

# SICK AG WHITEPAPER

WÄHLEN SIE DIE BESTE TECHNOLOGIE FÜR IHRE  
VISION-APPLIKATION

## AUTOREN

### **Fredrik Nilsson**

Manager, Produktbereich 3D-Vision, SICK AG

### **Anders Murhed**

Manager, OEM Business Team, SICK AG

## ZUSAMMENFASSUNG

Dieses Whitepaper beschreibt die Unterschiede und jeweiligen Vorteile von 2D- und 3D-Vision-Technologien und wie diese erfolgreich zur Lösung verschiedener Vision-Applikationen eingesetzt werden können.

## Inhaltsverzeichnis

Einführung in die Vision-Technologie .....	1
2D-Technologien.....	3
3D-Bildverarbeitungstechnologien .....	4
Vergleich der 3D-Technologien.....	5
Vision-Portfolio .....	6
Typische 2D-Applikationen .....	7
Typische 3D-Applikationen .....	8

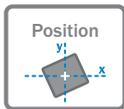
## Einführung in die Vision-Technologie

Mit Vision-Technologie können Maschinen „sehen“, sodass manuelle Inspektionsaufgaben durch den Einsatz von Digitalkameras und digitaler Bildverarbeitung gelöst oder unterstützt werden können. Viele Branchen nutzen die Vision-Technologie zur Automatisierung ihrer Produktion und zur Verbesserung der Produktqualität. Vision-Applikationen reichen von grundlegenden Aufgaben wie der Detektion von Anwesenheit (= Task nach GR) bis zu komplexen Prüfungen in Echtzeit und Klassifizierungsaufgaben in rauen Umgebungen.

Die meisten Vision-Systeme nutzen Peripheriegeräte für die Ausführung ihrer Aufgaben, wie Lichtschranken zum Triggern von Bildern, einen Mechanismus, um fehlerhafte Objekte auszusortieren und eine Touchpanel-Benutzeroberfläche zur Überwachung und Kontrolle. Daher der Begriff "Vision-System".

Es gibt vier Hauptaufgaben für Vision-Systeme. In vielen Fällen kann ein Vision-System für eine bestimmte Applikation eine Kombination solcher Aufgaben lösen.

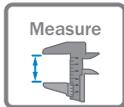
### Vision-Aufgaben



Unter "Position erkennen" versteht man die Detektion und Lokalisierung von Objekten und die anschließende Meldung der Anwesenheit bzw. der Koordinaten des Objekts.



Unter "Detektieren" versteht man die Überprüfung der Produktqualität, Anwesenheit detektieren aller Teile einer Baugruppe oder die Detektion von Fehlern und Abweichungen.



Unter "Messen" versteht man die Bestimmung der Objektabmessungen wie Länge, Breite, Höhe, Fläche oder Volumen.



Unter Lesen versteht man das Decodieren und Lesen von Texten wie 1D-Code, 2D-Code und OCV/OCR.

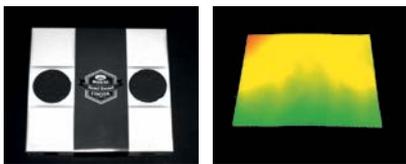
Egal, um welche Applikation es sich handelt, SICK bietet die passende Vision-Technologie. Jede Applikation muss mit der richtigen Technologie gelöst werden. Daher ist es sinnvoll, zu wissen welche Technologien es gibt, und ihre jeweiligen kontextabhängigen Stärken zu kennen. Dieses Whitepaper gibt einen Überblick über geeignete Vision-Technologien zur Lösung verschiedener Aufgaben und Applikationen.

## Lösung von Applikationen mit 2D- oder 3D-Vision

Oft gibt es verschiedene Möglichkeiten, eine bestimmte Vision-Aufgabe zu lösen. In manchen Fällen liegt die Entscheidung für 2D- oder 3D-Vision auf der Hand, in anderen Fällen können beide Technologien funktionieren, bieten jedoch unterschiedliche Vorteile. Es ist wichtig, diese Vorteile zu kennen und zu verstehen, wie sie sich auf eine bestimmte Applikation auswirken, um eine zuverlässige Vision-Lösung zu finden.

## 2D-Vision

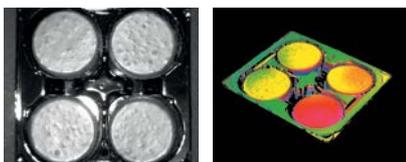
2D-Vision eignet sich besonders für Applikationen mit hohem Kontrast oder wenn Struktur und Farbe des Objekts ausschlaggebend sind. 2D-Vision wird für alle vier genannten Hauptaufgaben eingesetzt und ist die vorherrschende Technologie für Vision-Lösungen.



Der Aufdruck auf der Schachtel ist mit 2D-Vision sichtbar (linkes Bild), mit 3D-Vision wird nur die Form der Schachtel überprüft.

## 3D-Vision

3D-Vision eignet sich für die Analyse von Volumen, Form oder der 3D-Position von Objekten, aber auch zur Detektion von Teilen und Fehlern, die kontrastarm sind, aber einen erkennbaren Höhenunterschied aufweisen. 3D-Vision wird in erster Linie zur Messung, Inspektion und Positionierung eingesetzt, aber auch zum Lesen von aufgedruckten Codes oder Texten, wenn Kontrastinformationen fehlen.



Mit 3D-Vision werden selbst minimale Höhenunterschiede angezeigt (rechtes Bild), mit 2D ist der Unterschied kaum wahrnehmbar (linkes Bild).

## Beispiele für 2D- und 3D-Applikationen



2D-Bild



3D-Bild

### Beispiel für eine 3D-Applikation

Die Aufgabe besteht darin, das nächste obenliegende Objekt zu finden, damit es von einem Roboter aufgegriffen werden kann.

Aufgrund der Kontrastarmut im 2D-Bild ist das oberste Objekt kaum erkennbar. Im 3D-Bild ist das obenliegende Objekt leicht zu finden, da das am nächsten liegende Objekt als das hellste im Bild erscheint.



2D-Bild



3D-Bild

### Beispiel für eine 2D-Applikation

Die Aufgabe besteht darin, den Aufdruck auf dem Paket zu überprüfen.

Ein 3D-Bild zeigt nur die Kontur und die Form eines Objekts. Etiketten und Aufdruck sind im Bild nicht sichtbar. Der Aufdruck auf dem Paket kann daher nur in einem 2D-Bild mit gutem Kontrast überprüft werden.

## 2D-Technologien

Bei der 2D-Bildverarbeitung wird die zu analysierende Szene entweder sofort von einer Flächenkamera oder mittels Scanverfahren mit einer Zeilenkamera erfasst. In beiden Fällen ist die endgültige Darstellung der Szene entweder ein Bild mit Intensitätswerten (Monochrombild) oder ein Farbbild (häufig RGB-Werte). Die Schlüsselemente für die Erfassung eines geeigneten 2D-Bilds für die Aufgabe sind, neben dem Bildwandler des Sensors selbst, die Wahl des Objektivs und der Beleuchtung.

### 2D-Beleuchtung

Der Erfolg einer Applikationslösung mit 2D ist von der Bildqualität abhängig, die wiederum von der Auswahl einer guten Beleuchtungsmethode abhängt. Eine korrekte Beleuchtung betont die zu analysierenden Merkmale, sorgt für eine hohe Bildqualität und ermöglicht ein einheitliches Erscheinungsbild der Merkmale während der gesamten Zeit, unabhängig von Fremdlicht.

Bei der maschinellen Bildverarbeitung gibt es verschiedene Begriffe zur Beschreibung von Licht:

- Beleuchtung ist die Art und Weise, wie ein Objekt beleuchtet wird.
- Unter Licht versteht man die tatsächliche Lampe, die die Beleuchtung erzeugt.
- Fremdlicht ist indirektes Umgebungslicht wie durch das Fenster einfallendes Sonnenlicht.

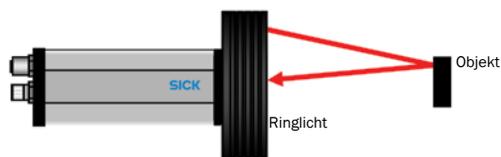
Das Verständnis von einigen grundlegenden Beleuchtungsregeln erleichtert die Auswahl der richtigen Beleuchtung für die Applikation:

- Matte Oberflächen können mit direktem Licht beleuchtet werden.
- Glänzende Oberflächen erfordern diffuses, indirektes Licht, um Reflexionen zu vermeiden.

### Wichtige Beleuchtungsarten

- Ringlicht

Ein Ringlicht wird um die optische Achse des Objektivs angebracht, entweder an der Kamera oder zwischen der Kamera und dem Objekt. Diese Lichtart ist indirekt und daher eher für matte Oberflächen geeignet.



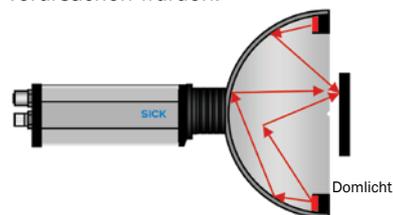
Ohne Ringlicht, weniger Kontrast.



Mit Ringlicht, mehr Kontrast. Jedoch mit einer Blendung auf der glänzenden Oberfläche in der Mitte der Disc.

- Domlicht

Ein Domlicht erzeugt indirektes Licht mit einheitlicher Lichtintensität, indem es das Licht von einer um die optische Achse des Objektivs angebrachten Kuppel reflektiert. Diese Lichtart minimiert Reflexionen auf dem Objekt und eignet sich für glänzende Oberflächen wie beim Lesen des Datums auf einer Verpackung, die unter direktem Licht Blendungen und ungewollte Reflexionen verursachen würden.



Blendungen auf einer metallischen Oberfläche.



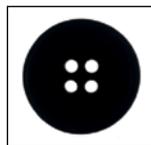
Keine Blendungen, der Aufdruck auf einer metallischen Oberfläche ist sichtbar.

- Hintergrundlicht

Mit einem Hintergrundlicht wird das Objekt von hinten beleuchtet, um eine Kontur oder Silhouette zu erzeugen. Ein Hintergrundlicht ist äußerst hilfreich für Mess- und Positionieraufgaben, bei denen eine präzise Silhouette wichtig ist und Kontrasteigenschaften auf dem Objekt selbst bei der Aufgabe stören könnten.



Normales Licht.



Hintergrundlicht erzeugt eine Silhouette.

## 3D-Bildverarbeitungstechnologien

Die Erfassung der dritten Dimension kann auf verschiedene Arten erfolgen. Verschiedene Technologien stehen für die industrielle Bildverarbeitung zur Verfügung, von denen jede ihre Vor- und Nachteile hat. Die von SICK verwendeten 3D-Bildverarbeitungstechnologien können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

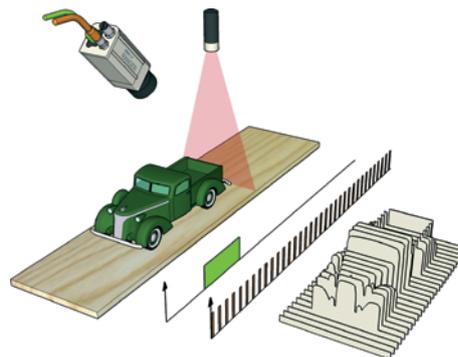
- Scantechnologien
- Snapshot-Technologien

Bei der Scantechnologie werden 3D-Bilder Profil für Profil erfasst, entweder indem man das Objekt durch den Messbereich führt oder indem man die Kamera über das Objekt führt. Um die korrekten 3D-Daten und damit ein gültiges 3D-Bild zu erhalten, muss die Bewegung entweder konstant oder bekannt sein, z. B. durch die Nutzung eines Encoders, um die Bewegung zu verfolgen. Die erstellten 3D-Bilder sind gewöhnlich sehr genau.

Snapshot-Technologien erstellen ein vollständiges 3D-Bild der Objekte, indem sie eine einzige Aufnahme machen wie eine normale Konsumentenkamera, nur in 3D. Eine Bewegung der Kamera oder des Objekts ist nicht erforderlich, aber die Technologien erzeugen Bilder, die nicht so genau sind wie bei Scantechnologien. Die in diesem Dokument beschriebenen 3D-Bildverarbeitungstechnologien sind Lasertriangulation (Scannen), Lichtlaufzeitmessung (Snapshot) und Stereotechnologie (Snapshot).

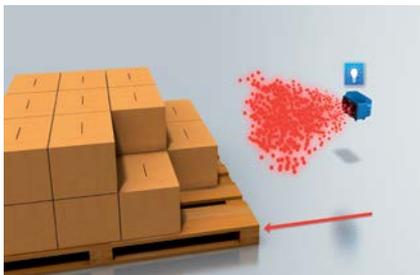
### Lasertriangulation

Bei der Lasertriangulation werden mithilfe einer Laserlinie und einer Kamera Höhenprofile des Objekts erstellt. Die Profile werden zusammengesetzt, um ein 3D-Bild zu erzeugen, während sich das Objekt bewegt. Da die Erfassung des Höhenprofils eine Bewegung des Objekts erfordert, wird die Methode als Scantechnologie bezeichnet. Die Lasertriangulation ermöglicht eine höhere Messgenauigkeit als die Lichtlaufzeitmessung, hat aber einen begrenzteren Messbereich.



### Lichtlaufzeitmessung

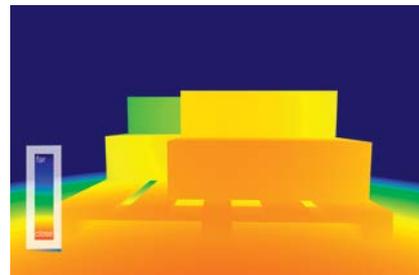
3D-Kameras mit Lichtlaufzeittechnologie (TOF) erstellen 3D-Bilder mittels Snapshots. Das bedeutet, dass keine Objekt- oder Kamerabewegung erforderlich ist. Bei dieser Technologie wird die Laufzeit eines Lichtsignals zwischen dem Gerät und dem Ziel für jeden Punkt gemessen. Wenn die Phasenverschiebung der Ankunftszeit des Signals im Verhältnis zum Anfangssignal bekannt ist, kann der Abstand zwischen Gerät und Ziel davon abgeleitet werden. Das Ergebnis ist ein 3D-Bild des Ziels in Echtzeit. Die Lichtlaufzeitmessung eignet sich besonders für Applikationen mit einem großen Sichtfeld und einem Arbeitsabstand über 0,5 m.



Erster Schritt: Beleuchtung des Ziels mit einem Lichtimpuls von der Kamera.



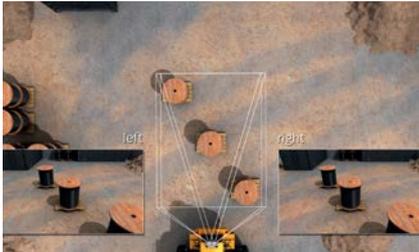
Zweiter Schritt: Messung der Zeit, die das Licht benötigt, um zur Kamera zurückzukehren.



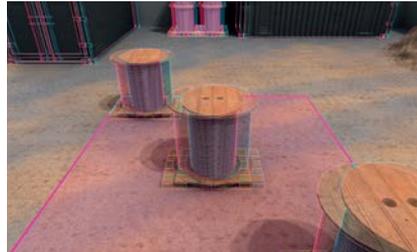
Dritter Schritt: Erstellung eines Tiefenbilds.

## Stereotechnologie

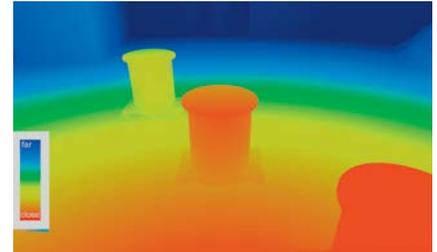
Die Bildverarbeitung mit Stereotechnologie funktioniert ähnlich wie das menschliche Sehen und liefert 3D-Snapshot-Bilder, ohne dass sich die Kamera oder das Objekt bewegen müssen. Diese Technologie kombiniert zwei aus verschiedenen Positionen aufgenommene 2D-Bilder und findet Übereinstimmungen zwischen den Bildern, um ein Tiefenbild zu erstellen. Im Gegensatz zur Lasertriangulation und Lichtlaufzeitmessung ist die Stereotechnologie nicht von einer fest zugeordneten Lichtquelle abhängig. Um Übereinstimmungen zu finden, müssen die beiden Bilder jedoch ausreichende Details aufweisen und die Objekte genug Struktur bzw. Unterscheidbarkeit. Die Stereotechnologie eignet sich daher besonders für Applikationen, die ein großes Sichtfeld benötigen, und für den Einsatz im Außenbereich. Um bessere Ergebnisse zu erhalten, müssen die Details mit strukturiertem Licht beleuchtet sein.



Erster Schritt: Aufnahme von zwei Bildern aus verschiedenen Positionen.



Zweiter Schritt: Übereinstimmungen zwischen den Bildern finden.



Dritter Schritt: Erstellung eines Tiefenbilds.

## Vergleich der 3D-Technologien

Abschließend lässt sich feststellen, dass es mehrere Methoden der 3D-Bildverarbeitung gibt, deren Wahl von der jeweiligen Applikation und ihrer Umgebung abhängt. Die wesentlichen Merkmale dieser 3D-Technologien sind nachfolgend aufgeführt.

### Lasertriangulation

- Lichtquelle: Linienprojektionslaser
- Kein Fremdlicht erforderlich
- Hohe Detailauflösung und Genauigkeit
- Relativ kurzer Arbeitsabstand
- Okklusion möglich, wenn die Kamera den Laser nicht sehen kann, weil er von einem Objekt verdeckt wird
- Scantechnologie

### Lichtlaufzeitmessung (TOF)

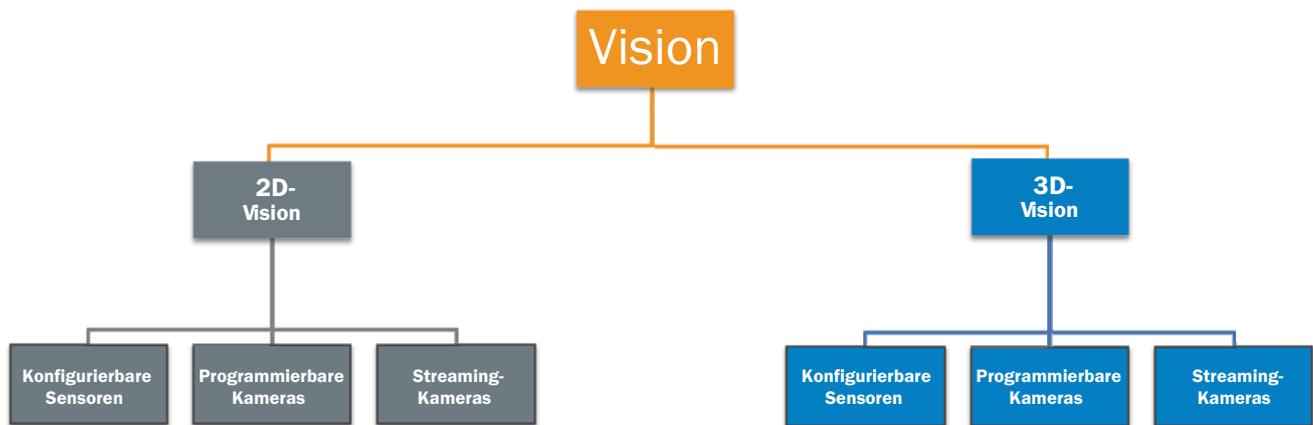
- Lichtquelle: zeitlich moduliert
- Kein Fremdlicht erforderlich
- Großer Arbeitsabstand
- Relativ geringe Detailauflösung und Genauigkeit
- Snapshot-Technologie

### Stereo

- Lichtquelle: passives Fremdlicht
- Relativ geringe Detailauflösung und Genauigkeit
- Großer Arbeitsabstand
- Geeignet für Applikationen im Außenbereich
- Snapshot-Technologie

## Vision-Portfolio

SICK hat ein umfassendes Vision-Portfolio, von einfach zu parametrierenden Kameras bis zum extrem flexiblen und leistungsstarken Datenstreamer, sowohl für 2D- und 3D-Applikationen.



Das Set-up eines Vision-Systems variiert in seiner Komplexität und kann von einer schnellen Installation durch einen unerfahrenen Benutzer bis zu einem großen Projekt mit der Entwicklung und Programmierung anspruchsvoller Algorithmen reichen. SICK hat sein Vision-Portfolio in drei Hauptkategorien unterteilt, sodass abhängig von der Erfahrung des Kunden und der Komplexität der Aufgabe das richtige System gewählt werden kann.

### Parametrierbar

Die einfachsten Vision-Systeme sind selbstständige Kameras mit eingebautem Bildtrigger, Beleuchtung und integrierter Bildanalyse. Ihre Parametrierung ist einfach und kann von jeder technisch versierten Person nach ein paar Trainingsstunden durchgeführt werden.

- Einfach zu bedienender Vision-Sensor
- Eigenständiger Betrieb
- Parameter konfigurierbar
- Ergebnisausgabe
- Intuitive grafische Benutzerschnittstelle für einfache Parametrierung
- Schnelle Lösungsentwicklung
- Fernparametrierung per PC
- SOPAS
- Integrierte Bildverarbeitung

### Programmierbar

Diese Kameras liegen im mittleren Komplexitätsbereich. Wie bei den parametrierbaren Kameras ist die Analyse im Gerät integriert. Der Unterschied besteht in ihrer größeren Flexibilität bei der Hardwarekonfiguration und der Softwareprogrammierung. Es sind ein paar Tage Training nötig, um ein Anwendungsentwickler zu werden.

- Flexible Vision-Kamera
- Eigenständiger Betrieb
- Vielseitige Benutzerprogrammierung
- Ergebnisausgabe
- Flexibilität mit maßgeschneiderter grafischer Benutzerschnittstelle
- Flexible Lösungsentwicklung
- Fernparametrierung per PC
- AppSpace, IVC Studio
- Integrierte Bildverarbeitung

### Streaming

Die flexibelsten Vision-Systeme sind PC-basiert. Die Kameras erzeugen Bilder, während die Analyse an einem PC durchgeführt wird. Professionelle Anwendungsentwickler bevorzugen häufig diesen Systemtyp, da er die volle Flexibilität ermöglicht, sowohl individuelle Systemfunktionalitäten als auch Algorithmen für anspruchsvolle Anwendungen zu erstellen.

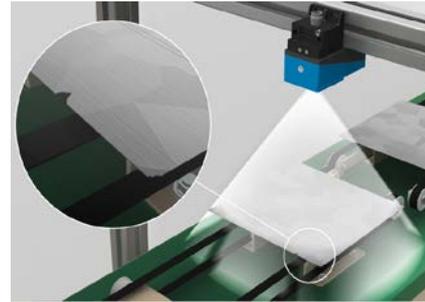
- Daten-Streaming-Kamera
- Externe PC-Bildverarbeitung
- Vielseitige Bilderfassung
- 2D- und 3D-Bilddatenausgabe
- Flexibilität bei der Entwicklung der GUI
- Völlig flexible Lösungsentwicklung
- Fernparametrierung per PC
- Softwareentwicklungs-Kit
- PC-Bildverarbeitung

## Typische 2D-Applikationen



### Datumscode-Inspektion

Die Überprüfung der Druckqualität auf Papier ist eine typische 2D-Aufgabe. Verschiedene Filtermethoden stehen zur Auswahl, um den Kontrast zu verbessern.



### Überprüfung von Abmessungen

Die Überprüfung der Form von flachen Objekten wird gewöhnlich mit 2D-Lösungen realisiert. Zur Verdeutlichung der Silhouette eines Objekts kann eine Hintergrundbeleuchtung verwendet werden.



### Linienführung für fahrerlose Transportfahrzeuge

Die Verfolgung von auf dem Boden aufgetragenen Linien und Symbolen ist eine flexible und einfache Methode zur automatischen Führung von fahrerlosen Transportfahrzeugen.



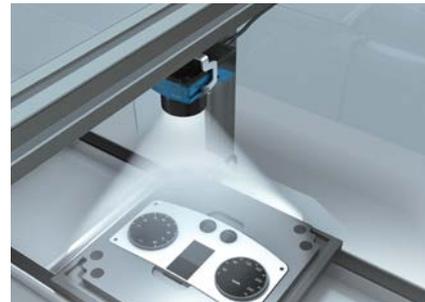
### Typenprüfung nach Farbe

2D-Farbprüfung ist eine effiziente und zuverlässige Methode zum Sortieren und Überprüfen des Produkttyps, wenn Kapseln oder Etiketten sich farblich unterscheiden.



### Inline-Fleckerkennung

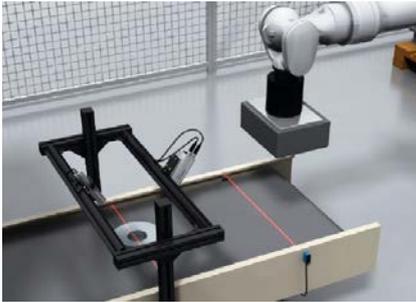
Flecken und Verschmutzungen können mit 2D-Farb- oder Graustufenkameras detektiert werden. Verschiedene Filter- und Beleuchtungsmethoden können verwendet werden, um den Fleck deutlich hervorzuheben.



### Montageprüfung

2D-Technologie eignet sich ideal für die Inspektion von Baugruppen mit kontrastierenden Komponenten. Die richtige Werkzeugauswahl ermöglicht eine zuverlässige Inspektion.

## Typische 3D-Applikationen



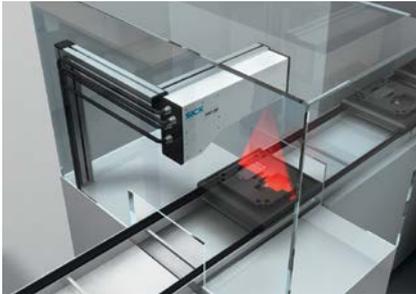
### Roboter greifer am Förderband

3D-Vision erleichtert das Finden der optimalen Greifposition, da Objekte mit unterschiedlicher Struktur zuverlässig detektiert werden, selbst wenn sie dieselbe Farbe haben wie das Förderband.



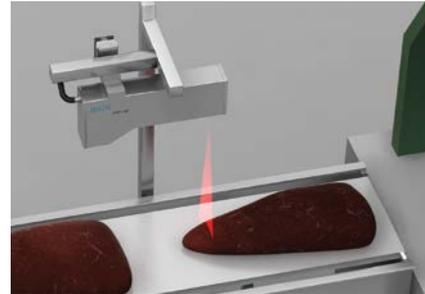
### Überprüfung des Schachtelinhalts

3D-Lösungen überprüfen die Anwesenheit und Position von Gegenständen in einer Schachtel, selbst wenn der Kontrast zum Hintergrund gering ist.



### Elektronikbaugruppen

Auf den Mikrometer genau überprüft 3D-Vision die Position und Anwesenheit von Elektronikkomponenten und misst die Koplanarität z. B. von Anschlüssen.



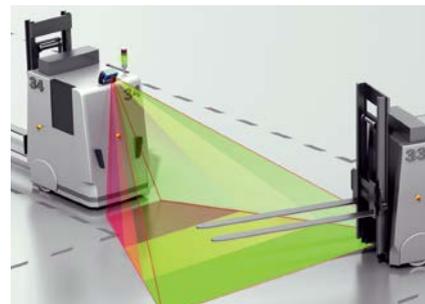
### Portionierung von Lebensmitteln

3D-Vision gibt das Gesamtvolumen sowie die optimalen Schneidpositionen an, um Scheiben von gleicher Größe zu erhalten.



### Roboter Bin-Picking

Das Entladen von Behältern mit Teilen, die zufällig ausgerichtet sind, erfordert 3D-Informationen, um die optimalen Greifkoordinaten der Teile zu finden, die am besten zum Greifen geeignet sind.



### Hinderniserkennung

Eine 3D-Snapshot-Kamera erstellt ein dreidimensionales Bild der Umgebung. Wenn ein Hindernis im Weg steht, versucht das fahrerlose Transportfahrzeug es zu umfahren oder stoppt die Bewegung und sendet einen Alarm.

**Weitere Links:**

[2D-Vision online](#)

[3D-Vision online](#)

[Vision-Katalog](#)

[SICK Sensoren YouTube-Kanal](#)