

FANUC

THE FACTORY AUTOMATION COMPANY

FANUC 3D Bildverarbeitung

Überblick:

- „Bin Picking“ bzw. der „Griff in die Kiste“:
Was ist die Motivation und was macht es eigentlich so schwer?
- 3D Area Sensor; 3D Vision Sensoren 3DV/400, 3DV/600 und 3DV/1600:
 - Übersicht der 3D-Sensoren und die Hardware
 - Übersicht der Software-Funktionen
 - Einrichten und Simulation
- Erkennung von Bauteilen
 - Erkennungs-Tools von Bauteilen
 - Teilverwaltung mit dem „Part List Manager“
 - automatische Kollisionsvermeidung mit „Interference Avoidance“
 - Anwendungsbeispiele
- Allgemeine Tipps zum Greiferdesign

Motivation und Herausforderungen des „Bin Picking“

Motivation:

Bin Picking ermöglicht neue Möglichkeiten in der Automatisierung:

- **geringere Kosten**
 - weniger Vorrichtungen
 - geringerem Platzbedarf
 - höhere Automatisierung
- **höhere Flexibilität**
 - schnelle Einrichtung auf neue Teile
 - schnelle Anpassung an wirtschaftliche Lage
 - geringe Losgrößen können gefahren werden
 - Anlagenlayout bleibt bestehen
- **körperliche- und gesundheitliche Belastungen für Mitarbeiter reduzieren**

Herausforderungen:

Bin Picking ist viel mehr als die Erkennung von Bauteilen in einer Kiste:

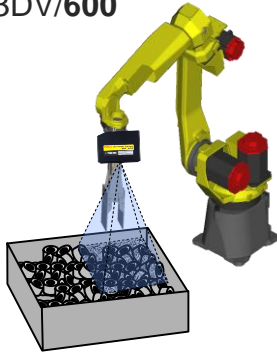
- ist ein Bauteil erkennbar und direkt lagerichtig entnehmbar, oder ist eine Nachkorrektur notwendig? Können Teile ineinander verhaken?
- kann das erkannte Bauteil kollisionsfrei gegriffen werden oder ist eine Korrektur der Greifposition notwendig und möglich?
- wie ist das Zusammenspiel von Roboter + Greiftechnik?
- wie zuverlässig ist die Erkennung der Bauteile bei schwankender Umgebung?

Übersicht der 3D-Sensoren



3D Area Sensor
3DAS/1300

3D Vision Sensor
3DV/400 & 3DV/600

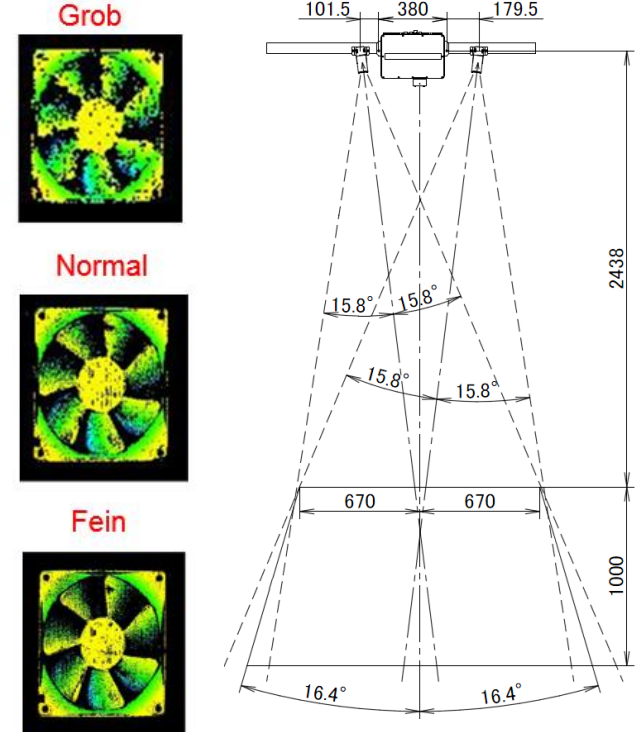


3D Vision Sensor
3DV/1600

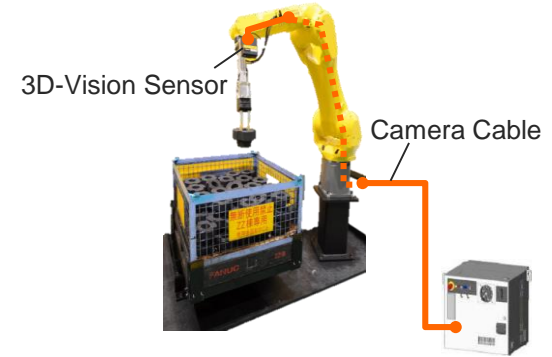
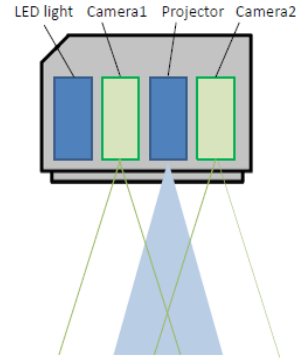


3D Area Sensor (3DAS/1300)

- Der 3D-Area Sensor besteht aus einem Streifenlichtprojektor und zwei digitalen Kameras.
- Vom Projektor generierte Lichtstreifen ermöglichen die exakte Zusammenführung der beiden 2D Bilder. Eine vollständige 3D Punktwolke der gesamten Kiste wird generiert.
- Eckdaten
 - Messbereich: 400x300x300mm - 1340x1000x1000mm
 - Messdauer: 2~3 Sekunden (je nach Einstellung)
 - Messgenauigkeit: XY: ± 0.3 mm, Z: $\pm 2,3$ mm
- bis zu 4x 3D-Area Sensoren können an einer einzelnen Robotersteuerung (Standard Controller) angeschlossen werden.
- einfache Einstellung und Kalibrierung mit Hilfe der integrierten Setup-Optionen
- nur für stationäre Montage geeignet



3D Vision Sensor 3DV/400 und 3DV/600



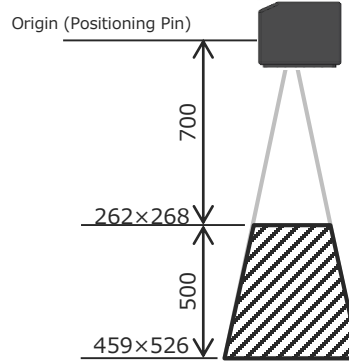
- kompaktes Design, statisch oder am Roboter montiert nutzbar
- komplette Ansteuerung über ein Coax Kabel
- nutzbar als reine 2D Kamera, reiner 3D Sensor oder in Kombination (Hybride Erkennung)
- Auflösung: 1104x950 Pixel (2D und 3D)
- schnelle Bildaufnahme
- Schutzart IP67, damit auch in schwierigen Umgebungen einsetzbar
- Maße und Gewicht: 154x116x51 mm, 1,1 kg

3D Vision Sensor

3DV/400 und 3DV/600

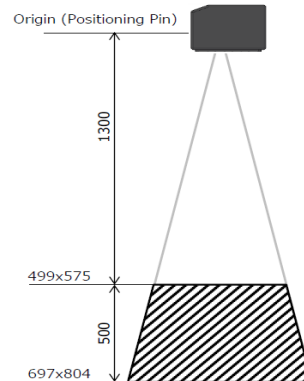
Die Tiefengenaugigkeit hängt vom Werkstück und den verwendeten Erkennungstools ab

3DV/400



Bildaufnahmezeit	100ms + Belichtungszeit
Resolution	950×1104 pixel
Tiefengenaugigkeit	mehr als ±0.5mm (#)
IP Schutzklasse	IP67
Umgebungstemp.	0~45°C
Lebensdauer	=Roboterlebensdauer

3DV/600



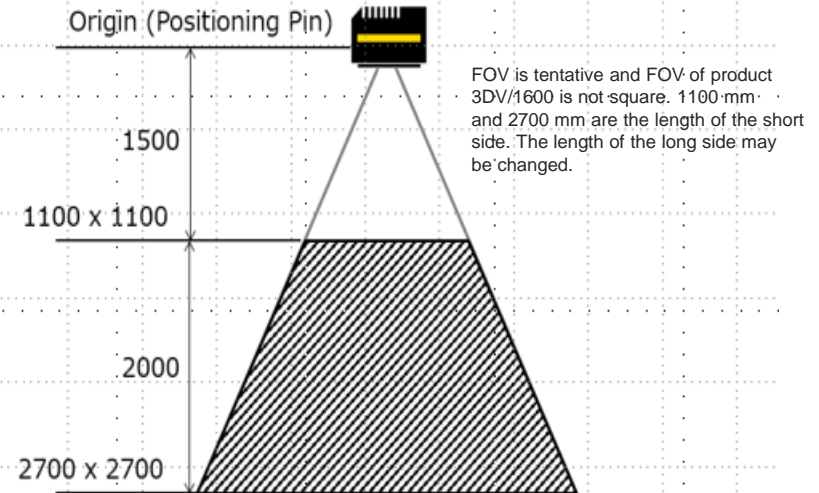
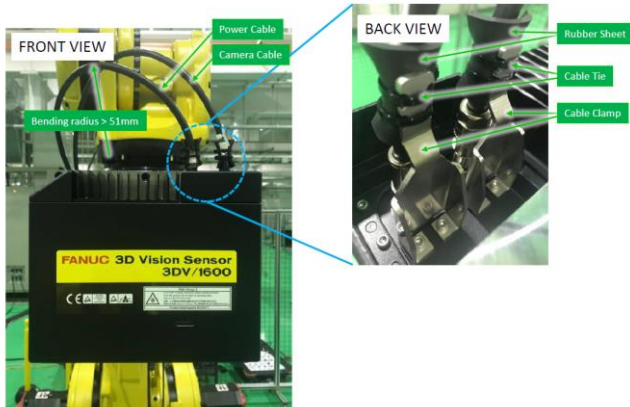
Bildaufnahmezeit	100ms + Belichtungszeit
Resolution	950×1104 pixel
Tiefengenaugigkeit	mehr als ±1.6 mm (#)
IP Schutzklasse	IP67
Umgebungstemp.	0~45°C
Lebensdauer	=Roboterlebensdauer

3D Vision Sensor (3DV/1600)



- kompaktes Design, **statisch** oder **am Roboter** montiert nutzbar
- Ansteuerung über **1x Coax Kabel** und **1x Power Kabel**
- nutzbar als reine **2D Kamera**, reiner **3D Sensor** oder in Kombination (Hybride Erkennung)
- Auflösung: **2274 x 1990 Pixel** (2D und 3D)
- schnelle Bildaufnahme
- **Schutzart IP67**, damit auch in schwieriger Umgebung einsetzbar
- Maße und Gewicht: ca. 250x200x85 mm, **3,2 kg**

Cable Connection

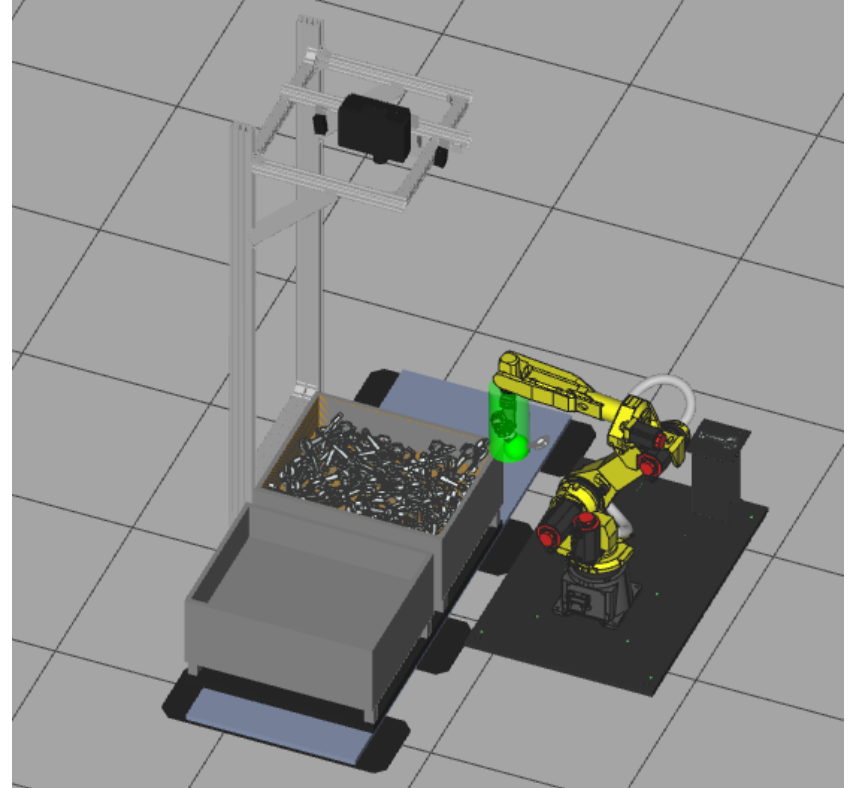


Die Tiefengenauigkeit hängt vom Werkstück und den verwendeten Erkennungstools ab.

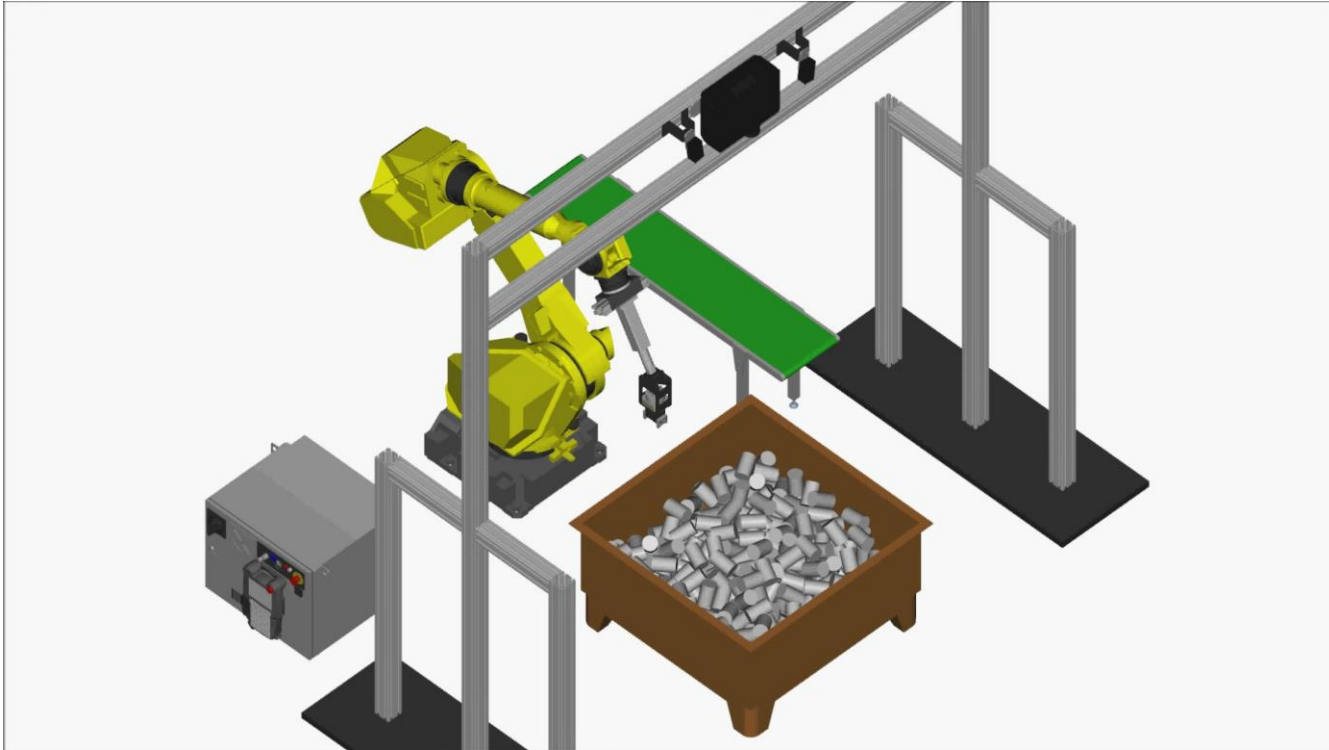
Offline Simulation mit ROBOGUIDE

3DAS und 3DV/400 Sensoren werden aktuell in der FANUC Simulationssoftware ROBOGUIDE unterstützt:

- alle Bin Picking Funktionen verfügbar
- Vorbereiten und ausführen von Ablaufprogramme
- Überprüfen von Zellen- und Greiferdesign
- Einbringen von Störkonturen (z.B. Greifer, Kiste, Säulen)
- Darstellen der Bauteile (CAD Daten) im Behälter, auch als Schüttgut



Offline Simulation mit ROBOGUIDE



Software

- Setup über einfache und übersichtliche Tools direkt am Teach Pendant oder am PC (Web Browser)
- Keine zusätzliche Software erforderlich. Alle iRVision Menüs sind auf dem iPendant verfügbar und die meisten iRVision Menüs auch über den Web Server abgebildet.

MENU 1	iRVision 1
1 UTILITIES	1 Vision Setup
2 TEST CYCLE	2 Vision Runtime
3 MANUAL FCTNS	3 Vision Log
4 ALARM	4 Vision Config
5 I/O	5 Vision Utilities
6 SETUP	6 Vision Devices
7 FILE	7 Bin Picking IA
8 iRVision	8 Bin Picking PM
9 USER	9 Bin Picking Cfg
0 -- NEXT --	

* available if option J909 was installed

* available only on the iPendant

ROBOT Homepage
Hostname: ROBOT
Robot No: F00000

iRVision

PC iPendant

Current Robot Status

Active Program/
Variables/Diagnostics

Robot Tools

Contact Information

Note

iRVision

1 Vision Setup

2 Vision Runtime

3 Vision Log

4 Vision Config

5 Vision Utilities

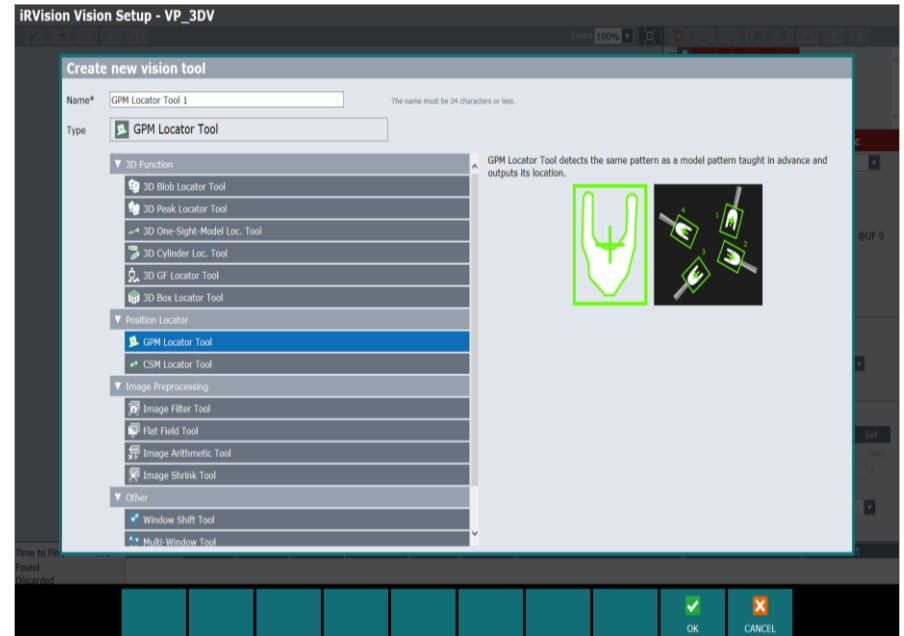
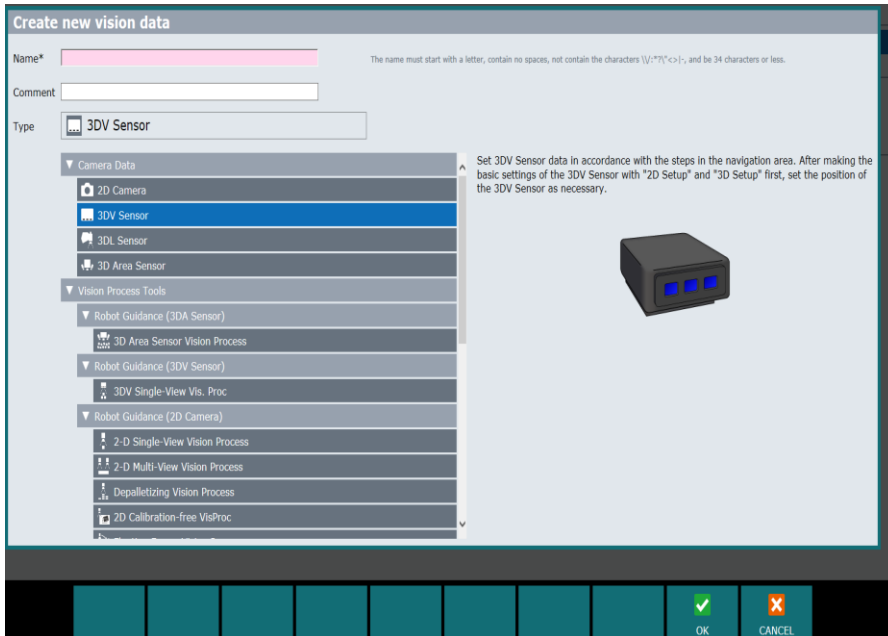
6 Vision Devices

7 Interference Avoidance Setup

8 Parts List Manager

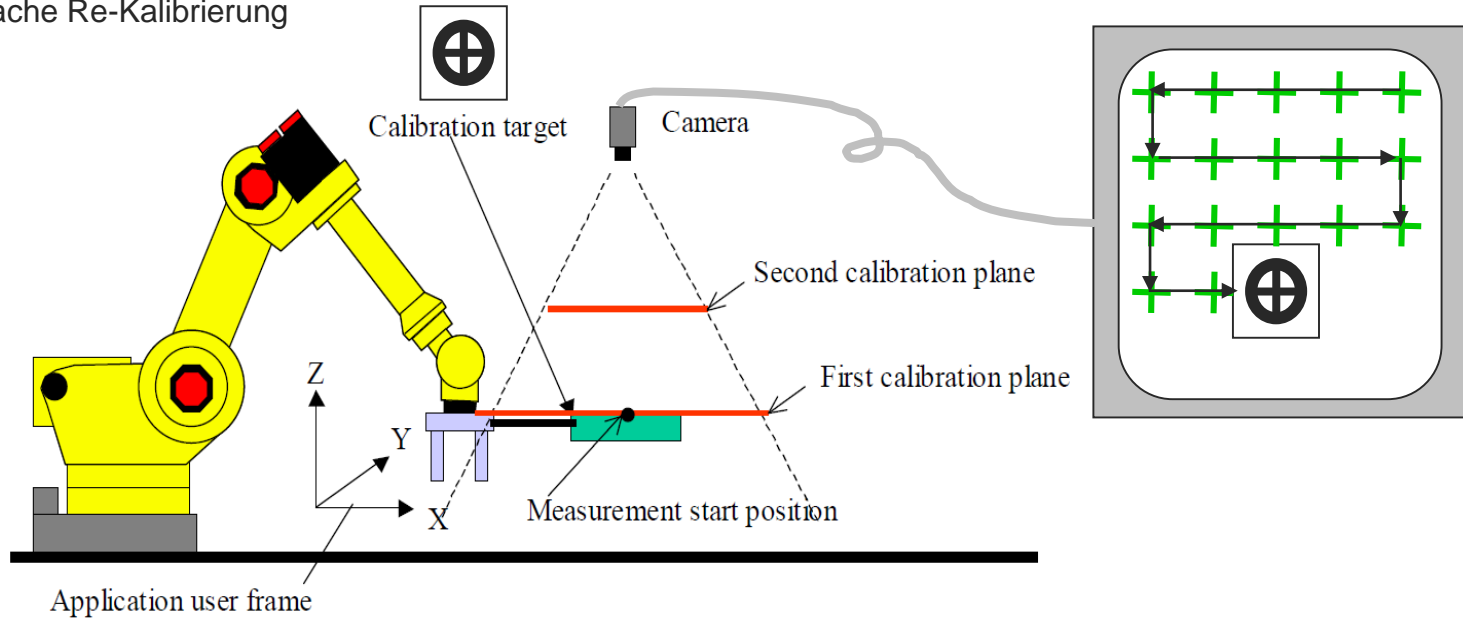
Software - Vision Setup Menü und Vision Tools

Schnelle und einfache Erstellung von neuen Daten und ein großer Umfang von weiteren Erkennungstools, die auch kombiniert werden können.



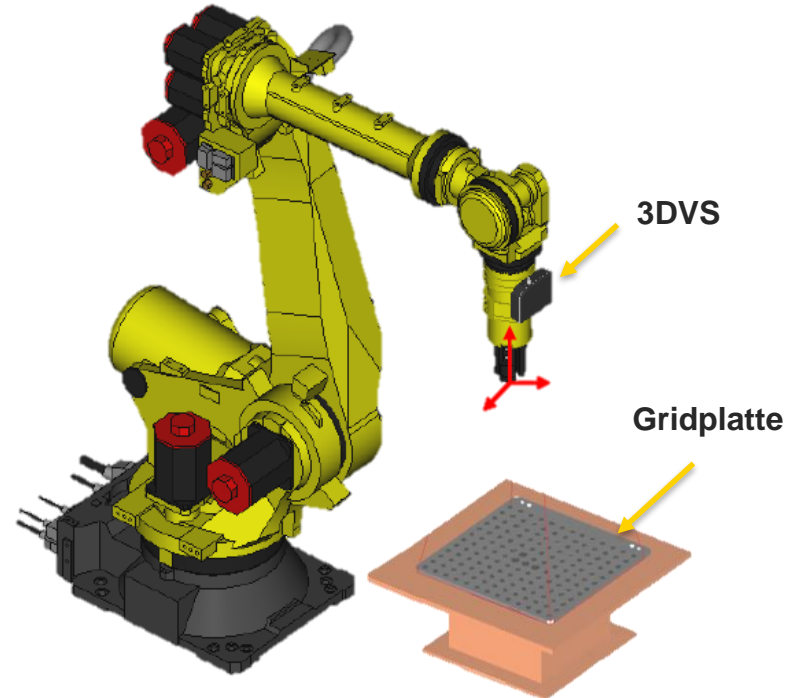
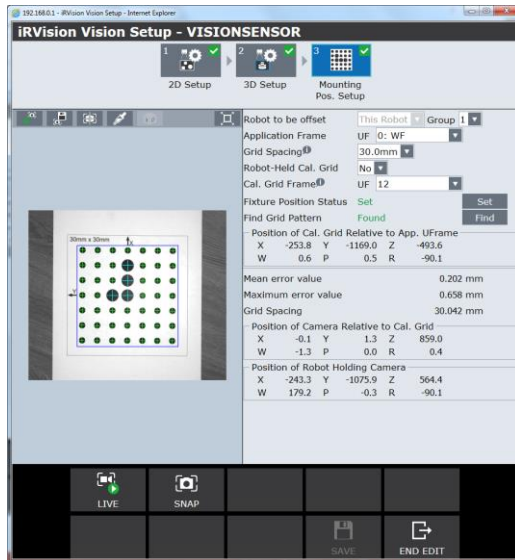
3D Area Sensor Kalibrierung

- Einfache Einstellung und Kalibrierung mit Hilfe der integrierten Setup-Optionen
- Am Roboterflansch wird ein Target montiert, mit dem automatisch ein Programm für die Kalibrierung erstellt und abgefahren wird
- Einfache Re-Kalibrierung



3D Vision Sensor Kalibrierung

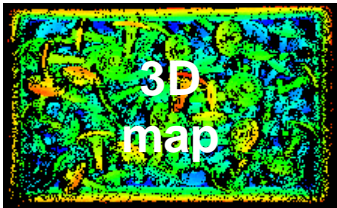
- einfache Einstellung und Kalibrierung mit Hilfe der integrierten Setup-Optionen
- für die Kalibrierung ist eine Gridplatte notwendig
- einfache, automatische Rekalibrierung



Arten der Erkennungsmethoden

Reine 3D-Methoden

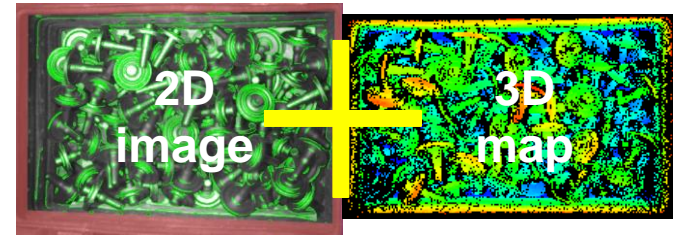
Vorteil: kurze Erkennungszeiten



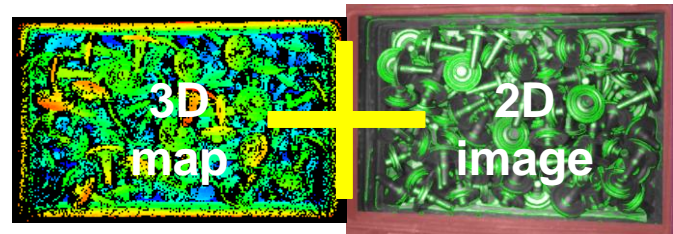
- 3D Peak LT,
 - 3D Blob LT,
 - 3D GF LT,
 - 3D Cylinder LT,
- oder
- 3D One-Sight-Model LT

Hybride Methoden (2D + 3D)

Vorteil: höhere Genauigkeit & Zuverlässigkeit



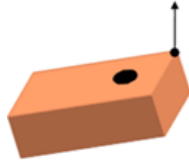
[Parent: **GPM LT** oder **CSM LT** + Child: **3D COG MT** oder **3D Plane MT**] oder **3D Box LT**



Parent: **3D Peak LT** oder **3D Blob LT** + Child: (**GPM LT** oder **CSM LT**) + Position Adjustment Tool

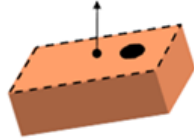
Software Tools für die Erkennung

Erkennung Tools



3D Peak
Locator Tool

It finds locally
highest
positions



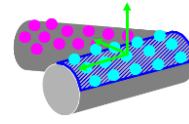
3D Blob
Locator Tool

It finds sets of
connected 3D
points



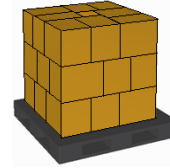
3D GF
Locator Tool

It finds random possible
grip positions for 2-finger
gripper



3D Cylinder
Locator Tool

It finds cylindrical surfaces
with specified diameter and
length



3D Box
Locator Tool

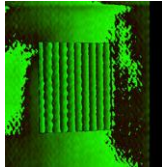
It finds closed boxes
with specified size



3D One-Sight-
Model LT

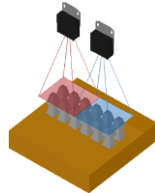
It finds large
complex parts by a
ref. 3D pattern

Erweiterte Tools



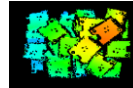
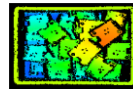
It snaps depth images

Depth
Snap Tool



It merges multiple depth
images into one

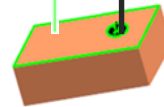
Stitching
Tool



It removes
useless 3D points

3D Data
Preprocess
Tool

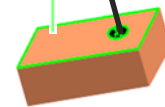
Found result of 2D
pattern matching



It measures average
Z in a 2D
measurement area

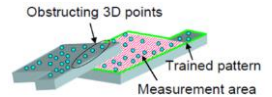
3D COG
Measurement
Tool

Found result of 2D
pattern matching



It measures Z and
posture in a 2D
measurement area

3D Plane
Measurement
Tool

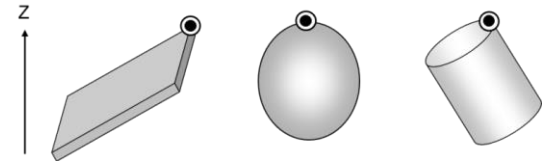
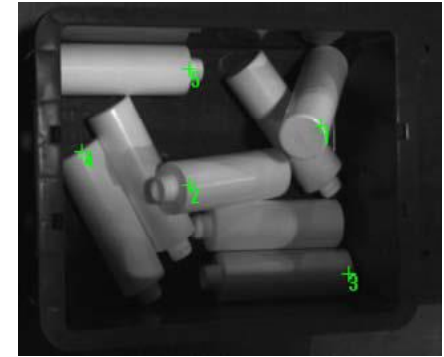
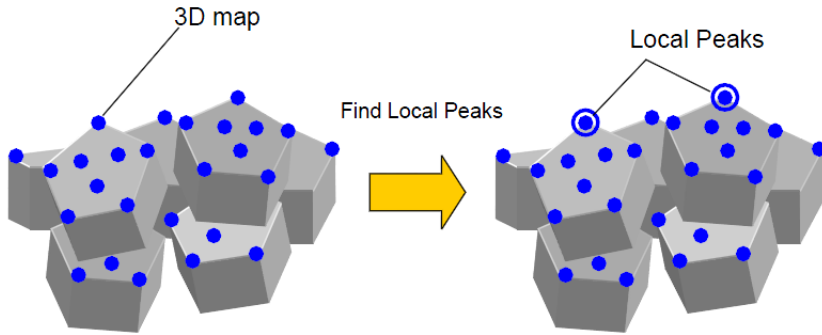


It measures
obstruction in a 2D
measurement area

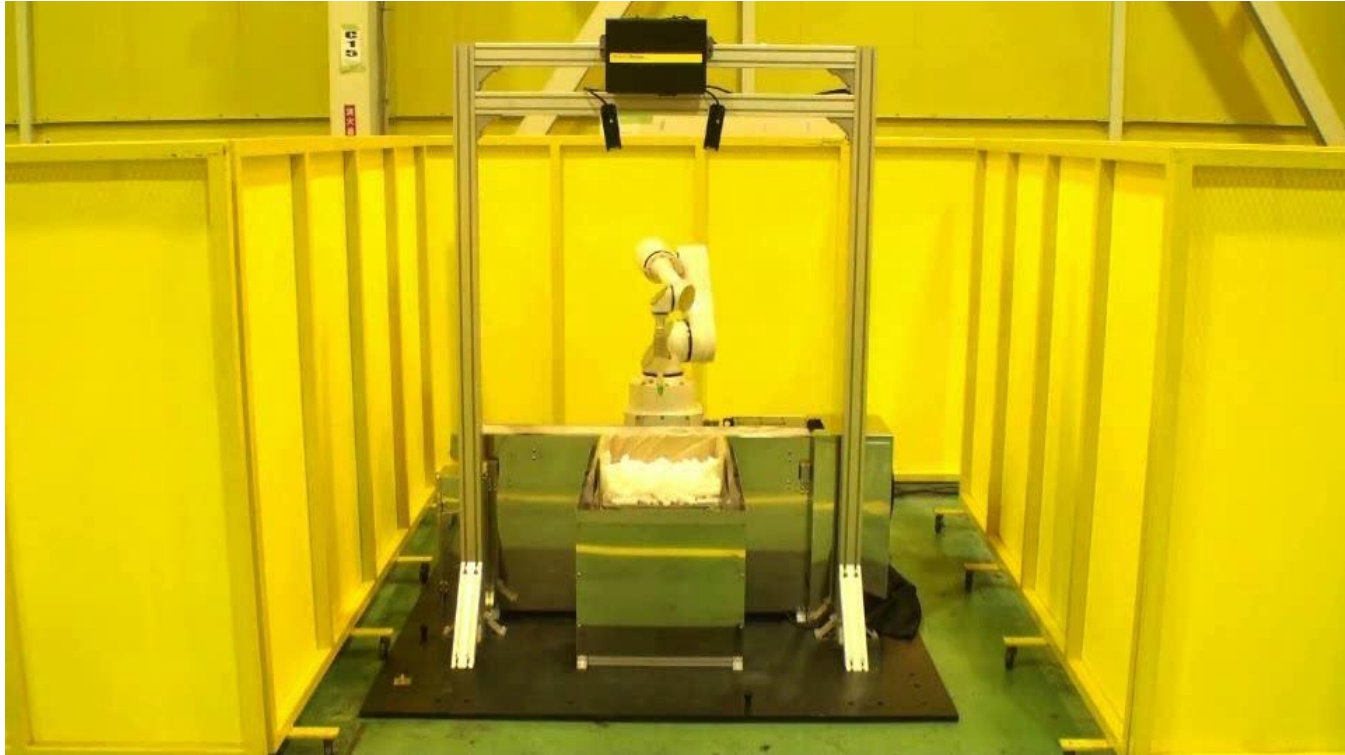
3D Obstruction
Measurement
Tool

Peak Locator Tool

- Peak Locator Tool erkennt die höchsten Punkte innerhalb der 3D Punktwolke
- Griff der am höchsten gelegenen Punkten ohne Bekanntsein deren Konturen
- Anfahren dieser Punkte mit einem Magnet- oder Vakuumgreifer



Peak Locator Tool



Blob Locator Tool

- **Schwerpunkt [Center of Gravity]**

Der Schwerpunkt von zusammengehörigen 3D-Punkten, die in einer definierten Höhe eine 3D-Fläche (3D-Blob) bilden, ist die Greifposition.

- **Höchste Dichte [High density position]**

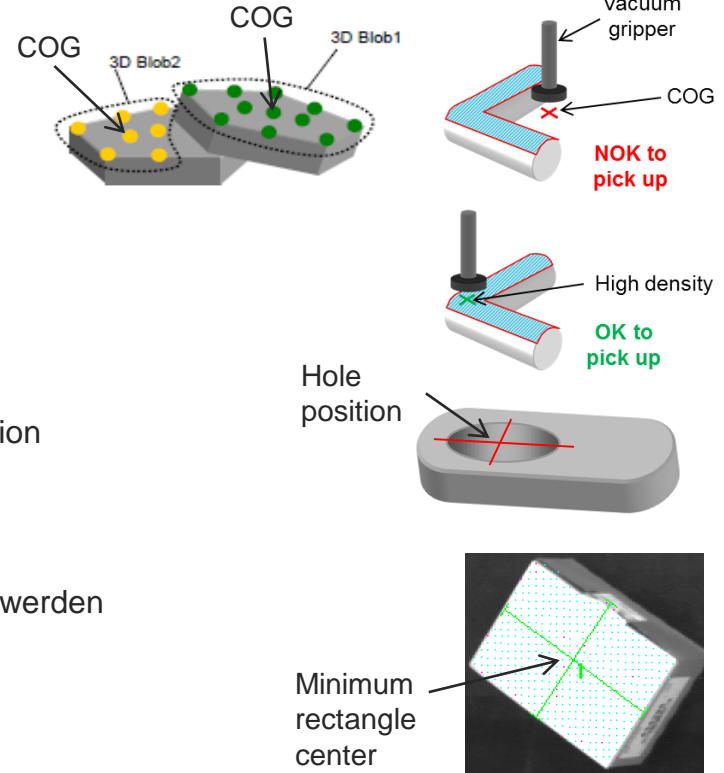
Die Fläche mit der höchsten Dichte von 3D-Punkten. Der Mittelpunkt dieser Fläche wird als Ausgangsposition ausgegeben.

- **Lochposition [Hole Position]**

Der Mittelpunkt eines Loches in einem 3D-Blob wird als Ausgangsposition ausgegeben.

- **Mittelpunkt Rechteckfläche**

Der Mittelpunkt eines Rechtecks, welches in einem 3D-Blob begrenzt werden kann, wird als Ausgangsposition ausgegeben.

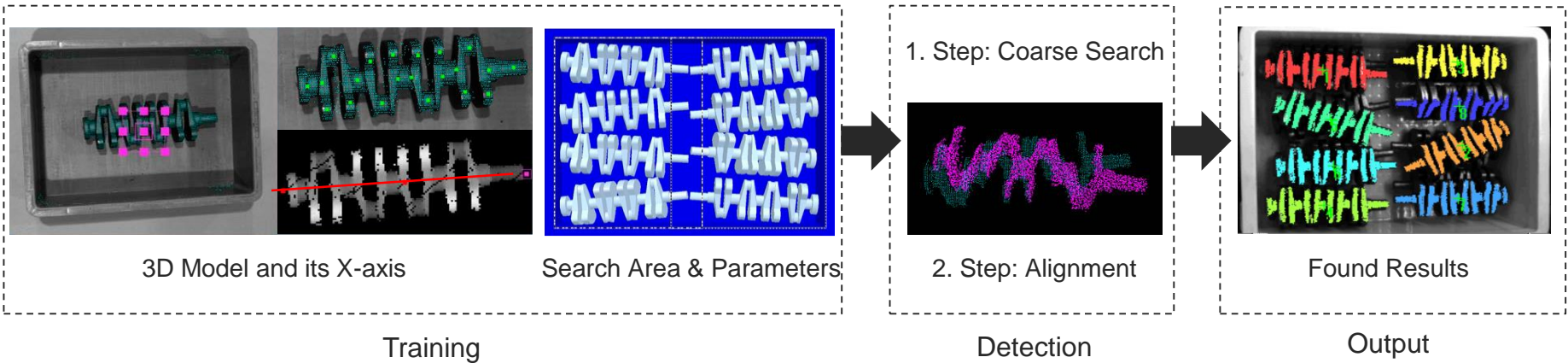


Blob Locator Tool



3D One-Sight-Model Locator Tool

- mit einem Referenzbauteil oder CAD Model (.stl) des Bauteiles können 3D-Merkmale eingelernt werden
- innerhalb der 3D-Punktwolke wird nach identischen 3D-Merkmalen gesucht
- ideal für große und komplexe Bauteile mit vielen 3D Konturebenen

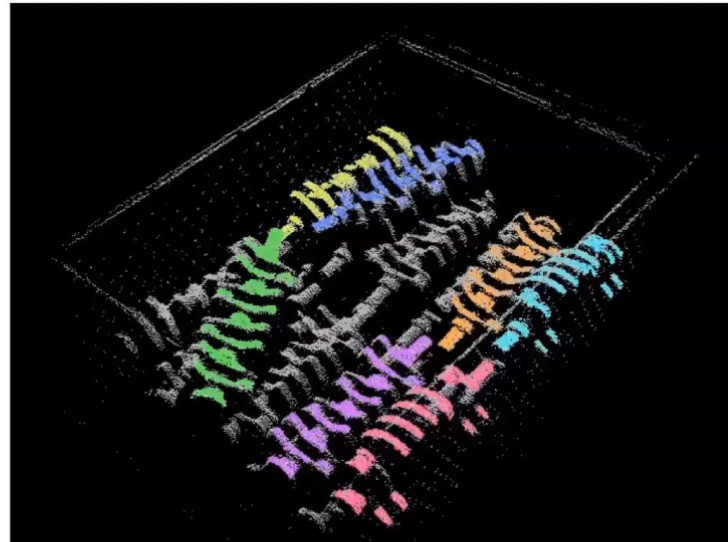


3D One-Sight-Model Locator Tool

New 3D Recognition

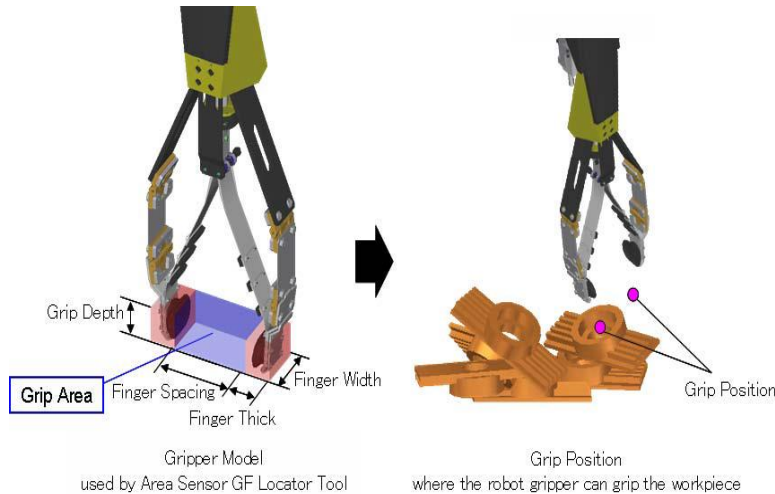
3D Model Matching

- Using 3D model of a part, the new function recognizes position and posture of parts.
- FANUC has achieved the new 3D recognition in integrated vision by original fast algorithm.



GF Locator Tool

- Mit dem Gripper Finger Locator Tool wird die Kontur eines 2 Backengreifers (z.B. Backenbreite, Öffnungsmaß) dem System bekanntgegeben.
- Das System berechnet automatisch mögliche Greifpunkte innerhalb der 3D-Punktwolke.
- Je nach Ausführung der Greifbacken, können auch schwierige Konturen und Teile an verschiedenen Stellen aufgenommen werden.



iRVision Vision Setup - VP

3D GF Locator Tool 1

3D Preprocess: 3D Data Preprocess Tool 1

Container Shape: Use Preprocess

Model ID: 1

Image Display Mode: Height Map

Gripper Shape

Finger Spacing: 90.0 mm

Finger Thick: 20.0 mm

Finger Width: 45.0 mm

Margin: 3.0 mm

Grip Depth: 30.0 mm

Search Interval

XY Interval: 4.0 mm

R Range: -90 to 90

R Interval: 30

Min. Num. Grip Points: 5

Overlap Check Area: 100.0 mm

Found	#	Row(V)	Column(H)	Angle	X	Y	Z	R	Num. Grip Po
27	1	785.1	935.4	29.3	1536.8	-352.7	-346.3	30.0	
1191ms	2	505.4	531.7	0.0	1916.8	191.3	-276.9	0.0	
	3	604.7	988.2	-0.3	1780.8	-424.7	-381.9	0.0	
	4	758.9	1039.4	-0.9	1572.8	-492.7	-360.0	0.0	

GF Locator Tool

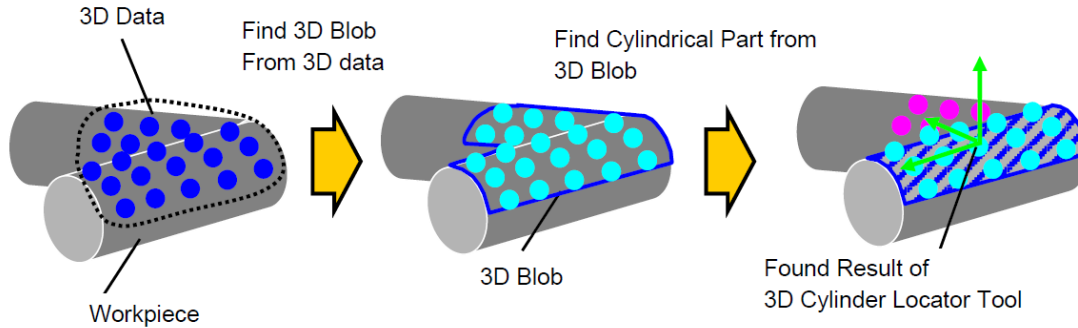
Specialized to Pickup

Picks parts by grasping



Cylinder Locator Tool

- Speziell für zylindrische Bauteile, wie Rohre oder Stangen
- Anhand der Radien und der darauf liegenden 3D-Punkte, können Bauteile erkannt und unterschieden werden
- Radius und Länge der Zylinder müssen angegeben werden

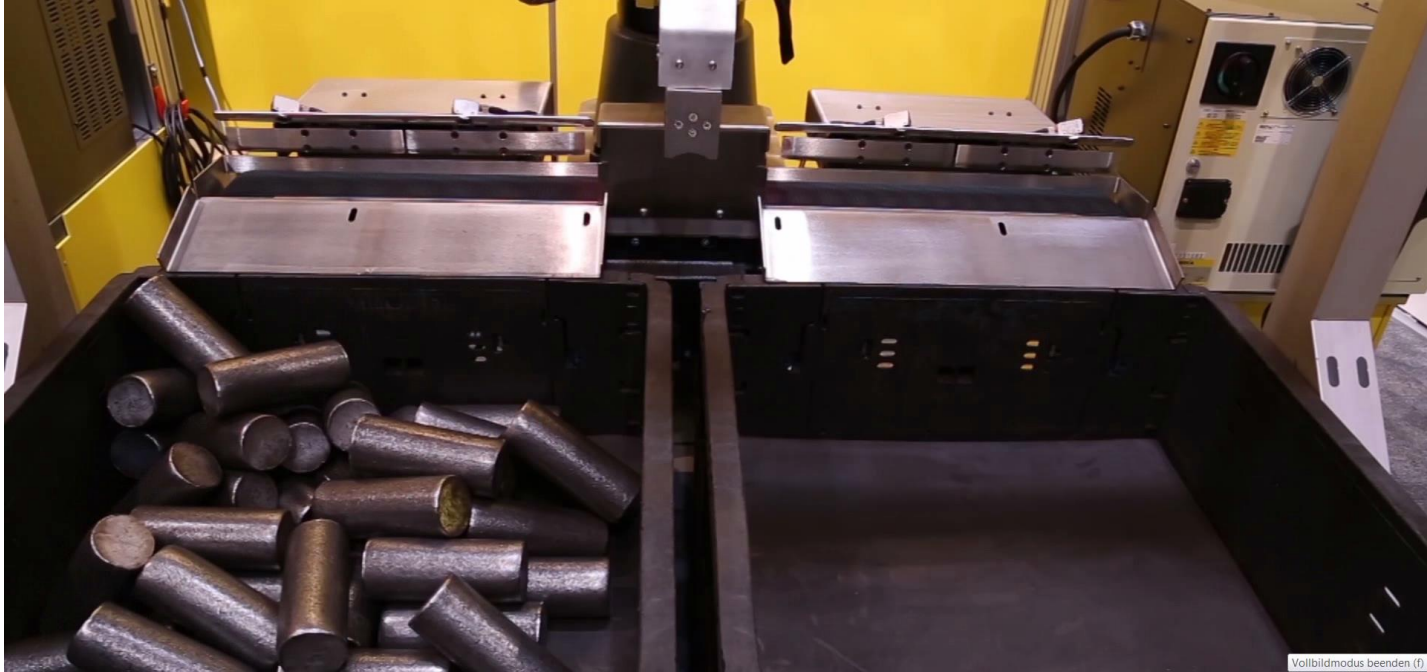


The screenshot shows the "iRVision Vision Setup - VP" interface for the "3D Cylinder Loc. Tool 1". The configuration includes:

- Input 3D Data: 3D Data Preprocess Tool 1
- Model ID: 1
- Image Display Mode: 2D Image + Result
- Plot Mode: Plot Found Pos. + Points
- Cylinder Diameter: 250.0 mm
- Cylinder Length: 250.0 mm
- Score Threshold: 60.0 %
- Cyl. Error Threshold: 2.0 mm
- Min. Num Valid Points: 1500
- Z Height: 5.0 mm
- Normal Direction: 5.0°
- Search Window: Enable (checked)
- Run-Time Mask: Enable (unchecked)
- DOF: Enable (checked), Min. (1500), Max. (4500)
- Blob Size: Enable (checked), Min. (1500), Max. (4500)

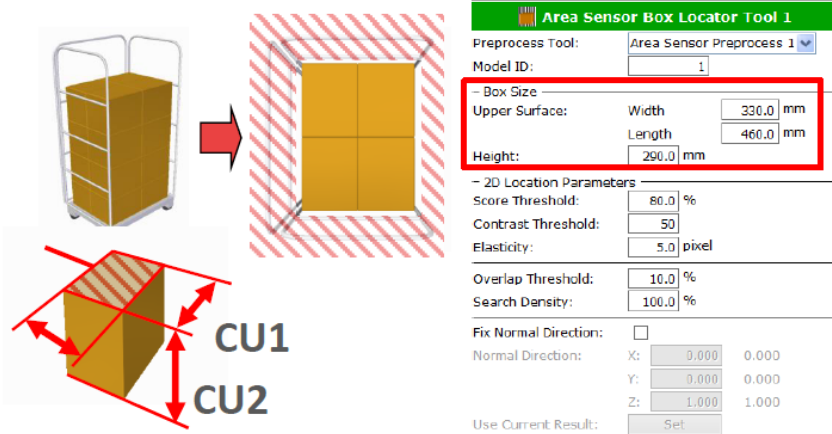
Found	12	#	Row(V)	Column(H)	Angle	X	Y	Z	W	P	R	Score
Time to Find	730ms	9	265.6	590.5	86.5	2255.6	129.6	-407.8	0.0	-0.6	86.1	82
		2	441.7	502.7	5.3	2003.2	230.4	-271.8	0.0	-46.5	0.8	88
		6	249.6	252.3	91.2	2259.0	555.1	-188.4	0.0	23.6	88.9	83

Cylinder Locator Tool

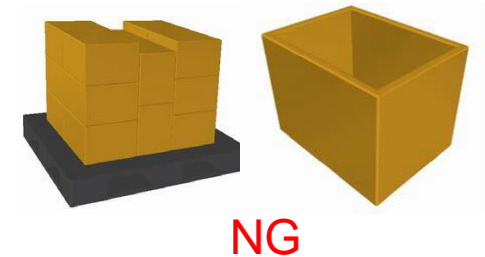
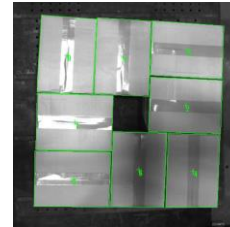


Box Locator Tool

- Dieses Tool findet Kisten mit angegebenen Größen durch Bezugnahme auf die 3D-Map und das Kamerabild
- Alle Objekte müssen ordentlich palettiert werden und gleich große Quader sein
- Die Oberflächen aller Objekte müssen zum Projektor zeigen
- Die oberen Oberflächen müssen plan (eben/flach) sein. Geöffnete Objekte können nicht erkannt werden.



Area Sensor Box Locator Tool 1	
Preprocess Tool:	Area Sensor Preprocess 1
Model ID:	1
- Box Size	
Upper Surface:	Width: 330.0 mm
	Length: 460.0 mm
Height:	290.0 mm
- 2D Location Parameters	
Score Threshold:	80.0 %
Contrast Threshold:	50
Elasticity:	5.0 pixel
Overlap Threshold:	10.0 %
Search Density:	100.0 %
Fix Normal Direction:	<input type="checkbox"/>
Normal Direction:	X: 0.000 0.000
	Y: 0.000 0.000
	Z: 1.000 1.000
Use Current Result:	Set

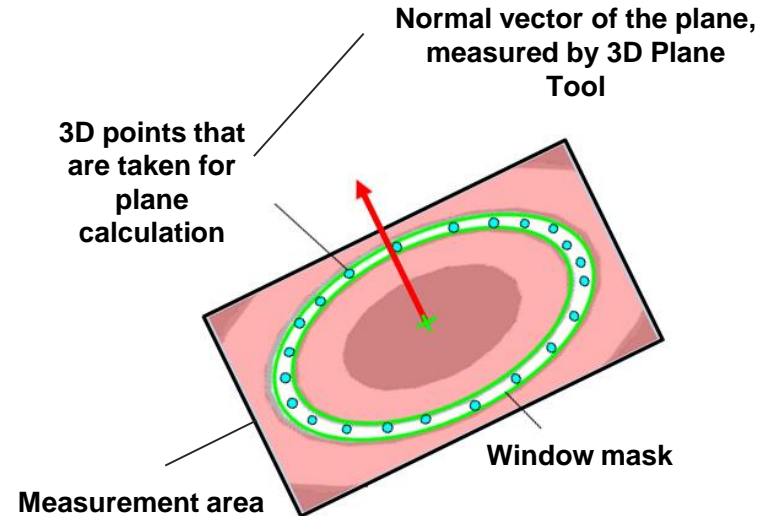
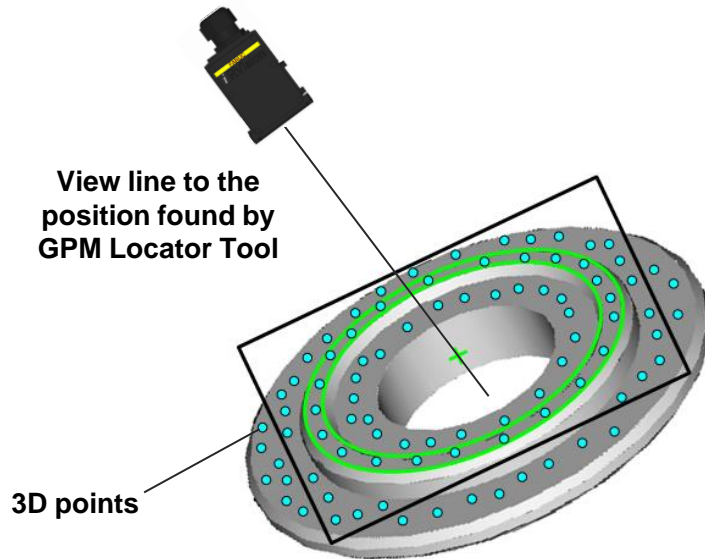


Box Locator Tool



GPM + Plane Locator Tool

- Plane Tool berechnet eine Ebene mit 3D-Punktdaten in einem Messbereich, der vom GPM- oder CSM Locator Tool vorgegeben ist
- Kombiniert man das Ergebnis dieses Tools mit dem Ergebnis des 2D-Locator Tools, kann die 3D-Position des Werkstückes ermittelt werden

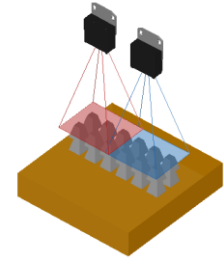
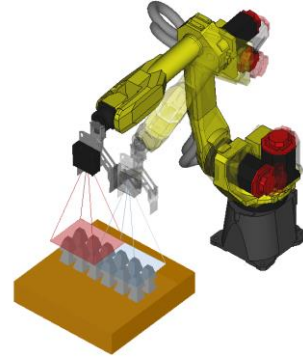


GPM + Plane Locator Tool

Parts Alignment System with 3D Vision Sensor

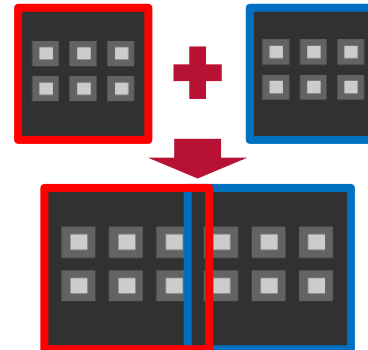
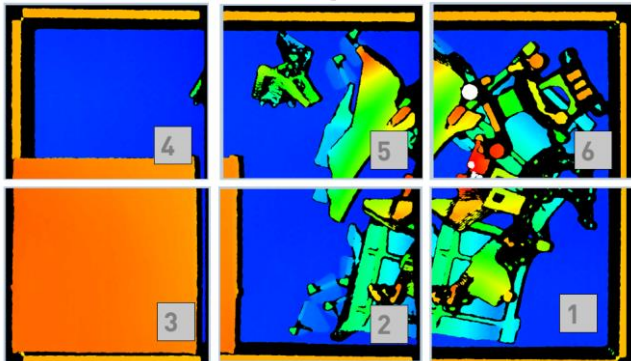
3DV Stitching Funktion

- Ermöglicht Suchfelderweiterungen bei einem robotermontierten 3DV Sensor oder mehreren statisch montierten 3DV Sensoren
- Aus einzelnen 3D-Bildern entsteht ein gesamtes und geschlossenes 3D-Bild



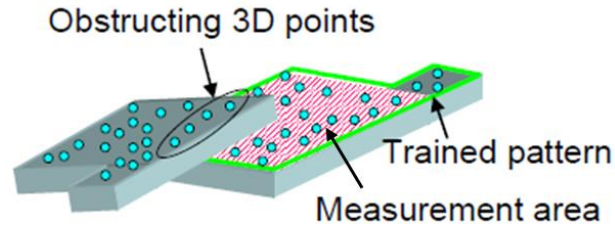
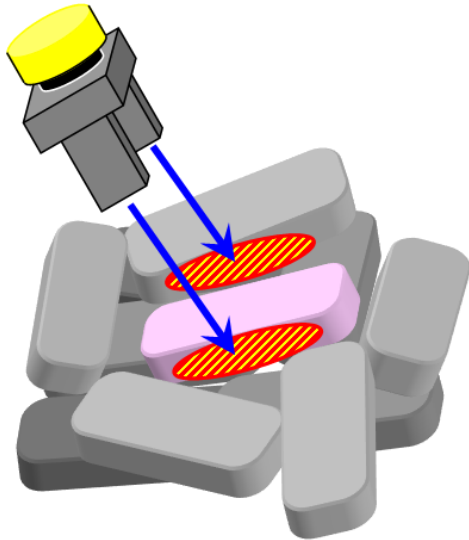
[Camera Installation] = [All Robot-Mounted]

[Camera Installation] = [All Fixed]











Obstruction Measurement Tool

- Kontrolle der Umgebung des zu greifenden Teils
- Abfrage, ob sich Gegenstände auf dem Objekt befinden, die das Greifen erschweren könnten
- verhindert Kollisionen mit benachbarten Teilen



3 possible configurations:

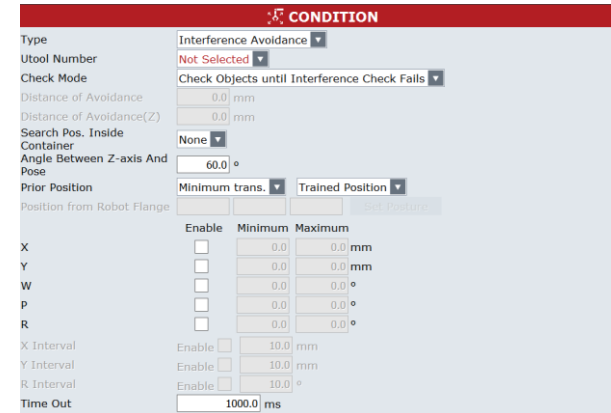
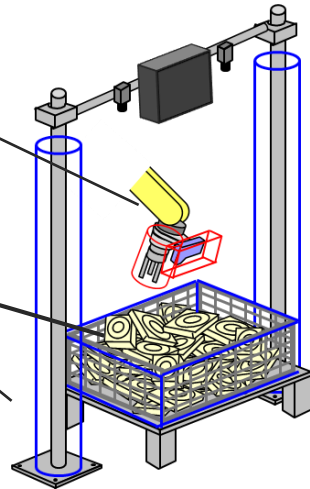
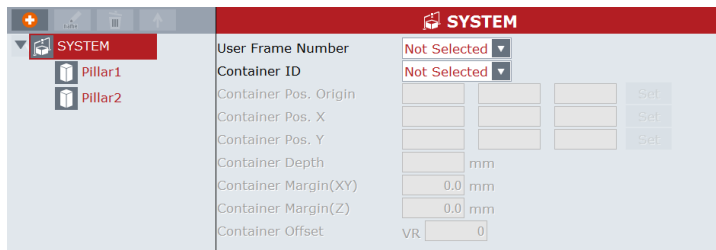
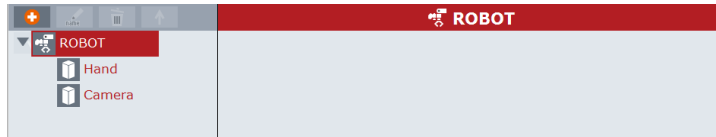
-  GPM Locator Tool 1
 -  Area Sensor Plane Tool 1
 -  Obstruction Measurement Tool 1
-  CSM Locator Tool 1
 -  Area Sensor Plane Tool 1
 -  Obstruction Measurement Tool 1
-  Area Sensor Blob Locator Tool 1
 -  Obstruction Measurement Tool 1

Automatische Kollisionsvermeidung „Interference Avoidance“

Störkonturen wie Greifer, Kiste und z.B. Säulen werden grafisch nachgebildet

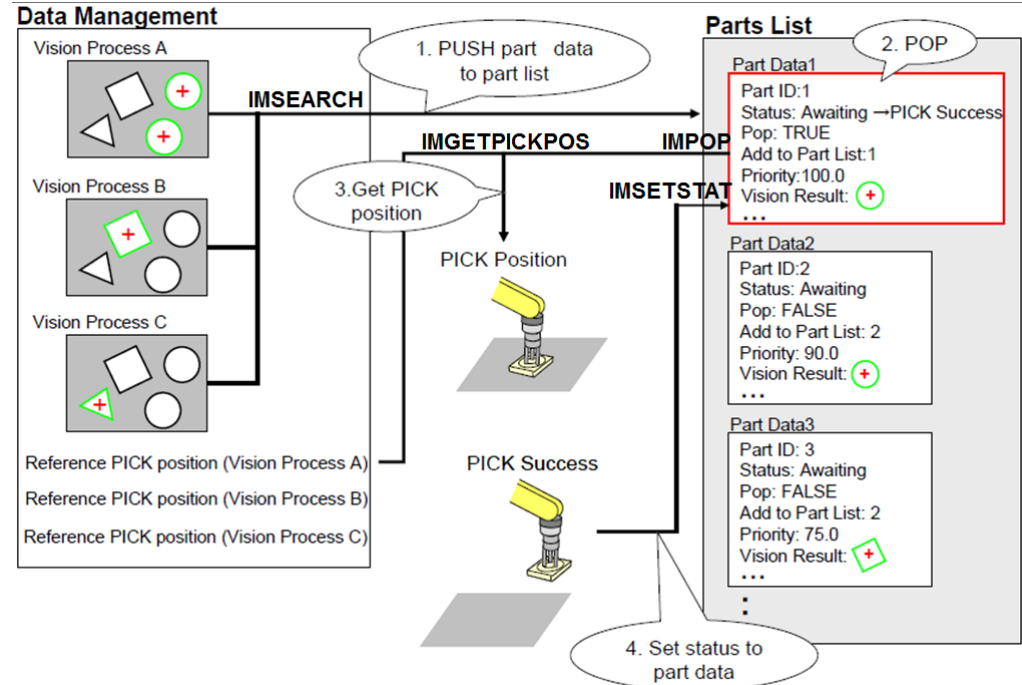
Die Interference Avoidance umfasst mehrere Funktionen:

- Erkennung der Kistenverschiebung
- Prüfung, ob eine Position kollisionsfrei erreichbar ist
- falls nicht, automatische Berechnung einer alternativen Greifposition nach definierten Freiheitsgraden



Teileverwaltung mit dem „Part List Manager“

- verwaltet die erkannten Bauteile und priorisiert, welches Bauteil zuerst entnommen wird, z.B. nach:
 - Bauteiltyp (Model-ID)
 - Höchstes Teil
 - Beste Erkennung
 - Orientierung und Position in der Kiste
 - Kombinationen von Merkmalen
- erhält vom Roboter eine Rückmeldung, ob ein Teil korrekt entnommen wurde oder ob es ein Fehlgriff war
- verwaltet eine „Blacklist“, die nicht greifbare Bauteile sperrt und bei Fehlversuchen sich ständig wiederholende Fehlgriffe verhindert



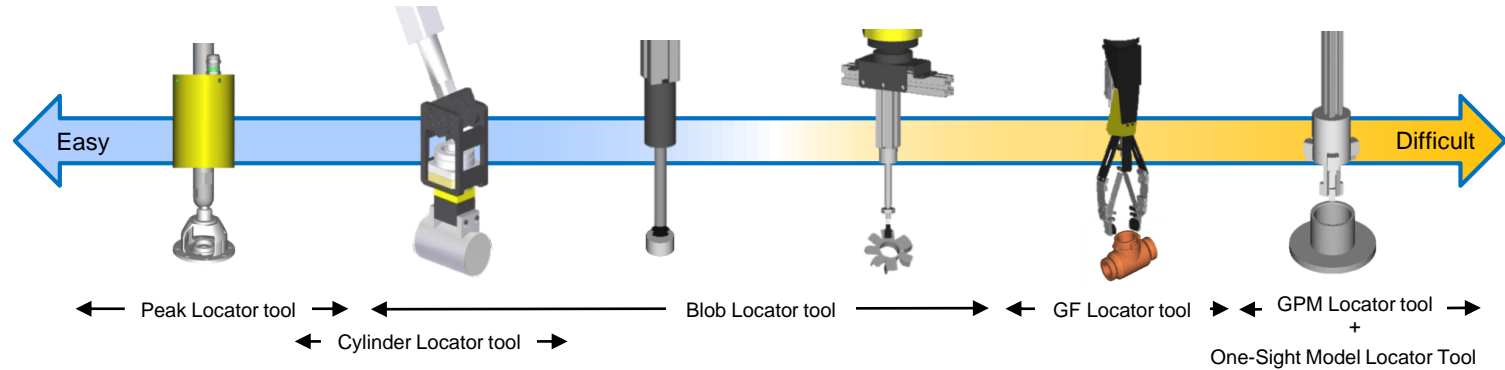
Allgemeine Tipps zum Greiferdesign

Ein idealer Greifer sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

- | | |
|--|---|
| Stark | Stark genug, um auch bei benachbarten und überdeckten Werkstücken eine Entnahme zu ermöglichen |
| Universell | Wenn ein Teil mehrere stabile Seitenlagen hat, sollte der Greifer die Bauteile auch in verschiedenen Positionen entnehmen können |
| Schlank | Um auch in der Ecke oder am Rand liegende Teile entnehmen zu können |
| Robust & geschützt | Robust genug, um Kollisionen zu widerstehen. Empfindliche Bauteile des Greifers (Sensoren, Schalter, Luftanschlüsse) sollten geschützt werden |
| Montage mit einer abgewinkelten Armverlängerung | Durch einen abgewinkelten, leicht verlängerten Kopf, können auch Werkstücke am Kistenrand oder in der Kistenecke angefahren werden. Die Interference Avoidance bekommt dadurch viele Möglichkeiten, ein Bauteil kollisionsfrei zu erreichen |
| Bei Magnet oder Vakuum | Für Vakuum- oder Magnetgreifer sollte genügend Fläche am Werkstück vorhanden sein. Beweglichkeit des Magneten bzw. der Magnetsegmente für schräge/nicht homogene Flächen |

Allgemeine Tipps zum Greiferdesign

Schwierigkeitsgrad nach eingesetzten Erkennungstool



Kontakt

- Sie interessieren sich für unsere 3D-Bildverarbeitung oder haben noch weitere Fragen?
- Sie haben eine Anwendung in diesem Bereich, benötigen Hilfe bei der Auswahl passender Sensoren?
- Sie möchten eine Machbarkeitsanalyse oder eine Ersteinschätzung zu Ihrer Anwendung erhalten?
- Sie brauchen Unterstützung, Training, Support bei neuen oder bestehenden Anlagen?

Kein Problem, sprechen Sie uns an!

Wir helfen Ihnen gerne weiter und beraten Sie bei der Umsetzung Ihrer Applikation.

Mit unserer umfassenden Labor-ausstattung können wir konkrete Versuche mit Ihren Teilen durchführen und so eine Ersteinschätzung geben.

Und für Sonderlösungen sind Sie bei uns genau richtig!