

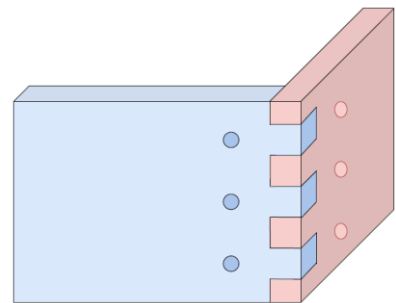
## Arbeitspaket 1 + 3 + 4:

### Anwendung für den Versuchsaufbau

Als Anwendung für den Versuchsaufbau wurde die Verbindung zweier Platten über einen Befestigungswinkel definiert. Die Platten bestehen aus Kunststoff und sind mit drei Befestigungslöcher, wie auch Fingerzinken versehen. Der Prozess wird durch 3 Teilprozesse gebildet.

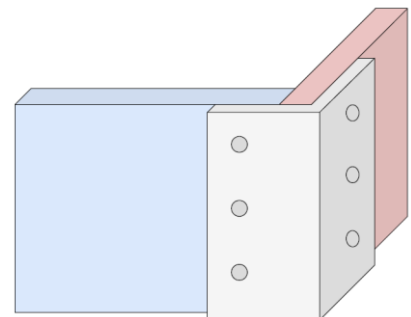
#### Teilprozess 1: Positionieren der Platten

Der Teilprozess fügt die beiden Platten im 90°-Winkel zusammen. Die Seiten der Platten sind mit Fingerzinken versehen, die ineinandergreifen. Der Roboter entnimmt zunächst die erste Platte aus dem Lager und positioniert sie auf einer Halterung. Anschliessend holt der Roboter die zweite Platte und stösst diese entsprechend der Fingerzinken in die erste Platte.



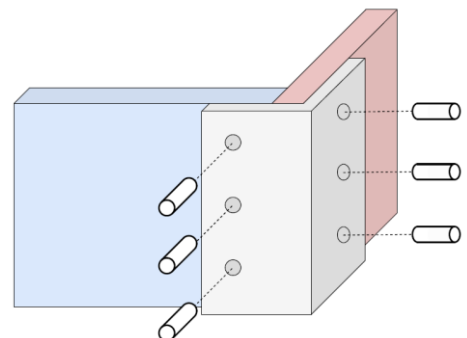
#### Teilprozess 2: Montieren von Befestigungswinkel

Der Roboter holt den Befestigungswinkel aus dem Lager und platziert diesen entsprechend der Löcher in den Platten. Die korrekte Position wird über ein Vision-System definiert. Das Befestigungsblech kann auch in die Halterung eingelegt werden.



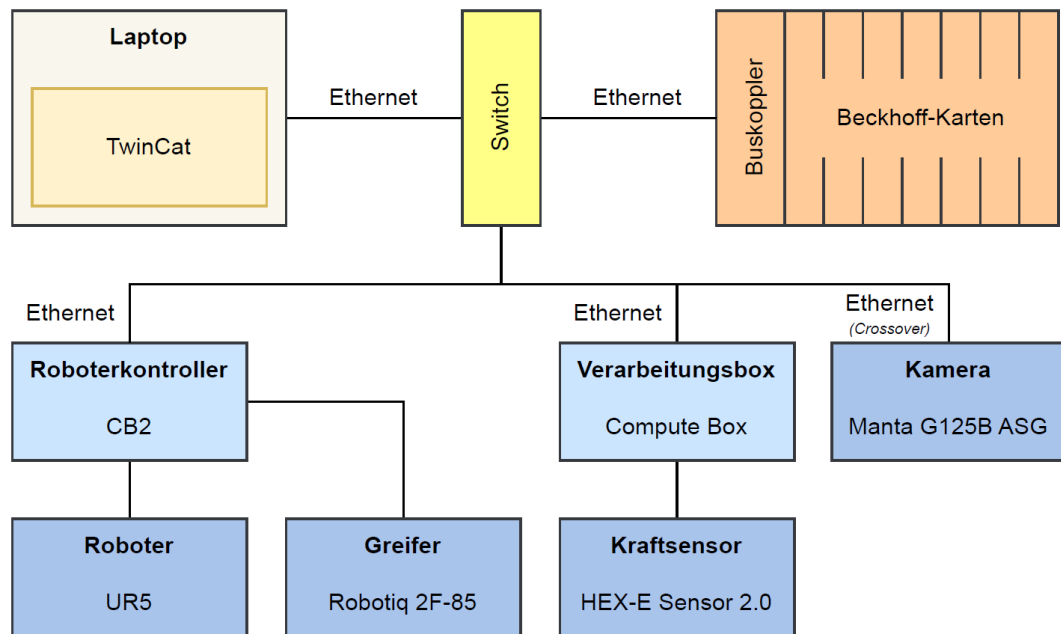
#### Teilprozess 3: Verbinden von Platten mit Befestigungswinkel

Im letzten Schritt werden die Befestigungswinkel via Stifte mit den Platten verbunden. Die Passung der Löcher ist dabei so ausgelegt, dass der Stift knapp mit Spiel montiert werden kann. Die Stifte müssen somit so mit der Platte verbunden werden, dass sich diese nicht verkanten.



## Definierte Komponenten (Inkl. Schnittstellen)

Die allgemeine Kommunikationstopologie der funktionsrelevanten Komponenten sieht wie folgt aus:



Für die Umsetzung des Versuchsaufbaus wird ein Laptop mit TwinCat als SPS eingesetzt. Der Grund dafür ist die Leistungsfähigkeit. Da alle Funktionalitäten innerhalb der SPS stattfinden sollen, muss diese auch die entsprechende Power mitbringen.

Die Switch verbindet den Laptop mit dem Bus-Koppler und den entsprechenden Komponenten der Prozesszelle. Teil des Netzwerkes ist der Robotercontroller, die Signalverarbeitungsbox des Kraftsensors und die Kamera.

### Roboter und Robotercontroller:

Der UR5-Roboter von Universal Robots wurde als Robotersystem ausgewählt. Dieser kollaborative Roboter zeichnet sich durch eine benutzerfreundliche Kommunikationsschnittstelle aus und kann schnell und unkompliziert in Betrieb genommen werden. An der BFH besteht umfassende Erfahrung mit dem UR5, und es stehen verschiedene Peripherie-Tools zur Verfügung.

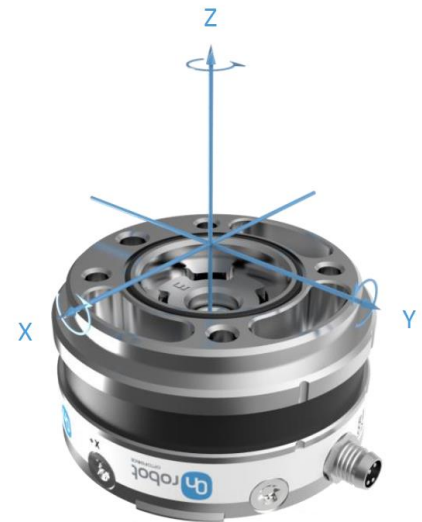
Mit einer Traglast von 5 kg und einer Reichweite von 850 mm ist der Roboter für vielfältige Anwendungen geeignet. Als Kommunikationsschnittstelle zwischen TwinCat und Controller wird eine TCP/IP-Schnittstelle verwendet. Dafür muss TwinCat mit dem TF6310-Paket (TwinCAT 3 TCP/IP) oder TF6311-Paket (TwinCAT 3 TCP/UDP Realtime) versehen werden, wobei TF6310 auch eine UDP-Kommunikation aufbauen kann. Bei TF6311 wird jedoch direkt über die Netzwerkkarte mit dem Server oder Client kommuniziert, was eine spezielle Hardwareschnittstelle voraussetzt. Diese Schnittstellen ermöglicht das Programmieren des Roboters über URScript. Der Controller verfügt aber auch über digitale und analoge Ein- und Ausgänge.

Der UR5-Roboter kann über folgende IP-Adresse verbunden werden:

### Kraftmessungssensor:

Im Gegensatz zum UR5e verfügt der UR5 über keine integrierten Kraft-/Drehmomentsensoren in den Gelenken, was eine präzise Kraftregelung erschwert. Um dies zu kompensieren, kann der UR5 mit einem externen Kraftmesssensor ausgestattet werden. Hierfür eignet sich der „HEX-E Sensor 2.0“ von OnRobot, der an der mechanischen Schnittstelle des UR5 montiert werden kann.

Dieser Sensor misst Kräfte und Drehmomente in sechs Achsen. Die erfassten Daten werden an eine Signalverarbeitungsbox weitergeleitet, die das Rohsignal verarbeitet und über eine Ethernet-Schnittstelle zur Verfügung stellt. Die Kommunikation kann über eine UDP- oder TCP-Schnittstelle erfolgen. Für die Integration in TwinCAT wird das TF6310-Paket (TwinCAT 3 TCP/IP) verwendet.



### Kamera:

Als Kamera kommt die „Manta G125B ASG“ zum Einsatz, die mit der weit verbreiteten GigE-Vision-Schnittstelle ausgestattet ist. Dadurch lässt sie sich direkt aus TwinCAT auslesen und konfigurieren. Um die Kamera in Betrieb zu nehmen, müssen die TF7XXX-Pakete (TwinCAT 3 Vision) installiert sein. Der Anschluss der Kamera erfolgt über eine Ethernet-Schnittstelle mithilfe eines Crossover-Kabels.



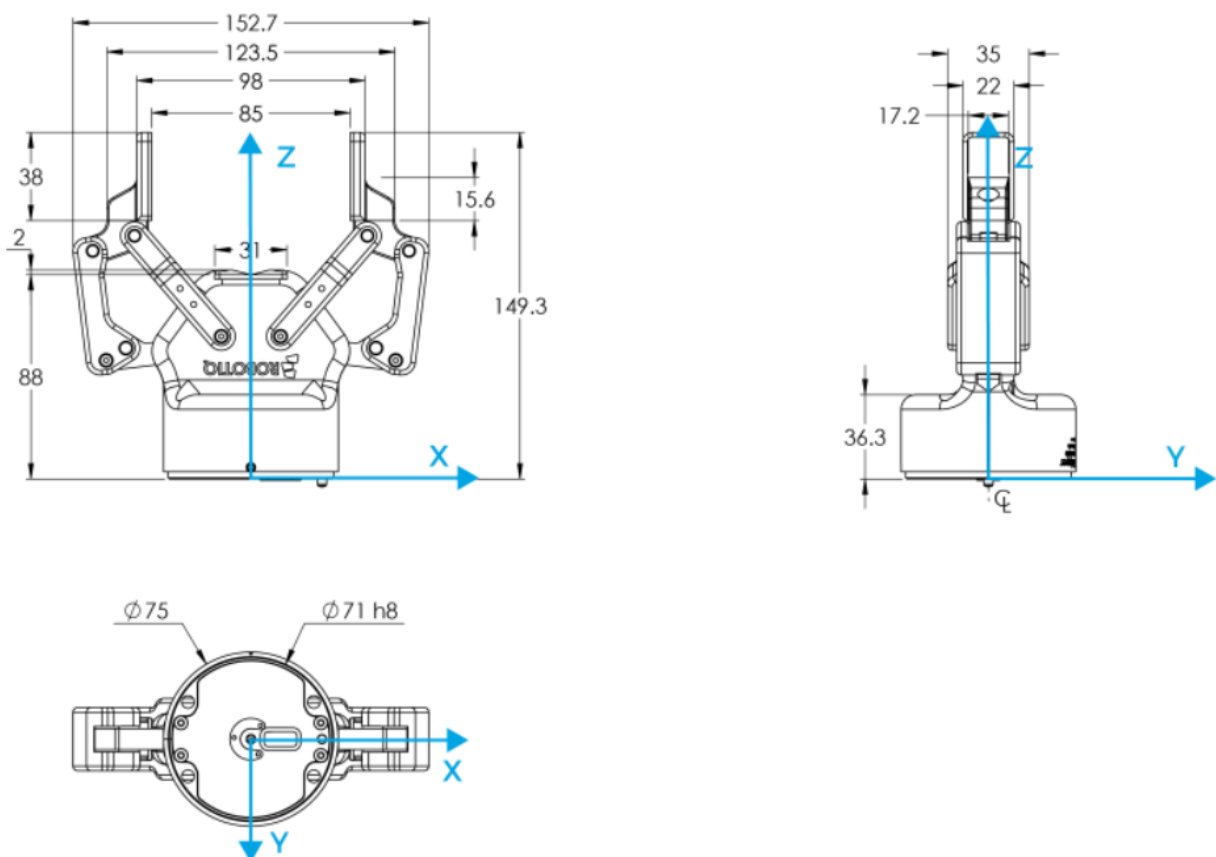
Die Kamera kann über folgende IP-Adresse verbunden werden:

IP-Adresse:

Subnetz:

## Greifer:

Für das System wird der 2F-85-Greifer von Robotiq verwendet, der speziell für die Integration mit UR-Robotern entwickelt wurde. Die Montage erfolgt einfach mittels einer Adapterplatte, und der Greifer wird direkt über den Anschluss am UR5-Roboter verbunden. Der eingesetzte CB2-Kontroller ist gerade noch in der Lage den Greifer betreiben zu können.



Der 2F-85-Greifer bietet eine maximale Greifweite von 85 mm und wird elektrisch betrieben. Dank integrierter Sensoren lässt sich die Greifkraft präzise überwachen und anpassen. Auch die Fingerposition wird überwacht, was dem Greifer eine hohe Flexibilität in verschiedenen Anwendungen ermöglicht.

## Sonstiges:

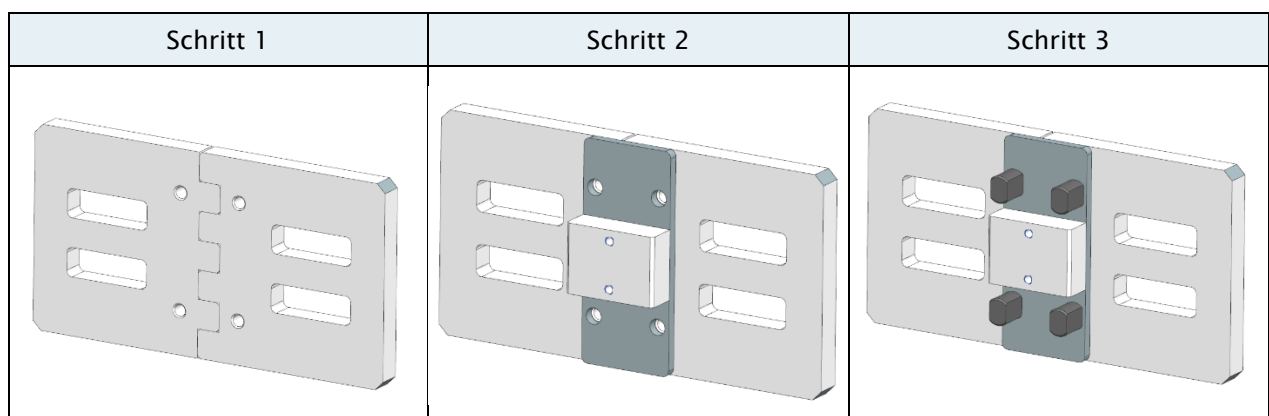
## Mechanische Konstruktion

Die mechanische Konstruktion wurde so einfach wie möglich gestaltet, um in erster Linie das schnelle Testen der Software zu ermöglichen. Der Aufbau besteht aus zwei Kunststoffplatten, einem Verbindungsblech und vier Stiften.

Der Montageprozess erfolgt in drei Schritten: Zunächst werden die beiden Platten miteinander verbunden. Dafür sind sie mit sogenannten "Fingerzinkungen" ausgestattet, durch die sie ineinandergesteckt werden. Anders als im ursprünglichen Konzept vorgesehen, bei dem eine Eckverbindung angedacht war (siehe Verweis), liegen die Platten in einer Ebene. Erste Simulationen mit der Software „RoboDK“ zeigten, dass eine Eckverbindung die Erreichbarkeit der verschiedenen Positionen für den Roboter deutlich erschwert hätte. Durch den montierten Kraftsensor und Greifer wird der TCP versetzt, was den Arbeitsbereich des Roboters zusätzlich einschränkt. Die flache Anordnung der Platten erleichtert die Zugänglichkeit erheblich, während der grundlegende Prozess unverändert bleibt.

Im zweiten Schritt wird das Verbindungsblech auf die zusammengefügt Platten aufgelegt. Es muss dabei exakt auf die Lochpositionen der Platten ausgerichtet werden. Im dritten Schritt werden die Platten und das Blech mithilfe von Stiften fixiert. Die Stifte werden in die vorgesehenen Löcher gedrückt, wobei eine enge, aber noch als Spielpassung definierte Toleranz vorliegt. Der Roboter muss dabei äusserst präzise arbeiten und in der Lage sein, eine Verkantung zu erkennen. Auf Verfahren wie Schrauben oder Nieten wurde bewusst verzichtet, um den Einsatz eines spezifischen Werkzeugs für den Roboter zu vermeiden.

Der Roboter selbst könnte ja etwas drehen -> Mittels Achse 6 am TCP



Alle Detailzeichnungen in Fertigungsdaten werden im Anhang beigelt.

Die Montage wird auf einer Platte durchgeführt, welche gleichzeitig auch als Halterung für Komponenten dient. Im unteren linken Bereich werden die Komponenten montiert. Dafür wird das Kunststoff-L-Stück als Anschlag verwendet.

