Mehr Kontrast und bessere Sicht für Vision-Systeme

Wie Polarisation die Bildqualität in schwierigen Lichtverhältnissen verbessert und welche Applikationen profitieren

Einsatz eines Polfilters © Sirui Deutschland GmbH

Für die Aufnahme des optimalen Bildes in einem Vision-System halten die Lichtbedingungen oder das zu betrachtende Objekt oft einige Herausforderungen bereit. Zuviel Licht, Reflexionen, Dunst oder glänzende Materialien können die Bildqualität und damit die Ergebnisse der Bildanalyse und Inspektion schmälern. Der Einsatz von Polarisationsfiltern oder -sensoren reduziert die Blendung und Reflexion von Oberflächen, so dass sich die Sichtbarkeit von Strukturen, Fehlern oder Formen erhöht. Ähnlich wie mit einer Sonnenbrille werden Reflexionen und Lichtablenkungen entfernt - das Bild erscheint deutlicher, kontrastreicher und lebendiger.

Kurz gefasst

In der Qualitätskontrolle kommt es auf jedes Detail an. Oft kann man durch ungünstige Lichtbedingungen wie Spiegelungen oder Reflexionen kleinste Strukturen nicht erkennen. Hier schaffen Polarisationsfilter Abhilfe.

Autorin:
Ute Häußler
Framos
www.framos.com

Was ist Polarisation und was bewirkt sie?

Licht ist physikalisch betrachtet elektromagnetische Strahlung, das heißt eine Welle. Die Polarisation einer Welle meint dabei die Richtung der Amplitude des elektrischen Feldes, sie beschreibt den Schwingungszustand des Lichts. Es kann zwischen linear polarisierten, zirkular polarisierten sowie elliptisch polarisierten Wellen unterschieden werden, wobei Polarisation in der Bildverarbeitung sich in

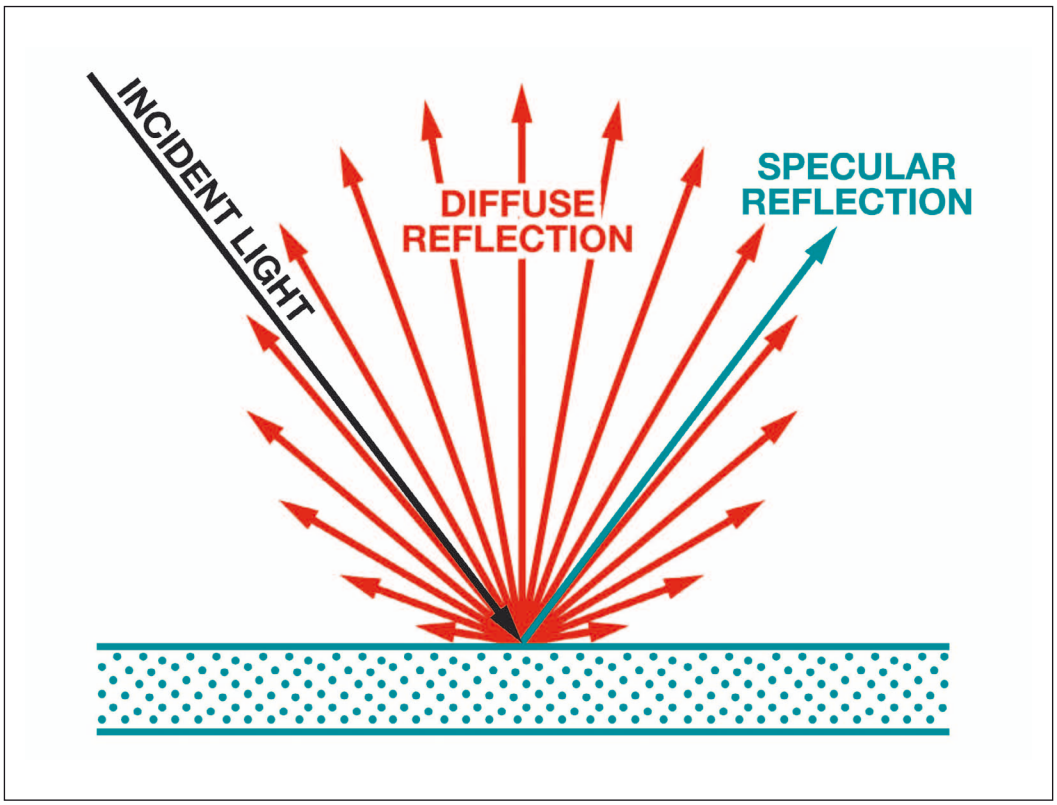

Bild 1: Reflexionen von unpolarisiertem Licht

den meisten Fällen auf linear polarisiertes Licht bezieht. Auf der Erde ist Licht von Natur aus nicht polarisiert, das heißt, die Wellen schwingen in allen Ebenen gleichermaßen. Nicht polarisiertes Licht trifft, in verschiedenen Schwingungszuständen und Winkeln auf Objekte und Flächen (Bild 1). Dabei kann das Licht reflektiert oder gestreut werden, es entstehen in der Bildverarbeitung unerwünschte Blendungen, Blitze oder Lichtflecken. Diese können entscheidende Bildinformationen überdecken oder überstrahlen und damit die Analyse der aufgenommenen Bilder sowie die Inspektion der Objekte beeinträchtigen.

Das Unsichtbare sichtbar machen

Ein Polarisationsfilter wirkt auf die unpolarisiert ankommenden Lichtwellen, indem er die Wellen einer bestimmten Ausrichtung beziehungsweise Polarisationsebene herausfiltert, was in etwa 50 % des einfallenden Lichts entspricht (Bild 2).

Spiegelt sich Licht an einer Oberfläche, wird eine Polarisationsebene stärker reflektiert als die andere – mithilfe eines Polfilters kann somit nur der Lichtanteil durchgelassen werden, der die Spiegelung nicht enthält und damit den Blick auf das Bild dahinter freigibt. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Polarisationsfilter in den meisten Fällen zur Minderung von Reflexionen eingesetzt, um das eigentliche Bild „dahinter“ sichtbar zu machen. Im Aufmacherbild werden mit dem Einsatz eines Polfilters die Steine unter der Wasseroberfläche sichtbar. Polarisationsfilter eignen sich sowohl für Monochrom- und Farbaufnahmen, da sie keinen Einfluss auf die Farben des inspizierten Bildes zeigen.

Polarisationsfilter in der Inspektion

In der industriellen Bildverarbeitung helfen Polarisationsfilter bei der Inspektion von Objekten und Oberflächen, sie decken ansonsten nicht sichtbar gewordene Fehler sowie Strukturen auf und unterstützen die verbesserte Formerkennung.

- Formerkennung bei wenig Kontrast – In kontrastarmen Umgebungen oder bei mehreren dunklen Objekten etwa kann es schwierig sein, Grenzen und Formen zu unterscheiden. Ein Polarisationsfilter verbessert den Kontrast, er zeigt das Bild genauer und unterstützt so die genaue Erkennung von Formen und Abgrenzungen.
- Scratch-Erkennung – Der erhöhte Kontrast durch Polarisationsfilter visualisiert Kratzer auf Oberflächen und hilft so bei der Fehlererkennung und Qualitätskontrolle.
- Entfernung von Reflexionen – Wenn reflektierendes Licht das Bild behindert, kann ein Polarisationsfilter das reflektierende Licht aus dem Bild entfernen und die betroffenen Objekte einwandfrei visualisieren. Gleichzeitig können Blendungen aus dem Bild entfernen werden, um dahinter liegende Bildteile sichtbar zu machen.
- Unterscheidung von Lichtrichtungen – Polarisationsfilter können helfen, die normale Richtung des Lichts zu erkennen. Außerdem kann vertikales von horizontalem Licht abgegrenzt werden. Dies ist in Situationen nützlich, in denen wichtig ist, woher das Licht kommt. So können nicht nur reflektierte Lichter entfernt, sondern auch weitere Eigenschaften des Lichts angezeigt werden.

Arten von Polarisationsfiltern in der Bildverarbeitung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten die Polarisation in einem Vision-System für eine verbesserte Bildqualität und genauere Analyse zu nutzen. Ein Weg besteht darin, einen Standard-Bildsensor und einen Polfilter einzusetzen. Klassische Polfilter, wie sie aus der Fotografie bekannt sind, werden vor dem Objektiv oder an der Beleuchtung angebracht und können zur Bestimmung der Ausrichtung rotiert werden. Soll ein Gesamtbild mit allen Polarisationsrichtungen aufgenommen werden, müssen mehrere sequentielle Bilder mit unterschiedlichen Polarisationswinkeln aufgenommen werden. Die Geschwindigkeit der Anwendung wird dabei verringert.

In klassischen Maschine-Vision-Anwendung wird jedoch nur ein Bild mit der für den jeweiligen Anwendungsfall besten Polarsationswinkel genutzt. Dazu ist der Filter drehbar in einer Halterung angebracht, die auf dem Objektiv angeschraubt wird. Durch Drehung des Filters wird die beste, d. h. Kontrastreichte Einstellung ohne Reflexe gesucht und fixiert. Soll zusätzlich noch störendes Umgebungslicht ausgeblendet werden, kann vor der Beleuchtung ein weiterer Polarisationsfilter oder eine Polarisationsfolie angebracht werden. Stehen die Polarisationsebenen von Objektiv und Beleuchtung parallel zueinander wird maximale Helligkeit im Bild erreicht, wobei das unpolarisierte Umgebungslicht zu einem Großteil ausgeblendet wird.

Die Lösung ist meist schnell und günstig umzusetzen, und kann auch in bereits bestehenden Systemen angebracht werden. Die Lebensdauer des Filters kann durch Umwelteinflüsse je nach Umgebung beeinträchtigt werden.

On-Sensor

Auf dem Sensor aufgebrachte Polarisationsfilter (on-sensor) bestehen zumeist aus Glas und überdecken mit vier verschiedenen Filtern zu 0°, 45°, 90° und 135° den Sensor und seine Pixel. Der Winkel des polarisierten Lichts sowie die Polarisationsrichtung sind damit exakt bestimmbar. Die Glasfilter können auf Sensoren jeglicher Wellenlängen aufgebracht werden und sind verlässlich. Die Filter werden einmalig auf den Sensor aufgebracht und in das Vision-System eingebaut, die Lebensdauer ist durch die Lage direkt am Sensor und den Schutz vor äußeren Einflüssen besser als bei externen Polfiltern. Die Geschwin-

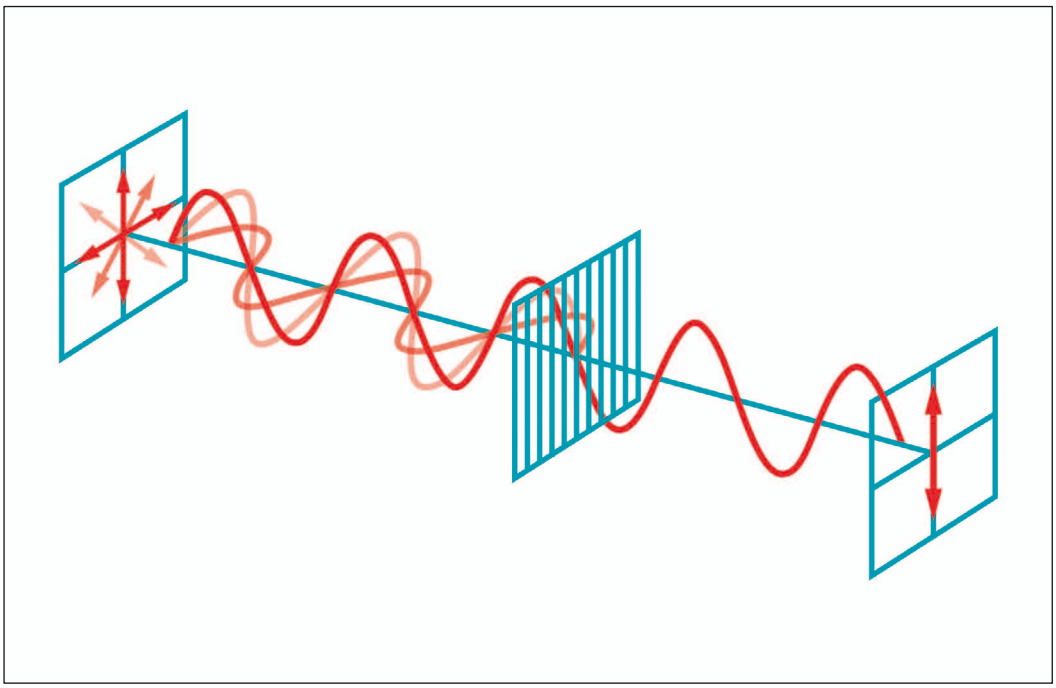

Bild 2: Unpolarisierte und polarisierte Lichtwellen

digkeit der Anwendung bleibt erhalten, da alle Polarisationsrichtungen mit einer Aufnahme erfasst werden, lediglich die Auflösung verringert sich durch den aufgebrachten Filter und die Aufsplittung der Pixel in die verschiedenen Polarisationsrichtungen.

On-Chip

Direkt auf dem Pixel (on-chip) angebrachte 4D-Polarizer sind ebenfalls mit vier Filtern für alle Richtungen ausgestattet, die Filter sind im Inneren des Sensors direkt auf jedem Pixel aufgebracht. Auch bei dieser Variante werden alle Daten auf einmal aufgenommen, die Polarisation wird dabei aus der unterschiedlichen Intensität aller vier gefilterten Pixel errechnet. Somit lässt sich die Menge und der Einfallswinkel des polarisierten Lichts in einer Szene exakt erkennen. Die bisher auf dem Markt erhältlichen Sensoren, wie z. B. der SONY IMX250, decken den Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 850 nm ab, arbeiten sehr zuverlässig, sind unkompliziert zu handhaben und haben eine sehr hohe Lebensdauer. Anders als klassische Polarisationsfilter ermöglicht die sensorinterne Polarisation die Reduktion von Reflexionen aus verschiedenen Richtungen. Die Empfindlichkeit und Auflösung fallen wie bei den On-Sensor-Filtern jedoch geringer aus.

Wie Applikationen von Polarisationsfiltern profitieren

Polarisationsfilter können in vielen Vision-Applikationen eine schnelle und unkomplizierte Lösung zur Erhöhung der Bildqualität und zum Beheben der Auswirkungen von Reflexionen und Blendeffekten auf Oberflächen wie Glas, Kunststoff oder Metall sein. Insbesondere in der industriellen Qualitätssicherung, in Verkehrs- und Infrastruktursystemen sowie in der Medizin können damit um ein Vielfaches verbesserte Inspektionsergebnisse erreicht werden.

Automatisierung

In der Industrie und Automatisierung helfen Polarisationsfilter, Reflexionen auf reflektierenden Oberflächen durch einen höheren Kontrast zu beseitigen und semi-transparente Oberflächen durchsichtig aufzunehmen. So können etwa in Folie oder Plastik eingeschweißte Produkte auch durch die Verpackung vermessen und inspiziert werden. Auch Glanz auf Metall wird durch den Filter unterdrückt, die metallischen Oberflächen werden deutlich dunkler. Mit dieser Auflichtmethode werden auch zylindrische oder gebogene Objekte zuverlässig analysierbar. Mit der beschriebenen Kontrasterhöhung und dem Polarisationsgrad können Formen und Teile auch unter schlechten Lichtverhältnissen erkannt und sauber abgegrenzt werden. Kratzer sind ebenfalls über den Polarisationsgrad sichtbar. Polarisiertes Durchlicht ermöglicht es außerdem Spannungsverläufe von transparenten Kunstoffen zu analysieren. Materialstress und Materialspannungen sowie damit verbunden Probleme lassen sich durch die Messung der inneren Belastungen schneller erkennen. Auch Einschlüssen in beispielsweise Plastikflaschen oder Fehler in Folien sowie gegossener oder gezogener Kunststoffe werden mit Polarisationsfiltern zuverlässig erkannt.

Automotive

In ITS-Systemen oder der Überwachung kann mit dem Einsatz eines Polarisationsfilters eine Person hinter einer Scheibe oder im Auto sichtbar gemacht werden, wenn normalerweise die Blendung auf der (Windschutz)-Scheibe die Bilderfassung und -erkennung behindern würde. Die Ermittlung der Lichtrichtung ist ideal für Verkehrs- und Transportanwendungen, wenn festgestellt werden soll, woher die Lichter bei Dunkelheit oder Dämmerlicht kommen und sie gegen Reflexionen abzugrenzen. Selbstfahrende Autos profitieren von einer verbesserten Fahrbahnerkennung bei unterschiedlichsten Lichtverhältnissen, indem sie die flache Straßenoberfläche anhand der Polarisationsrichtung erfassen.

Drohnen

Für Drohnen hält die Polarisation direkt am oder im Sensor komplett neue Messmethoden und Anwendungen bereit. Mit der Aufnahme von vier Polarisationsrichtungen simultan lassen sich die Vorteile von polarisiertem Licht in immer kleineren, vollständig integrierten Vision-Systemen nutzen. Mit Drohnen oder prinzipiell in Infrastrukturanwendungen können durch Polarisationsfilter beispielsweise Objekte unter Wasser erkannt werden, indem die Reflexionen der Wasseroberfläche entfernt werden. Davon profitiert unter anderem die Landwirtschaft, Reisfelder und deren Wachstum und Erntegrade können kostengünstig aus der Luft und mit dem Einsatz nur einer Kamera inspiziert werden.

Ein schneller Weg zur Bildverbesserung

Polarisation verbessert in jeder Hinsicht die Erkennung von Objekten durch zusätzliche sichtbar gemachte Bilddaten. In vielen Anwendungen kann es einfacher, schneller, günstiger und auch zuverlässiger sein, auf Polarisationsfilter zu setzen - anstatt kompliziert sowie mit unzuverlässigen Erfolgsaussichten an der Beleuchtung zu laborieren oder auf taktile Prozesse zu setzen. Auch wenn spezielle Polarisationssensoren etwas teuer gegenüber Standardsensoren sind, gleicht der geringe Aufwand, die einfache Handhabung und die hohe Zuverlässigkeit diese überschaubare Anfangsinvestition meist schnell aus. Im Vergleich zu taktilen Sensoren treten die Vorteile noch deutlicher hervor. Mit externen Polfiltern lassen sich auch bestehenden Anwendungen aufrüsten.

Anwender, die in ihrer Applikation kontrastreichere Bilder benötigen, Spiegelungen oder Reflexionen entfernen müssen, sollten in jedem Falle einen Aufbau inklusive Polarisation testen. Die on-chip-Varianten dieser Technologie lassen sich unkompliziert auch für kleine, smarte Embedded Vision-Anwendungen einsetzen. ◄