der Steckverbinder unter dem Bildsensor. Die Signale der digitalen Ausgänge OUT-2 und OUT-3 sowie OUT_1 READY steuern zusammen mit einer Auswertung der Position den Abtransport der Steckverbinder (**Bild 15**).

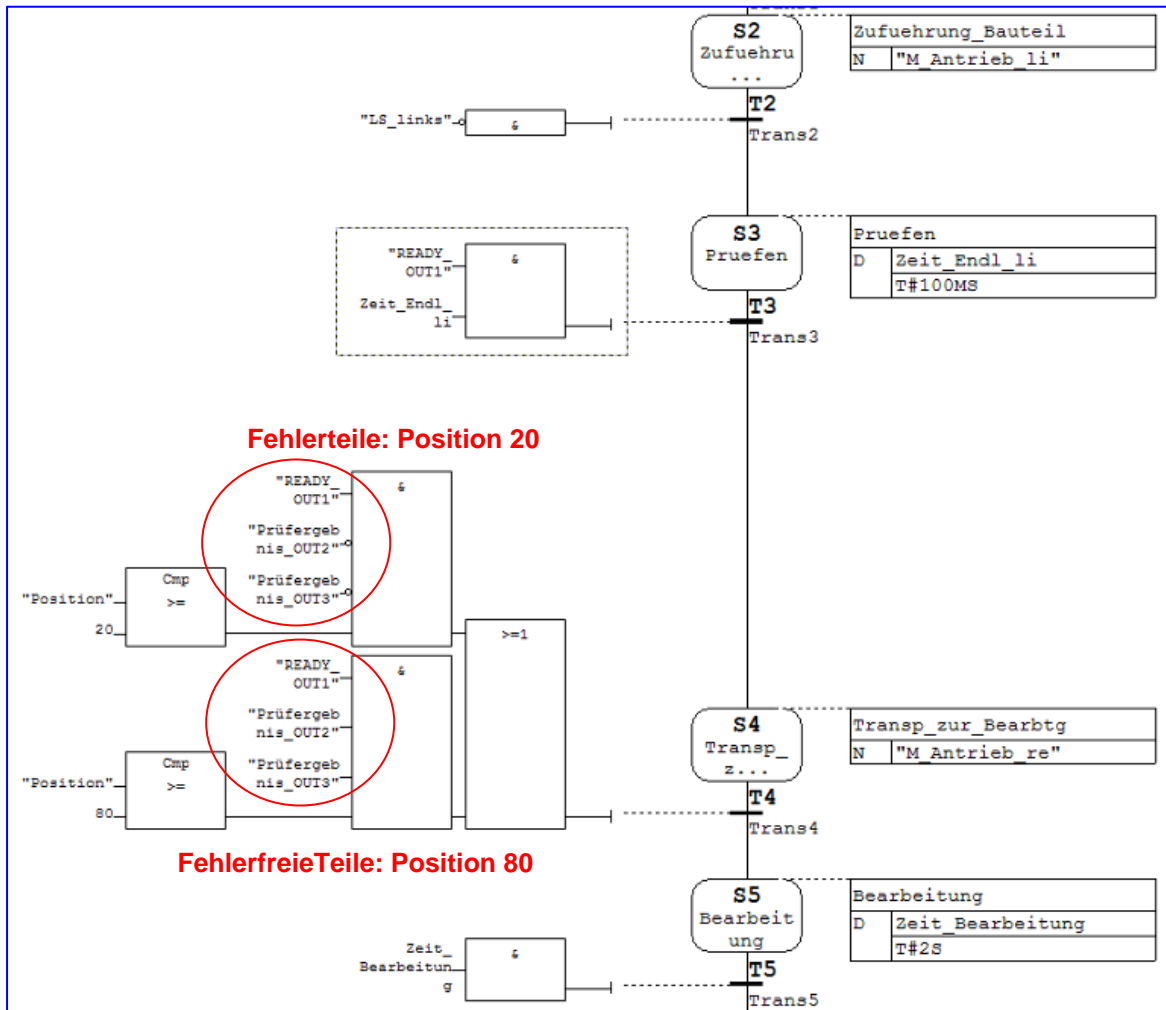


Bild 15: Detail der Steuerung für das Anfahren von Position 20 für Fehlerteile und Position 80 für fehlerfreie Teile in der Sprache Graph7

Beispiel 2: Sortierung (Bild 16)

Vier unterschiedliche Teile (von links nach rechts Zylinder, Fitting, Werkzeug und Kollektor) werden auf einem Band zur Endlage links unter den Vision Sensor transportiert. Danach sind sie zurück an vorgegebene unterschiedliche Positionen zu bringen. Alle abweichenden Teile sollen als Fehlerteile nach links abtransportiert werden.

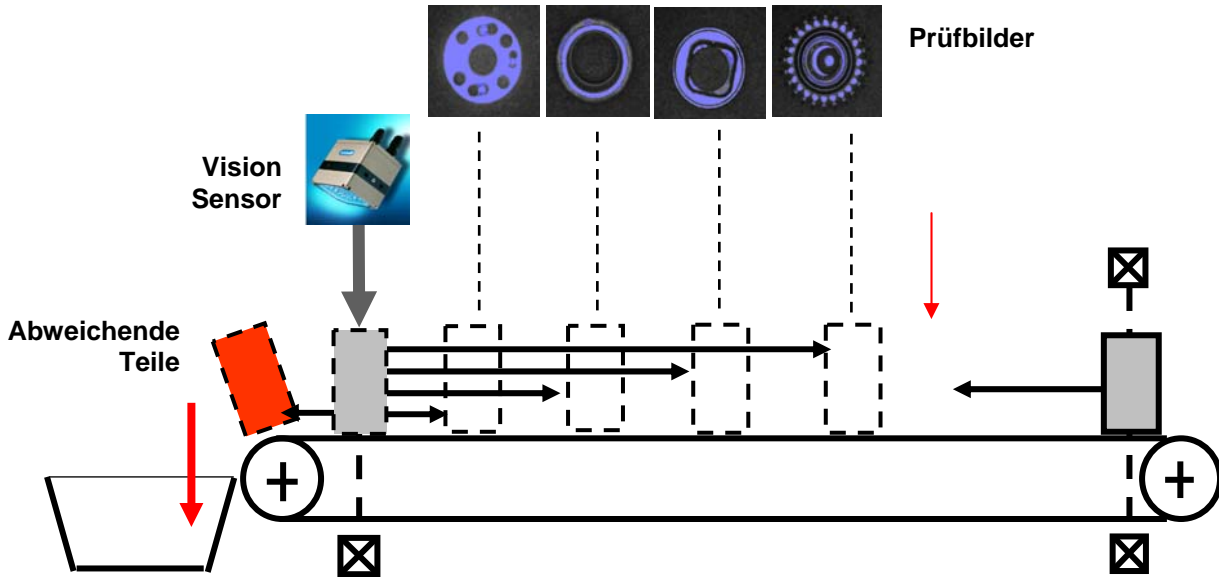


Bild 16: Technologieskizze Aufgabe 1 (Sortierung)

Für diese Aufgabe wurde die Funktion Flächentest mit nachfolgenden eingelernten Mustern gewählt.

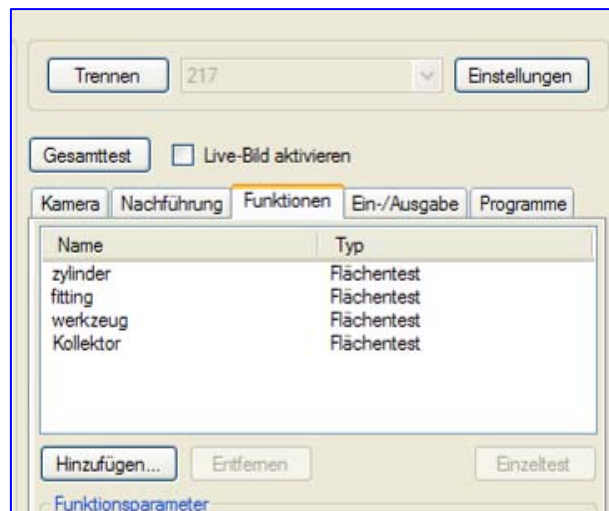
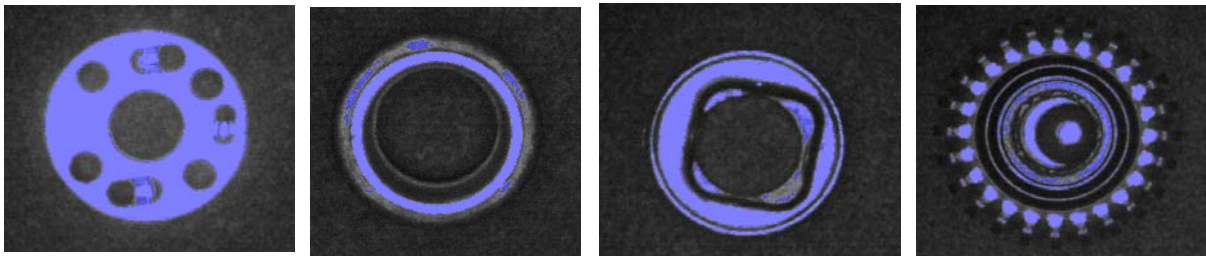


Bild 17: Die Funktionen und eingelernten Muster der Sortierung

Bei dieser Aufgabe sind fünf Entscheidungen zu treffen. Neben den digitalen Signalen OUT-1 (READY) sowie OUT_2 und OUT-2 muss deshalb auf die Auswertung des analogen Stromsignals für Detektierung sonstiger Teile zurückgegriffen werden (**Bild 18**). Die Vorgabe unterschiedlicher Analogwerte für Typ 1 bis Typ 4 dient nur der Demonstration und ist für die Funktion nicht erforderlich, wohl aber die Definition eines unterschiedlichen Analogwertes für Sonstige Teile.

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Sonst
Funktionen:					
zylinder	+				
fitting		+			
werkzeug			+		
Kollektor				+	
Ausgabe:					
OUT 2:	L	H	L	H	L
OUT 3:	L	L	H	H	L
Analoger Ausgang (mA):	4	8,002	12,004	15,997	20
Bild speichern:	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Typ löschen:	Löschen	Löschen	Löschen	Löschen	

Bild 18: Der IO-Manager der Sortieraufgabe

Die Auswertung des analogen Stromsignals erfolgt mit einer Simatic S7 Baugruppe SM 331 2xAI 12 Bit. Sie ist auf Stromsignal 4..20mA 4DMU zu parametrieren, d.h. Vier-Draht-Messumformer, da der Stromgeber des Bildsensors über eine eigene Stromversorgung verfügt.

Bei der hier gezeigten Lösung (**Bild 19**) wurde der Analogwert 4..20mA beispielhaft in einen Werte-bereich 0..100 skaliert, was mit einem Bibliotheksbaustein FC 105 "Scale" leicht zu vollziehen ist. Weiter wurde der Wert 100 in eine Boolesche Variable "Steuerbit_sonstige Teile" überführt. Diese Programmdetails sind zur Auswertung des Stromsignals nicht zwingend erforderlich, vielmehr sind andere Varianten möglich.

Für die Lösung in der Ablaufsprache ist das Programm nach Beispiel 1 lediglich zu erweitern (**Bild 20**).

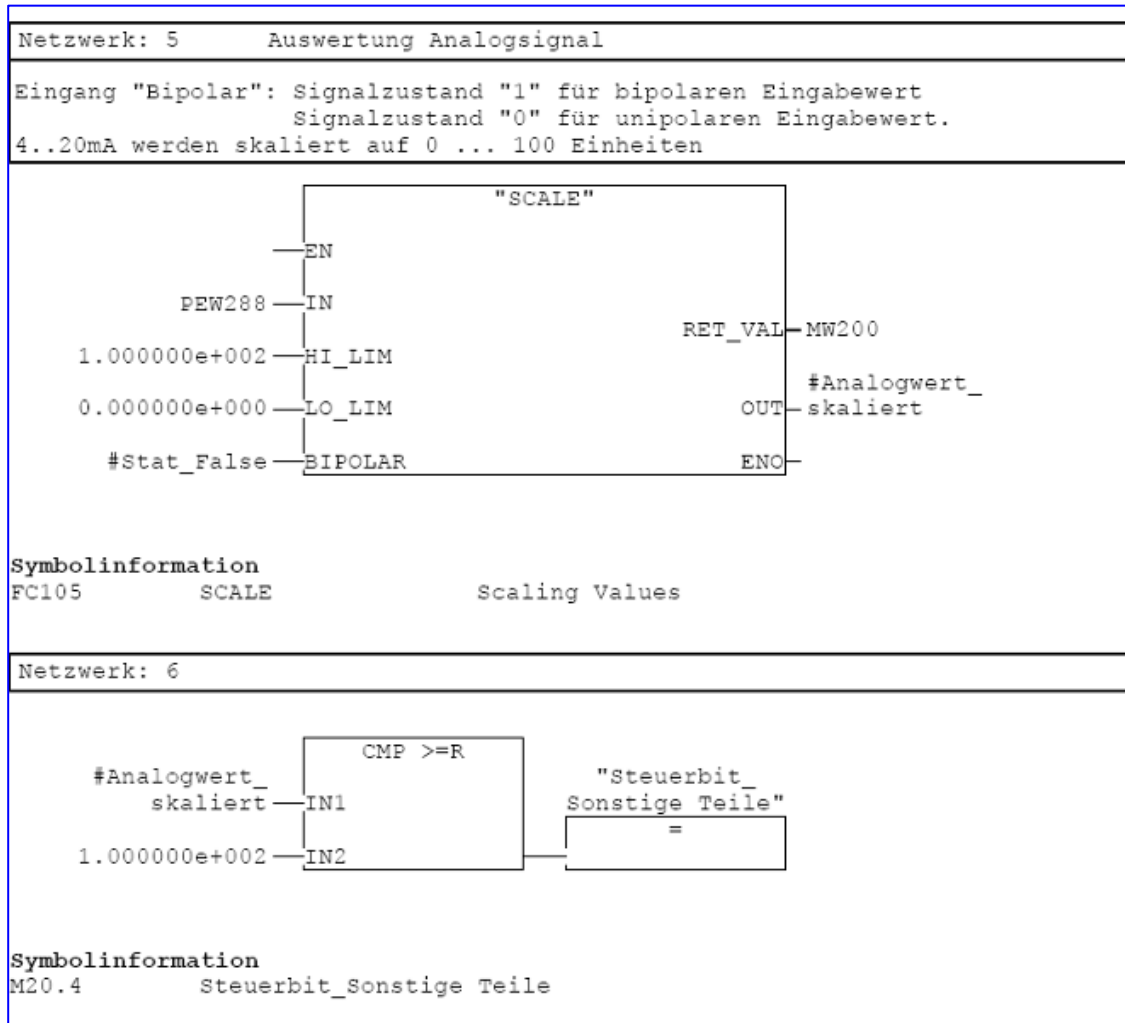


Bild 19: Die Auswertung des analogen Stromsignals im Step7-Programm. Das Signal 4..20mA wird mit dem FC105 "Scale" in 0..100 Einheiten skaliert, und der Wert 100 gilt als Kennung für sonstige Teile

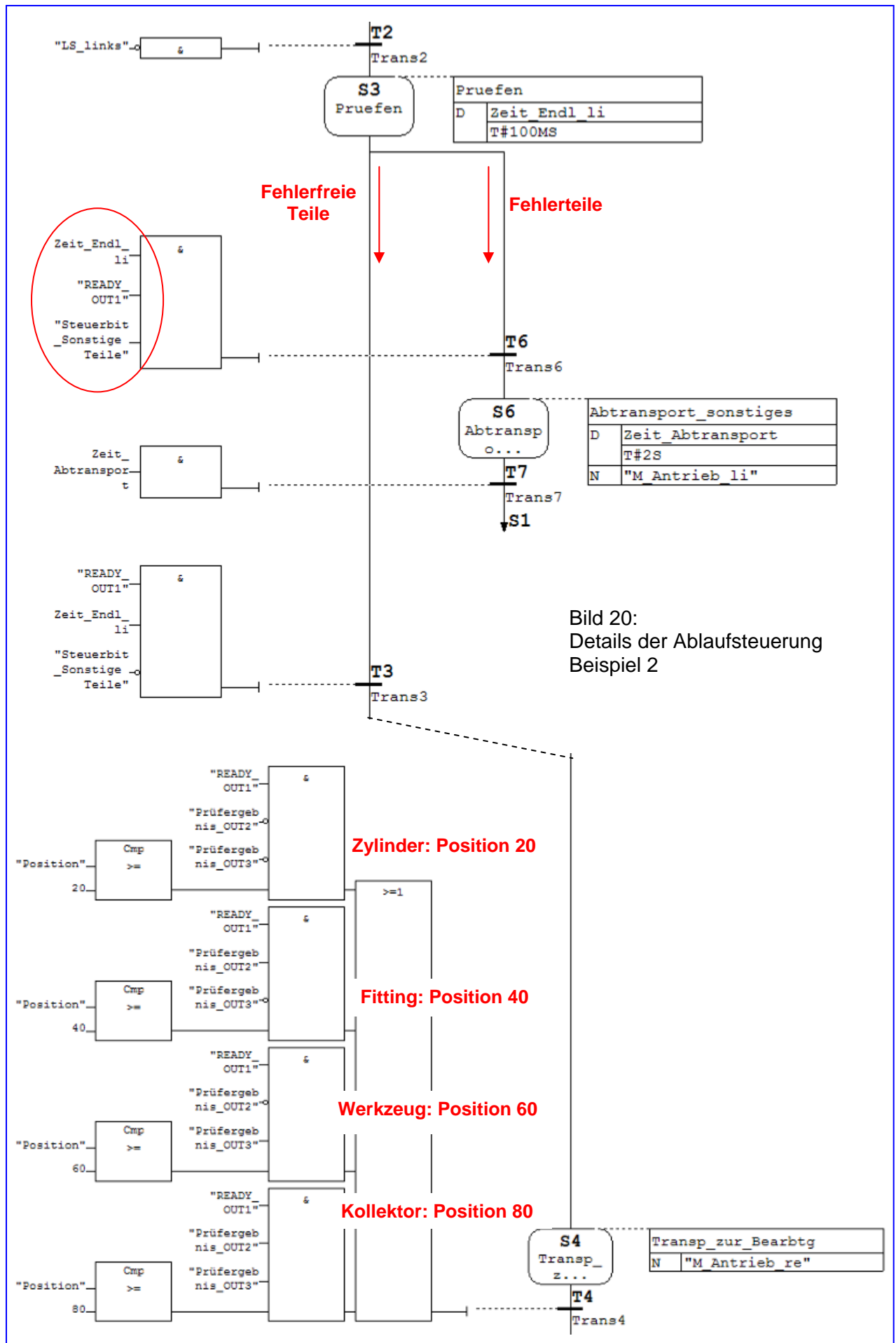


Bild 20:
Details der Ablaufsteuerung
Beispiel 2