

## **LERNFABRIK 4.0 24V**

**TRAINING FACTORY INDUSTRY 4.0 24V**  
**FÁBRICA DE FORMACIÓN INDUSTRIA 4.0 24V**

**Begleitheft**  
**Activity booklet**  
**Manual d'accompagnement**  
**Begeleidend boekje**  
**Cuaderno adjunto**  
**Folheto**  
**Libretto di istruzioni**  
**Сопроводительная инструкция**  
**附带说明书**

**Stand: 22.03.2024**



## Inhalte

Die einzelnen Fabrikkomponenten	S.3
Vakuum Sauggreifer	S.3
Automatisches Hochregallager	S.4
Multi-Bearbeitungsstation mit Brennofen	S.5
Sortierstrecke mit Farberkennung	S.6
Umweltstation mit Überwachungskamera	S.8
Überwachungskamera in Multi-Bearbeitungsstation	S.9
Umweltsensor und Fotowiderstand in Hochregallager	S.9
Ein-/ Ausgabestation mit Farberkennung und NFC Reader	S.9
TXT 4.0 Controller	S.10
Zustandsanzeige der Fabrik	S.10
Blockschaltbild der Fabrikanlage	S.11
Update Programme	S.12
Netzwerkstruktur der Fabrikanlage	S.13

## Die einzelnen Fabrikkomponenten

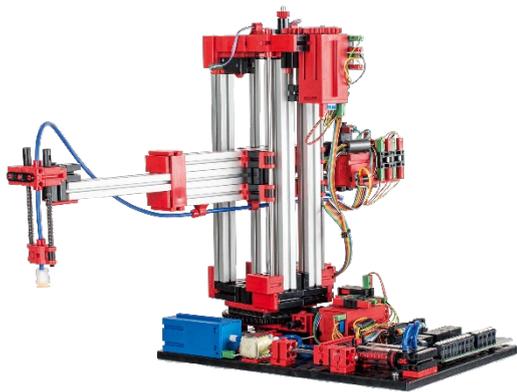
In diesem Kapitel werden die einzelnen Komponenten der Fabrikanlage vorgestellt und kurz ihre Funktion erläutert.

Was sind Roboter?

Der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) definiert Industrieroboter in der VDI- Richtlinie 2860 folgendermaßen:

„Industrieroboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln frei (d.h. ohne mechanischen bzw. menschlichen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen.“

### Vakuum-Sauggreifer 24V (VGR)



Der 3-Achsroboter mit Vakuum-Sauggreifer positioniert schnell und präzise Werkstücke im dreidimensionalen Raum. Arbeitsbereich: X-Achse 270°, Y-Achse (vor/zurück) 140 mm, Z-Achse (hoch/runter) 120 mm. Der 3D-Vakuum-Sauggreifer ist demnach ein Industrieroboter, der für Handhabungsaufgaben eingesetzt werden kann. Dabei werden Werkstücke mit Hilfe des Vakuumgreifers

aufgenommen und innerhalb eines Arbeitsraums bewegt. Dieser Arbeitsraum ergibt sich aus dem kinematischen Aufbau des Roboters und er definiert den Bereich, der vom Effektor des Roboters angefahren werden kann. Im Falle des Vakuum-Sauggreifers ist der Sauger der Effektor und der Arbeitsraum entspricht einem Hohlzylinder, dessen Hochachse mit der Drehachse des Roboters zusammenfällt. Die geometrische Gestalt des Arbeitsraums ergibt sich aus dem kinematischen Aufbau, der in der Abbildung dargestellt ist und der sich aus einer rotatorischen und zwei translatorischen Achsen zusammensetzt.

Der typische Arbeitsauftrag eines solchen Roboters lässt sich in die folgenden Arbeitsschritte unterteilen:

- Positionierung des Sauggreifers beim Werkstück
- Aufnahme des Werkstückes
- Transport des Werkstückes innerhalb des Arbeitsraums
- Ablage des Werkstückes

Die Positionierung des Sauggreifers beziehungsweise der Transport des Werkstückes kann als Punkt-zu-Punkt-Bewegung oder als kontinuierlicher Pfad definiert werden. Die Ansteuerung der einzelnen Achsen erfolgt dabei sequenziell und/oder parallel und sie wird maßgeblich durch im Arbeitsraum vorhandene Hindernisse oder vordefinierte Zwischenstationen beeinflusst. Die Steuerung des Sauggreifers erfolgt mit Hilfe eines 3/2-Wege-Magnetventils und zwei gekoppelten Pneumatikzylindern zur Erzeugung des Unterdrucks.



Taster



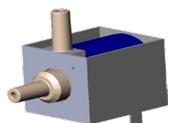
Encodermotor



Kompressor



Zylinder

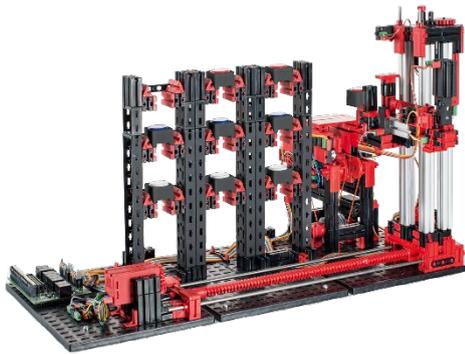


3/2-Wege-Magnetventil



## Automatisiertes Hochregallager 24V (HBW)

Was ist ein Hochregallager?



Ein Hochregallager ist eine Grundfläche sparendes Lager, das computergestützt die Ein- und Auslagerung von Waren ermöglicht. In den meisten Fällen sind Hochregallager als Palettenregallager ausgeführt. Diese Standardisierung ermöglicht einen hohen Automatisierungsgrad und die Anbindung an ein ERP-System (Enterprise-Resource-Planning). Hochregallager zeichnen sich dabei durch

eine hohe Raumnutzung und einen hohen Investitionsbedarf aus. Die Ein- und Auslagerung der Waren erfolgt durch Regalbediengeräte, die sich in einer Gasse zwischen zwei Regalreihen bewegen. Dieser Bereich ist Teil der Vorzone, in der auch die Identifikation der Ware durchgeführt wird. Dabei werden mittels Fördertechnik, z.B. Kettenförderer, Rollenbahnen oder Vertikalförderer, die Waren bereitgestellt und dem Regalbediengerät übergeben. Falls die Regalbediengeräte automatisiert sind, dürfen sich keine Personen in diesem Bereich aufhalten. Im Falle des Automatisierten Hochregals wird die Ware mit Hilfe eines Förderbands bereitgestellt.

Umweltsensor

Aus Platzgründen wurde der Umweltsensor auf die Grundplatte des Hochregallagers gebaut. Die elektrischen Verbindungen sind allerdings auf dem TXT 4.0 Controller.



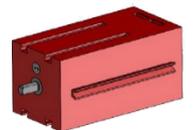
Fototransistor



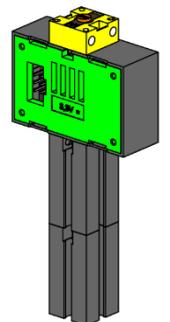
Taster



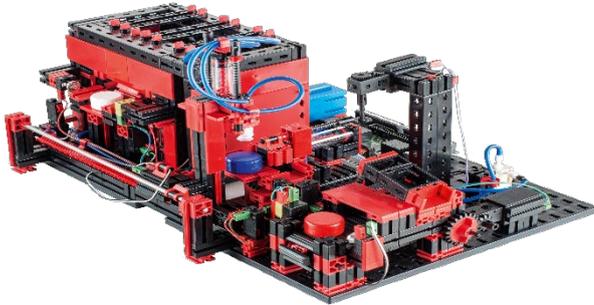
Mini-Motor



Encodermotor



## Multi-Bearbeitungsstation mit Brennofen 24V (MPO)



Bei der Multi-Bearbeitungsstation mit Brennofen durchläuft das Werkstück automatisiert mehrere Stationen, die verschiedene Prozesse simulieren. Dabei kommen verschiedene Fördertechniken, wie zum Beispiel ein Förderband, ein

Drehtisch und ein Vakuum-Sauggreifer zum Einsatz. Der Bearbeitungsprozess beginnt mit dem Brennofen. Um die Bearbeitung einzuleiten, wird das Werkstück auf den Ofenschieber gelegt. Dabei wird die Lichtschranke unterbrochen, was dazu führt, dass das Tor des Ofens geöffnet und der Ofenschieber eingezogen wird. Zeitgleich wird der Vakuum-Sauggreifer, der das Werkstück nach dem Brennprozess zum Drehtisch bringt, angefordert. Im Anschluss an den Brennprozess wird das Tor des Ofens wieder geöffnet und der Ofenschieber wieder ausgefahren. Der bereits positionierte Vakuum-Sauggreifer nimmt das Werkstück auf, transportiert es zum Drehtisch und legt es dort ab. Der Drehtisch positioniert das Werkstück unter der Fräse, verweilt dort für die Bearbeitungsdauer und fährt dann das Werkstück zum pneumatisch betätigten Auswerfer. Dieser schiebt das Werkstück auf das Förderband, welches das Werkstück zu einer Lichtschranke und dann zur Sortieranlage weiterbefördert. Das Durchschreiten der Lichtschranke bewirkt, dass der Drehtisch wieder auf seine Ausgangsposition gefahren und das Förderband zeitverzögert angehalten wird.

Der Programmablauf geschieht dabei parallel. Die Unterteilung erfolgt in die drei Einheiten: Brennofen, Vakuum Sauggreifer und Drehtisch. Die jeweiligen Prozesse kommunizieren miteinander und sorgen damit unter anderem dafür, dass es nicht zu Kollisionen kommt.

So löst beispielsweise der Brennofen an zwei Stellen des Programmablaufs die Bewegung des Vakuum-Sauggreifers aus, wodurch sichergestellt wird, dass der Vakuum-Sauggreifer einerseits rechtzeitig zur Stelle ist, andererseits jedoch nicht ins Leere greift. Ebenso wird der Drehtisch nach dem Ablegen des Werkstücks durch den Vakuum-Sauggreifer aktiviert.



Mini-Motor



Fototransistor



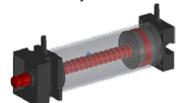
Taster



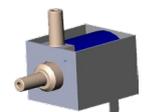
Sauger



Kompressor



Zylinder



3/2-Wege-Magnetventil

## Sortierstrecke mit Farberkennung 24V (SLD)



Die Sortierstrecke mit Farberkennung dient der automatisierten Trennung verschiedenfarbiger Werkstücke. Dabei werden geometrisch gleiche, jedoch verschiedenfarbige Bauteile einem Farbsensor, mit Hilfe eines Förderbands zugeführt und dann entsprechend ihrer Farbe getrennt. Das Förderband wird von einem Motor angetrieben und der Förderweg wird mit Hilfe eines Impulstasters gemessen. Der Auswurf der Werkstücke erfolgt mit Pneumatikzylindern, die den entsprechenden Lagerstellen zu- geordnet sind und von Magnetventilen betätigt werden. Mehrere Lichtschranken kontrollieren den Fluss der Werkstücke und ob sich Werkstücke in den Lagerstellen befinden.

Die Farberkennung erfolgt dabei mit einem optischen Farbsensor, welcher Licht ausstrahlt und auf Grundlage der Reflexion einer Oberfläche auf deren Farbe schließt. Demnach ist der Farbsensor strenggenommen ein Reflexionssensor, der angibt, wie gut eine Oberfläche Licht reflektiert. Der Messwert des Sensors ist deshalb nicht proportional zur Wellenlänge der gemessenen Farbe und auch die Zuordnung von Farbkoordinaten bzw. Farbräumen (beispielsweise RGB oder CMYK) ist nicht möglich. Neben der Farbe des Objekts beeinflussen Umgebungslicht, die Oberfläche des Objekts sowie der Abstand des Objekts vom Sensor die Reflexionsgüte. Aus diesem Grund ist es unabdingbar, dass der Farbsensor vor Umgebungslicht geschützt ist und die Oberflächen der Objekte vergleichbar ist.

Zudem ist es wichtig, dass der Sensor senkrecht zur Oberfläche des Objekts eingebaut ist. Die Unterscheidung der farbigen Werkstücke erfolgt durch Schwellwerte, die die Messwerte der einzelnen Farben gegeneinander abgrenzen. Da sich die Wertebereiche verschiedener Farbsensoren unterscheiden, müssen diese Grenzwerte unbedingt angepasst werden.

Wird ein Werkstück auf das Förderband gelegt, und es unterbricht dabei die Lichtschranke, wird der Prozess gestartet und das Förderband fährt los. Für die Farberkennung durchläuft das Werkstück eine abgedunkelte Schleuse, in welcher ein Farbsensor installiert ist. In diesem Zeitintervall wird der Minimalwert der gemessenen Farbwerte bestimmt und dem Werkstück zugeordnet. Dabei wird in der Zeit, die das Werkstück benötigt, um am Farbsensor vorbeizufahren, der bisherige Minimalwert mit dem aktuellen Messwert verglichen und gegebenenfalls durch diesen ersetzt.

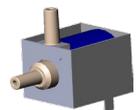
Die Sortierstrecke mit Farberkennung dient der automatisierten Trennung verschiedenfarbiger Werkstücke. Dabei werden geometrisch gleiche, jedoch verschiedenfarbige Bauteile einem Farbsensor, mit Hilfe eines Förderbands zugeführt und dann entsprechend ihrer Farbe



Kompressor



Zylinder



3/2-Wege-Magnetventil



Taster



Fototransistor



Farbsensor



Mini-Motor

Der Auswurf wird mit Hilfe der Lichtschranke, die sich vor dem ersten Auswurf befindet, gesteuert. In Abhängigkeit des erkannten Farbwerts, wird der entsprechende Pneumatikzylinder, nach dem Unterbrechen der Lichtschranke durch das Werkstück, verzögert ausgelöst. Dabei kommt der Impulstaster, der die Drehung des Zahnrads, welches das Förderband antreibt, registriert, zum Einsatz. Im Gegensatz zu einer zeitbasierten Verzögerung ist dieser Ansatz robust gegenüber Schwankungen der Förderbandgeschwindigkeit. Die ausgeworfenen Werkstücke werden durch drei Rutschen den jeweiligen Lagerstellen zugeführt.

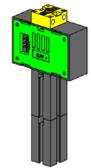
Die Lagerstellen sind dabei mit Lichtschranken ausgerüstet, die erkennen, dass die Lagerstelle gefüllt ist oder nicht. Die Lichtschranke kann jedoch nicht bestimmen, wie viele Werkstücke sich in der Lagerstelle befinden.

## Umweltstation mit Überwachungskamera 24V (SSC)



Die Umweltstation mit Überwachungskamera dient zur Erfassung von Messwerten innerhalb der Fabrik. Die bewegliche Kamerastation ist auf der Multi-Bearbeitungsstation aufgebaut und dient dazu, die Anlage optisch zu überwachen.

Der neue Umweltsensor und ein Fotowiderstand ermöglichen die Messung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Luftqualität und Helligkeit. Die Werte werden grafisch dargestellt.



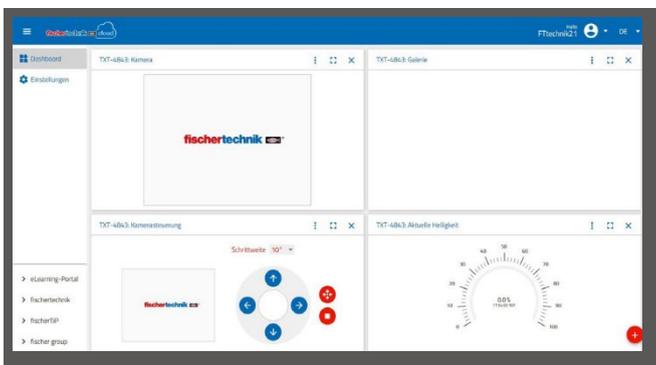
Fotowiderstand, Umweltsensor



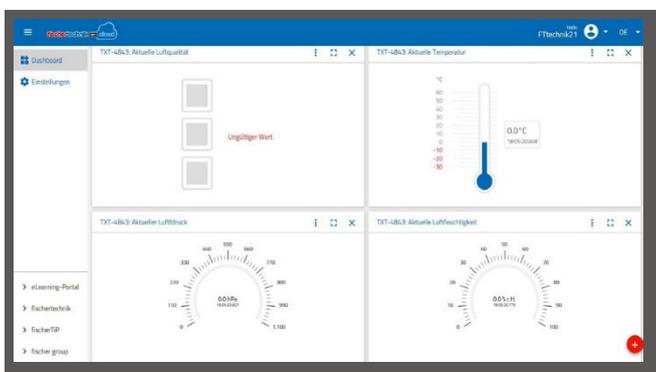
Encodermotor



Kamera



Mit einem virtuellen Joystick kann die Kamera gedreht und geneigt werden, um die Fabrik überwachen zu können. Die Bilder werden ebenfalls auf dem Überwachungsbildschirm dargestellt.



Auf einer Bedienoberfläche, dem „Dashboard“, werden permanent die verschiedenen Sensordaten kontrolliert. Hier können auch die Bewegungsachsen der Kamera gesteuert werden. Durch eine LED-Anzeige wird darauf hingewiesen, wenn die eingestellten Grenzwerte überschritten werden. Die rote LED leuchtet immer auf, wenn ein Bild der Kamera in die Cloud übertragen wird.

## Überwachungskamera in Multi-Bearbeitungsstation

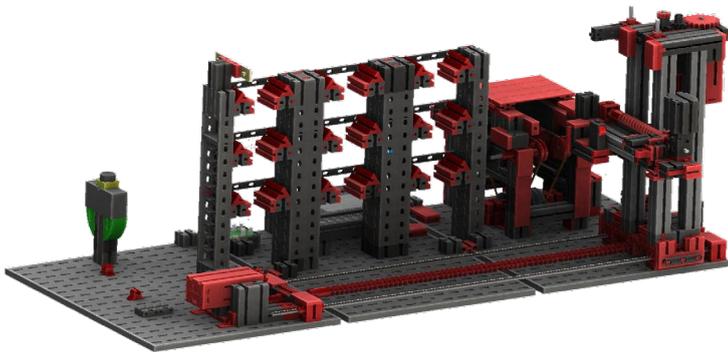


In der Fabrikanlage wurden die beiden Module „Multi-Bearbeitungszentrum und Überwachungskamera“ zu einem Gesamtmodul zusammengefasst. Dies hat den Vorteil, dass die Kamera an höchster Stelle im Fabrikmodell steht und somit die gesamte Anlage überwachen kann. Die Überwachungskamera besitzt noch eine optische Anzeige (rote Lampe). Durch Blinken wird angezeigt, dass Bilder aufgezeichnet werden.



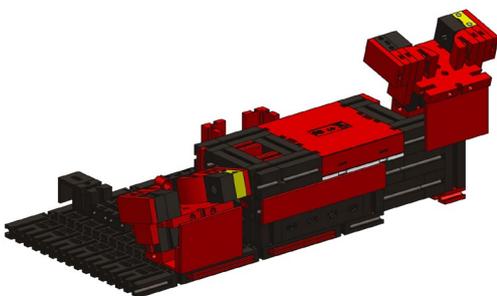
Kontrolllampe  
rot

## Umweltsensor und Fotowiderstand in Hochregallager



Der Umweltsensor und der Fotowiderstand befinden sich am Hochregalmodul. Beide sind mit dem TXT 4.0 Controller verbunden.

## Ein-/ Ausgabestation mit Farberkennung und NFC-Reader 24V (DPS)



Die Ein-/ Ausgabestation besteht aus insgesamt 3 Arbeitsbereichen:

- Ein- und Ausgabeeinheit
- Farberkennung
- NFC-Reader

Über die Lichtschranke der Eingabestation wird erkannt, ob in dieser ein einzulagerndes Werkstück liegt. Ist dies der Fall, wird die Information an das weiterführende Programm gegeben (Vakuum-Sauggreifer holt das Werkstück ab).

Bevor das Werkstück weiterbearbeitet wird, wird in der Farberkennung über einen Farbsensor die Farbe des Werkstücks ermittelt.

Nach der Farberkennung werden dem Werkstück verschiedene Daten zugewiesen. Dazu legt der Vakuumsauggreifer das Werkstück auf dem NFC-Reader ab.

Zuerst werden alle Daten im Speicher gelöscht und das Werkstück als Rohware markiert.

Der Reader beschreibt dann den im Werkstück befindlichen NFC-Tag NTAG213 mit werkstückrelevanten Daten.

**Wichtig:** Ein NFC-Tag hat eine eindeutige ID. Diese kann nicht geändert werden.

Werden ein oder mehrere Werkstücke bestellt, gelangen diese nach Durchführung verschiedener Arbeiten in den Ausgabebereich. Zuvor können zusätzliche Produktionsdaten zum jeweiligen Werkstück im verfügbaren Speicher auf dem NFC-Tag gespeichert werden.

## TXT 4.0 Controller

Auf der Ein-/ Ausgabestation befindet sich auch der TXT 4.0 Controller mit Anschluss des Umweltsensors und des Fotowiderstands. Auch die Kamera ist hier über eine USB-Schnittstelle angeschlossen.

## Zustandsanzeige der Fabrik

Der Zustand der Fabrik wird durch drei LEDs angezeigt.

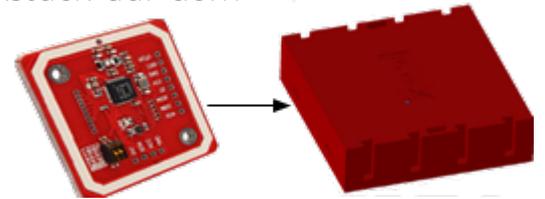
- Grün** bedeutet, alle Stationen befinden sich im Wartezustand.
- Gelb** bedeutet, dass mindestens eine Station aktiv ist.
- Rot** bedeutet einen Fehler, der im Dashboard in der Cloud quittiert werden muss, damit die Lernfabrik die Abläufe fortsetzt.



Farbsensor



Fototransistor



Adapterplatine

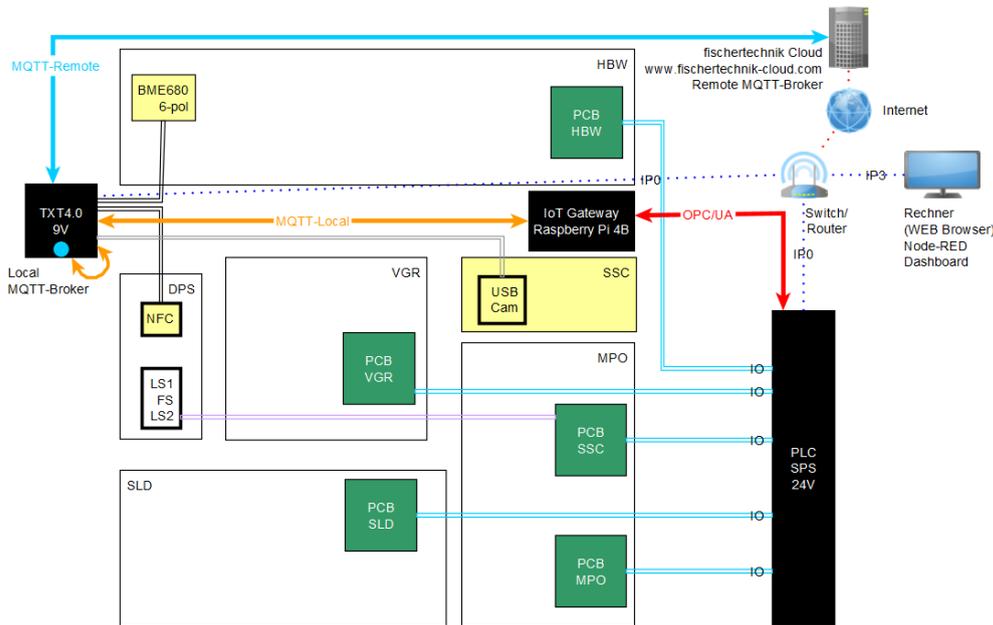


TXT Controller



Zustandsanzeige

## Blockschaltbild der Fabrikanlage



Das Blockschaltbild zeigt Ihnen, wie die einzelnen Fabrikkomponenten miteinander kommunizieren und wie die Anlage ans Internet und in die fischertechnik Cloud eingebunden wird. Ebenfalls ist aus dem Blockschaltbild ersichtlich, welche Informationen der Nutzer über seinen PC, sein Tablet oder sein Smartphone abrufen kann.

Bei der Lernfabrik 4.0 24V kommunizieren drei verschiedene Steuerungen miteinander, die über einen Switch/Router miteinander verbunden werden:

- SPS (Ablaufsteuerung des Modells, SPS-Programm)
- IoT-Gateway (Node-RED Umgebung als Adapter zwischen OPC/UA und MQTT, Dashboard zum Steuern des Modells)
- TXT 4.0 Controller (fischertechnik Sensorik und Anbindung an fischertechnik Cloud)

Die SPS enthält die Ablaufsteuerung für die komplette Lernfabrik.

Da die MQTT-Schnittstelle in der SPS-Steuerung keine Standard-Schnittstelle darstellt, wurde über ein zusätzliches IoT-Gateway (Raspberry Pi 4) mit einer Node-RED Umgebung ein Adapter zur MQTT-Schnittstelle realisiert. Die SPS stellt hier als Server über die Standardschnittstelle OPC/UA dem IoT Gateway die benötigten Daten im lokalen Netzwerk zur Verfügung. Das IoT-Gateway leitet dann die Nachrichten an den TXT 4.0 Controller weiter.

Der TXT 4.0 Controller übernimmt die Rolle eines Gateways zur fischertechnik Cloud <https://www.fischertechnik-cloud.com>.

Zusätzlich werden die Komponenten Kamera, RFID/NFC-Reader, Umweltsensor BME680 und ein Helligkeitssensor hier eingebunden und deren Daten der Cloud zur Verfügung gestellt.

Über einen Webbrowser kann auf das Dashboard der Node-RED-Anwendung in dem IoT-Gateway zugegriffen werden.

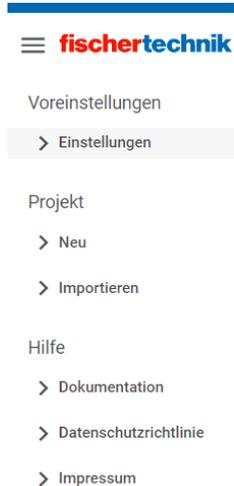
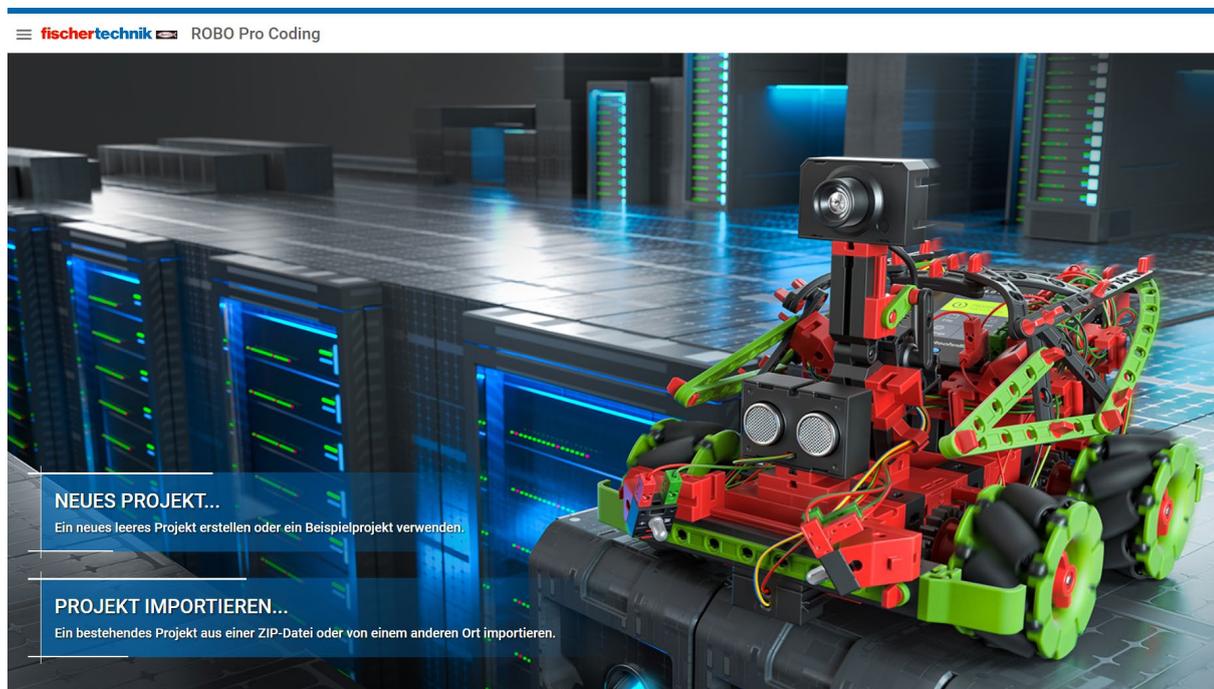
## Update Programme

Wenn die Lernfabrik 4.0 24V ausgeliefert wird, so werden zum Zeitpunkt der Produktion die beiden verfügbaren Versionen das Programm „GatewayPLC“ auf den Haupt-Controller in der Lernfabrik kopiert.

Da das Programm „GatewayPLC“ ständig weiterentwickelt werden, ist es empfehlenswert, immer die aktuelle Programmversion auf den TXT 4.0 Controller zu kopieren.

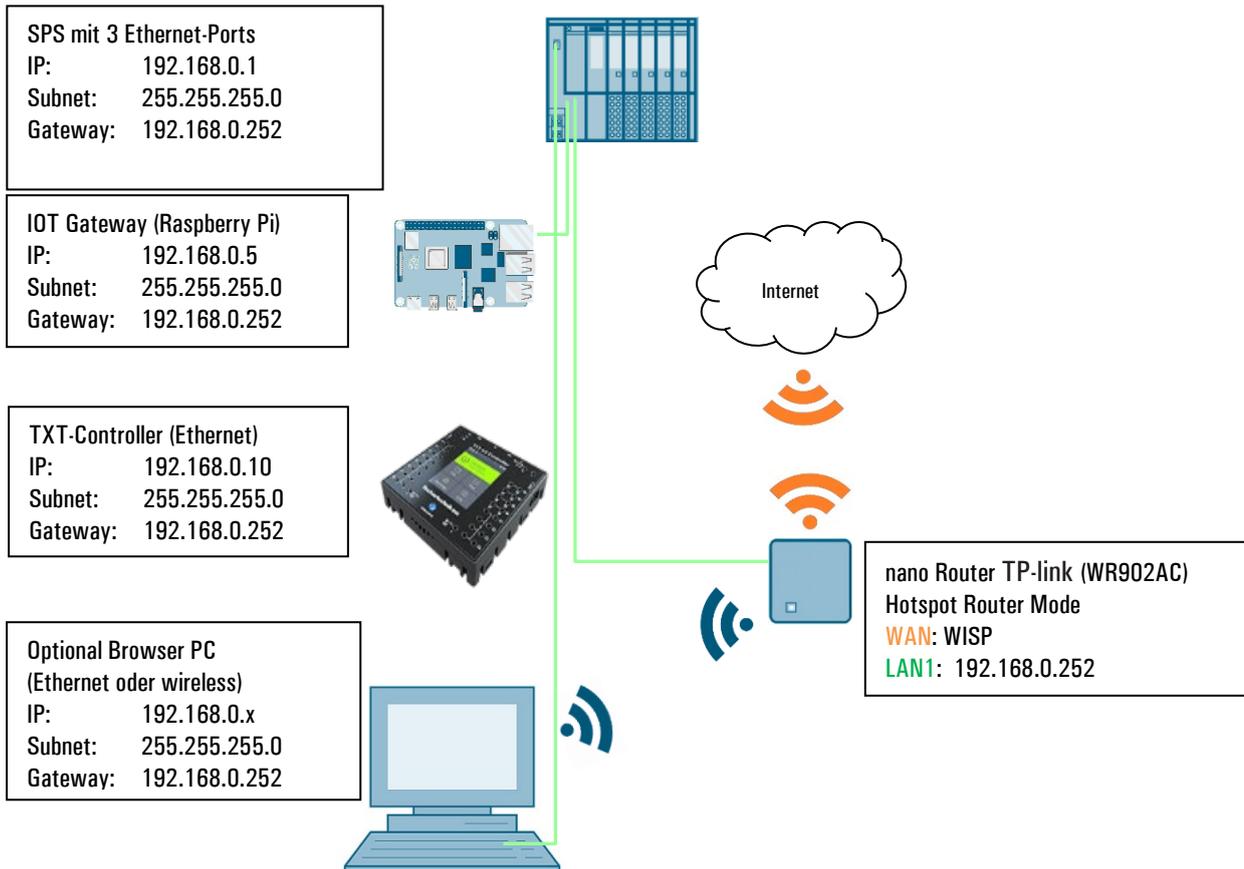
In diesem Kapitel wird beschrieben, wie das Programm aktualisiert werden kann. Zum Aktualisieren wird die App ROBO Pro Coding und eine Internetverbindung benötigt. Gehen Sie dabei wie folgt vor:

ROBO Pro Coding starten und das Programm, „GatewayPLC“ vom fischertechnik Gitlab importieren



## Netzwerkstruktur der Fabrikanlage

Das folgende Bild stellt die Netzwerkstruktur und die verwendeten Standard-IP Adressen dar:



Die Lernfabrik kann im Online-Modus mit einem Router TP-Link (TL-WR902AC) im WISP-Modus an ein drahtloses WAN angebunden werden. Das Ethernet-Interface des Routers muss die IP: 192.168.0.252 haben und wird mit der SPS verbunden (IP: 192.168.0.1). Das IOT-Gateway muss die IP: 192.168.0.252 haben und wird ebenfalls mit der SPS verbunden.

Auf dem Router wird DHCP aktiviert und dafür gesorgt, dass der TXT 4.0 Controller über DHCP immer mit der gleichen IP-Adresse 192.168.0.10 versorgt wird. Details zu den Einstellungen des Routers finden Sie im Kapitel Verbinden der Lernfabrik 4.0 mit dem Internet.

NTP-Zeitsynchronisation muss über Internet NTP Server erfolgen. Fernwartung ist nicht möglich.

**Wichtig:** Bitte verwenden Sie eine geeignete Internetverbindung für die Lernfabrik 4.0. Folgende Anforderungen sind wichtig: Proxy-Einstellungen werden vom TXT 4.0 Controller nicht unterstützt, bitte verwenden Sie keine Proxy-Einstellungen. Ports für MQTT (1883 und 8883) und NTP-Service müssen freigeschaltet sein.