

# **WHITEPAPER**

**KAMERASENSORIK TEIL 3**

*ALLES EINE FRAGE DES LICHTS*

# INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung .....	3
2 Einige Fachbegriffe und deren Zuordnung .....	3
3 Beleuchtungsart.....	4
4 Beleuchtungsrichtung.....	4
4.1 Hellfeld, partielles Hellfeld und Dunkelfeld .....	4
5 Beleuchtungstechniken .....	5
5.1 Auflichtbeleuchtungen .....	5
5.1.1 Gerichtete koaxiale Beleuchtung .....	5
5.1.2 Diffuse koaxiale Beleuchtung .....	7
5.1.3 Telezentrische Beleuchtung.....	8
5.1.4 Hellfeld-/partielle Hellfeldbeleuchtung.....	8
5.1.5 Dunkelfeldbeleuchtung .....	9
5.2 Durchlichtbeleuchtungen .....	10
5.2.1 Telezentrische Beleuchtung.....	10
5.2.2 Hellfeld-Durchlichtbeleuchtung .....	11
5.2.3 Dunkelfeld-Durchlichtbeleuchtung .....	12
5.2.4 Transmissive Beleuchtung .....	12
6 Farbige Beleuchtung .....	13
6.1 Beleuchtungen mit speziellen Lichtwellenlängen .....	13
6.1.1 Farben mit Infrarotlicht „ausblenden“ .....	14
6.1.2 UV-Licht .....	14

## **1 EINLEITUNG**

Die potenziellen Einsatzbereiche von Kamerasensoren sind äußerst vielseitig, wobei im Grunde in jeder Applikation die Zielsetzung verfolgt wird, an bestimmten Objekten spezifische Merkmale zu prüfen. Damit diese Aufgabenstellung gelingt, muss die Bildverarbeitung des Kamerasensors im Sinne einer zuverlässigen Auswertung ein zur Objektprüfung verwertbares Bild erhalten, um bspw. konkrete Objektmerkmale bzw. Prüfmerkmale eindeutig hervorheben respektive erkennen zu können. Eine solche Erkennung ist jedoch nur mit einer kontrastreichen Abbildung möglich, die solche Merkmale deutlich hervorhebt. Der Beleuchtung kommt somit beim Einsatz von Kamerasensoren eine entscheidende Rolle zu, da sie maßgeblich die Prüfergebnisse in einer Applikation beeinflusst, insbesondere dann, wenn die zu prüfenden Merkmale eines Objektes von Bauteil zu Bauteil variieren. Immerhin hat die korrekte Beleuchtung im Hinblick auf eine konkrete Anwendung mit einem Kamerasensor einen Anteil von schätzungsweise Zweidrittel am Erfolg einer Applikationslösung.

In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass es kein „Standardrezept“ für die Wahl der jeweils richtigen Beleuchtung gibt. Vielmehr zählen hier vor allem vielfältige Erfahrungen, die man aus der Umsetzung von Lösungen für unterschiedliche Einsatzfelder gewonnen hat. Grundlegende Kenntnisse zu den Einflüssen verschiedener Beleuchtungen auf die Merkmalsprüfung von Objekten sind hierbei durchaus hilfreich. Der 3. Teil der White Paper-Reihe zur Kamerasensorik beschäftigt sich aus diesem Grund intensiver mit dieser Thematik.

## **2 EINIGE FACHBEGRIFFE UND DEREN ZUORDNUNG**

Das Thema „Beleuchtung“ ist äußerst komplex, daher ist es zur Einführung ratsam, einige spezifische Begriffe, deren Bedeutung sowie Zuordnung zueinander zu klären. In diesem White Paper wird im Allgemeinen zwischen Beleuchtungsart, Beleuchtungsrichtung und Beleuchtungstechnik unterschieden. Die in diesem Zusammenhang relevanten Fachtermini sind:

### **Beleuchtungsart**

- / Auflicht
- / Durchlicht

### **Beleuchtungsrichtung**

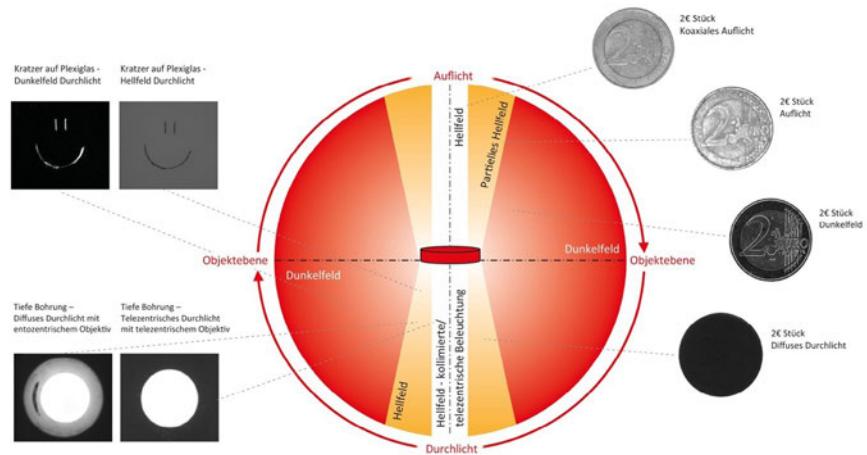
- / Hellfeld, partielles Hellfeld, Dunkelfeld

### **Beleuchtungstechniken**

(auf die einzelnen Beleuchtungstechniken wird unter Kapitel 5 näher eingegangen)

### 3 BELEUCHTUNGSART

Bei der Beleuchtungsart wird generell zwischen einer Auflichtbeleuchtung und Durchlichtbeleuchtung unterschieden. Beim Auflicht befindet sich die Beleuchtung oberhalb einer Objektebene. Bei Durchlicht ist die Lichtquelle als Hintergrundbeleuchtung hingegen unterhalb einer Objektebene angeordnet.



Position der Beleuchtung und einige Effekte auf die Merkmalsprüfung von Objekten.  
(Alle Bilder: ipf electronic gmbh)

### 4 BELEUCHTUNGSRICHTUNG

Sowohl beim Auflicht als auch Durchlicht kann zwischen verschiedenen Beleuchtungsrichtungen differenziert werden. Die Beleuchtungsrichtung beschreibt gewissermaßen den Eintrittswinkel der Lichtstrahlen auf ein Objekt oder eine Objektoberfläche. Je nach Beleuchtungswinkel wird ein Hellfeld, ein partielles Hellfeld oder ein Dunkelfeld erzeugt.

#### 4.1 HELLFELD, PARTIELLES HELLFELD UND DUNKELFELD

In einem Hellfeld werden die Strahlen einer Lichtquelle bei Auflicht von einer Objektoberfläche reflektiert und direkt auf die Kameraoptik projiziert. Bei Durchlicht entsteht das Hellfeld, indem die Lichtstrahlen von unten direkt durch ein transparentes Objekt oder z. B. durch eine Bohrung im Objekt hindurch zur Kameraoptik geleitet werden. Strengegenommen kann ein 100-prozentiges Hellfeld aber nur durch eine telezentrische Beleuchtungstechnik (siehe Kapitel 5) erzeugt werden. Daher ist es im Zusammenhang mit der Beleuchtungsrichtung notwendig, noch ein „partielles Hellfeld“ einzuführen, da bspw. bei Auflicht durch eine gerichtete oder diffuse koaxiale Beleuchtungstechnik ein partielles Hellfeld in den Randbereichen eines Objektes entsteht und ein Hellfeld im Bereich der Objektmitte, wenn sich ein Prüfling unmittelbar unterhalb der Kameraoptik befindet.

Beleuchtungen, die ein Dunkelfeld erzeugen, arbeiten sowohl bei Auflicht als auch Durchlicht mit einer Art Streiflicht. Das Licht einer seitlich zur Objektebene positionierten Lichtquelle streift hierbei gewissermaßen über die Objektebene hinweg. Unebenheiten auf einem Prüfling, aber auch Gravuren oder Oberflächenfehler lenken bspw. bei Auflicht die von der Seite auftreffenden Lichtstrahlen zu einem Großteil in Richtung Kameraoptik ab, sodass sich solche Merkmale in einem kontrastreichen Bild als helle Bereiche deutlich hervorheben. Die restliche Objektoberfläche wird stattdessen im Kamerabild eher dunkel dargestellt, da von ihr keine bzw. nahezu keine Reflexion der Lichtstrahlen in Richtung Kameraoptik stattfindet.

## **5 BELEUCHUNGSTECHNIKEN**

Im Hinblick auf die Beleuchtungstechniken existieren eine Vielzahl an unterschiedlichen Lösungen für Auflicht und Durchlicht. Genau dieser Umstand macht die Kamerasensorik (abgesehen vom Kamerasensor selbst, der möglichen Objektivwahl und der überaus leistungsfähigen Parametriersoftware zu diesen Geräten) so vielseitig im Einsatz, aber auch problematisch, was die Entwicklung einer optimalen Lösung für eine spezifische Applikation anbelangt. Nachfolgend werden die verschiedenen Techniken für Auflicht- und Durchlichtbeleuchtungen vorgestellt.

### **5.1 AUFLICHTBELEUCHTUNGEN**

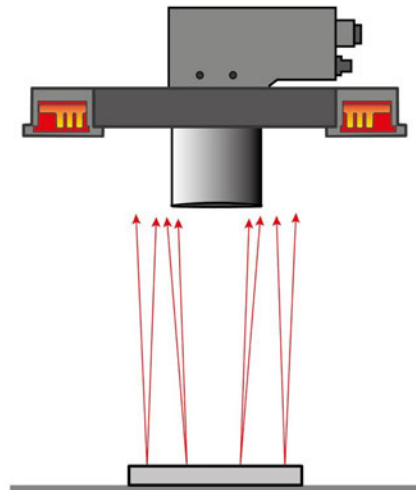
Bei Auflicht unterscheidet man zwischen folgenden Beleuchtungstechniken:

- / gerichtete koaxiale Beleuchtung
- / diffuse koaxiale Beleuchtung
- / telezentrische Beleuchtung
- / Hellfeld-/partielle Hellfeldbeleuchtung
- / Dunkelfeldbeleuchtung

Der Begriff „koaxial“ beschreibt, dass das Licht gleichachsig zur Kameraoptik abgestrahlt wird. Die Lichtquelle ist somit quasi um die Optik der Kamera herum angeordnet, bspw. in Form einer Ringbeleuchtung.

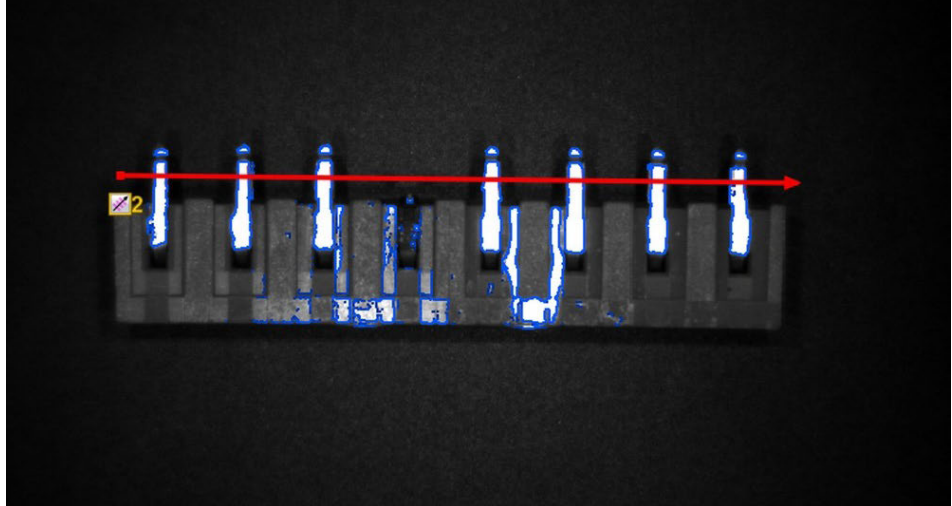
#### **5.1.1 GERICHTETE KOAXIALE BELEUCHTUNG**

Bei der gerichteten koaxialen Beleuchtung wird das Licht parallel zur Achse der Kameraoptik auf ein Objekt projiziert. Da heutzutage ausnahmslos LEDs bzw. LED-Arrays als Lichtquelle eingesetzt werden, integrieren z. B. die bei Auflicht genutzten Beleuchtungstechniken mitunter einen Diffusor, eine Streuscheibe oder eine matte Abdeckung vor der Lichtquelle (z. B. Ringbeleuchtungen), um eine möglichst homogene Lichtverteilung auf einer Prüffläche zu erzielen. Das austretende Licht wird dabei direkt auf die Objektebene abgestrahlt.



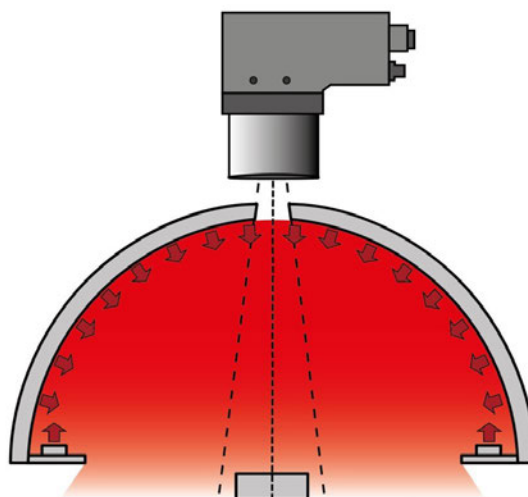
Gerichtete koaxiale Beleuchtung.

Die gerichtete koaxiale Beleuchtung mit Auflicht ist besonders für Prüfobjekte mit einer ebenen bzw. glatten, reflektierenden oder glänzenden Oberfläche geeignet. Beispiele hierfür sind Unterlegscheiben (z. B. zur Prüfung des Objektdurchmessers) oder Elektronikbauteile, an denen z. B. die Vollständigkeit von Kontakten kontrolliert werden soll.



Prüfung der Vollständigkeit von Kontakten auf einem Elektronikbauteil mit einer gerichteten koaxialen Auflichtbeleuchtung.

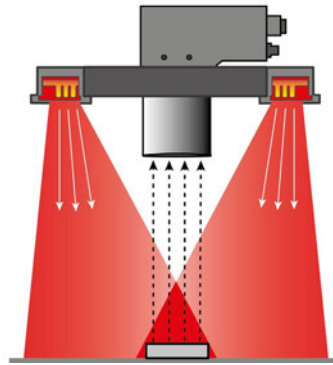
Für komplexere reflektierende Objekte wie etwa Folien, Kronkorken für Flaschen oder Datenträger (Blue-Ray, CDs, DVDs) eignet sich die sogenannte Dome-Beleuchtung, die eine äußerst gleichmäßige Ausleuchtung eines Prüfobjektes ermöglicht. Da die über dem Dome positionierte Kameraoptik zur Abbildung der Objektebene mit dem Prüfling eine Öffnung benötigt, ist normalerweise auf dem Kamerabild im Objektzentrum ein dunkler Bereich zu sehen, von dem das Licht der Beleuchtung nicht reflektiert wird. Um diesen Effekt zu vermeiden, integrieren besonders hochwertige Dome-Beleuchtungen mitunter eine seitlich zur Kameraoptik installierte Lichtquelle, die das Licht über einen Strahlteiler in Richtung Objektebene lenken.



Dome-Beleuchtung, mit koaxialer Lichtquelle.

### 5.1.2 DIFFUSE KOAXIALE BELEUCHTUNG

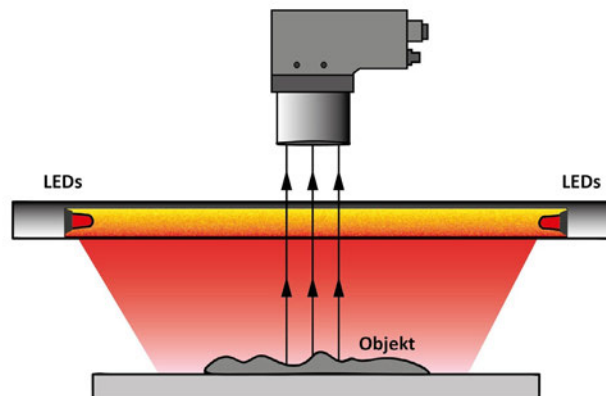
Eine diffuse koaxiale Beleuchtung lässt sich aber z. B. auch durch eine entsprechend diffuse Abdeckung auf einer Ringleuchte realisieren. Das austretende Licht wird dabei ungerichtet bzw. stark gestreut auf die Objektebene abgestrahlt.



Diffuse koaxiale Beleuchtung.

Mit dieser Beleuchtungstechnik wird ein diffuses und somit sehr homogenes Licht erzeugt, das sich ideal für reflektierende Objekte mit unebener Oberfläche eignet. Hierzu ein Beispiel: Wird bei der Prüfung eines glänzenden Rohres eine gerichtete Aufsichtbeleuchtung gewählt, dann reflektiert der Scheitelpunkt des Objektes (Bereich der Rohrmitte) das meiste Licht in Richtung Kameraoptik. Die Randbereiche des Rohres sind auf dem Kamerabild hingegen als dunkle Zonen dargestellt, da von ihnen kaum noch Lichtreflexionen in den Erfassungsbereich der Kameraoptik gelangen. Dies kann sich u. U. negativ auf das Prüfergebnis auswirken, da bspw. der Übergang vom Rohrrand zu einem Hintergrund nicht mehr kontrastreich und somit klar erkennbar ist. Eine diffuse koaxiale Beleuchtung erzielt stattdessen eine bessere Lichtverteilung auf dem gesamten Objekt, sodass auch die Randbereiche des Rohres im Kamerabild eindeutiger zu erkennen sind. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Beleuchtung deutlich größer ist, als das Prüfobjekt. Als Alternative hierzu lässt sich aber auch eine besondere Beleuchtungsbauform verwenden, die, ähnlich einem Tunnel, leicht gebogen ist.

Eine besondere Form der diffusen Beleuchtung ist der sogenannte Flat-Dome. Er liefert ein ungerichtetes Licht, das sich äußerst gleichmäßig auf einer Objektfläche verteilt. Vor allem glänzende, unebene Objektflächen, die zudem noch während der Prüfung in ihrer Lage variieren, lassen sich mit dieser Beleuchtungstechnik sehr gut inspizieren. Ein Nachteil besteht jedoch darin, dass man diese Beleuchtungslösung sehr nahe an ein Objekt heranführen muss, um auswertbare Bildergebnisse zu erzielen.

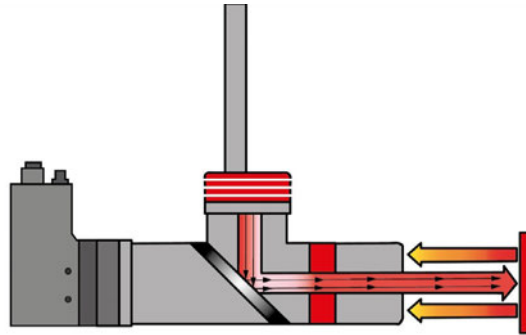


Flat-Dome-Beleuchtungen ermöglichen eine äußerst gleichmäßige Lichtverteilung auf einer glänzenden, unebenen Objektfläche.



### **5.1.3 TELEZENTRISCHE BELEUCHTUNG**

Bei dieser Beleuchtungstechnik haben die Lichtstrahlen im Gegensatz zu einer gerichteten oder diffusen coaxialen Beleuchtung (vgl. Abb. 2, 4 und 5) keinen Öffnungswinkel. Stattdessen treffen die Lichtstrahlen bspw. aufgrund einer speziellen Richtoptik parallel zur Kameraoptik auf ein Prüfobjekt.



Telezentrische/kollimierte Beleuchtung. Die Strahlen der Lichtquelle werden über eine Richtoptik gebündelt und treffen parallel zur Kameraoptik auf eine Prüfobjekt.

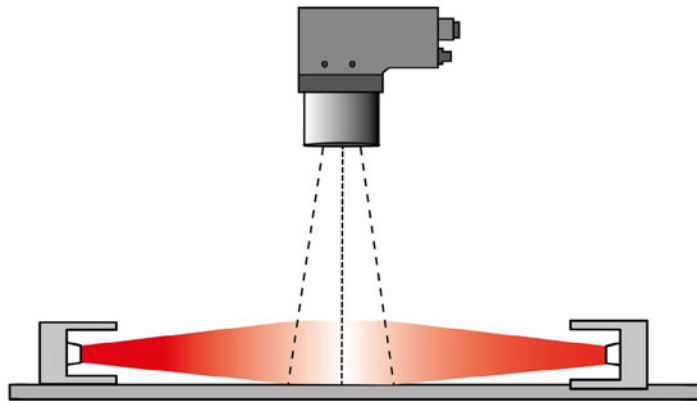
### **5.1.4 HELLFELD-/PARTIELLE HELLFELDBELEUCHTUNG**

Die bislang beschriebenen Beleuchtungstechniken für Auflicht können als Hellfeldbeleuchtungen bzw. als partielle Hellfeld-Beleuchtungen bezeichnet werden, da mit ihnen im Grunde die direkte Reflexion der Lichtstrahlen von einem Prüfobjekt respektive einer Objekt Oberfläche ausgewertet wird. Wie bereits in Kapitel 4.1 betont, erzeugt eigentlich nur die telezentrische Beleuchtungstechnik bei Auflicht ein „echtes“ Hellfeld, da hier die Lichtstrahlen hauptsächlich von der Objekt Oberfläche in Richtung Kameraoptik reflektiert werden. Dabei ist die reflektierte Lichtmenge sehr stark von der Oberflächenstruktur abhängig bzw. es ergeben sich kontrastreiche Abbildungen der Oberflächenstruktur.



### 5.1.5 DUNKELFELDBELEUCHTUNG

Dunkelfeldbeleuchtungen werden zumeist in einem sehr geringen Abstand zu einem Prüfobjekt positioniert und bestehen bspw. aus flachen Ringlichtern, Linienlichtern oder sogenannten Spotlights. Diese Form der Beleuchtung kommt sehr häufig zur Detektion von Fehlern auf Objektoberflächen (z. B. Kratzer oder Riefen) oder etwa bei der Prüfung von Gravuren zum Einsatz. Das von einem Prüfobjekt reflektierte Licht wird bei der Dunkelfeldbeleuchtung mit Aufricht zu einem Großteil auf Bereiche außerhalb der Kameraoptik gelenkt. Lediglich die Reflexionen der Lichtstrahlen von den Objektunbeeinheiten werden von der Kameraoptik erfasst, wodurch Fehler, Defekte oder spezifische Objektmerkmale im Kamerabild als helle Bereiche gut erkennbar sind.



Dunkelfeldbeleuchtungen werden zumeist in einem sehr geringen Abstand zu einem Prüfobjekt positioniert und bestehen bspw. aus flachen Ringlichtern, Linienlichtern oder sogenannten Spotlights.



Abbildung einer 2-Euro-Münze bei einer Dunkelfeldbeleuchtung (links). Im Vergleich hierzu die Münze mit einer Hellfeldbeleuchtung (rechts). Die Gravur der Münze hebt sich bei der Dunkelfeldbeleuchtung kontrastreich zum Hintergrund ab.

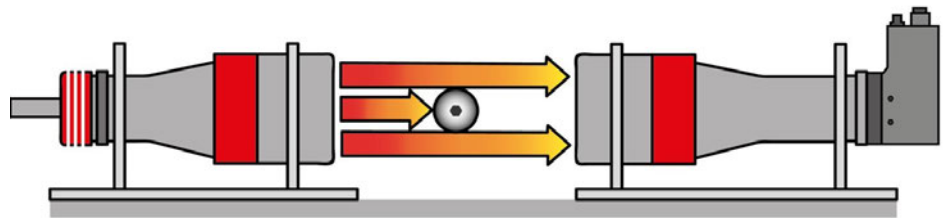
## 5.2 DURCHLICHTBELEUCHTUNGEN

Bei Durchlicht- bzw. Hintergrundbeleuchtungen wird zwischen folgenden Beleuchtungstechniken unterschieden:

- / Telezentrische Beleuchtung
- / Hellfeld-Durchlichtbeleuchtung (diffuse oder gerichtete Durchlichtbeleuchtung)
- / Dunkelfeld-Durchlichtbeleuchtung
- / Transmissive Beleuchtung

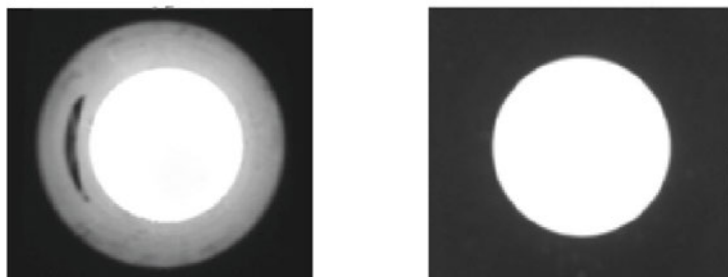
### 5.2.1 TELEZENTRISCHE BELEUCHTUNG

Telezentrische Beleuchtungstechniken liefern bei Durchlicht eine exakte Abbildung der Prüfobjekte, weitestgehend frei von Beugungseffekten, und werden daher vor allem für exakte Messaufgaben eingesetzt.



Telezentrische Durchlichtbeleuchtung für eine kontrastreiche Ausleuchtung ohne störendes Streulicht in Kombination mit einem telezentrischen Objektiv.

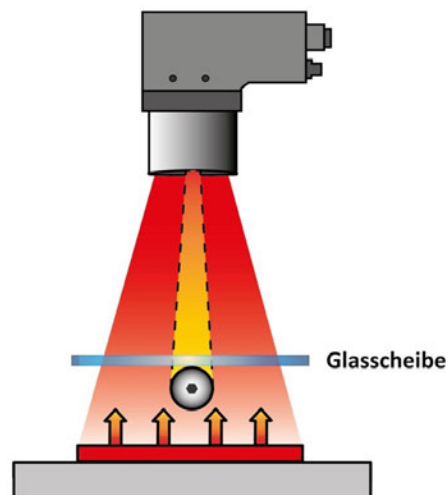
Wird ein Objekt hingegen mit einer Standard-Durchlichtbeleuchtung von hinten angestrahlt, verändert sich sein Schattenbild bzw. das Schattenbild des Prüfobjektes mit zunehmendem Abstand der Beleuchtung zum Objekt (links). Das Schattenbild ist aufgrund der Ablenkung bzw. Beugung der Lichtstrahlen an der Objektkante nicht mehr klar abgegrenzt. Dieser Effekt wird um so schwächer, je telezentrischer das Licht (kollimiertes Strahlenbündel) ist. Für präzise Messaufgaben empfiehlt sich daher insbesondere bei Durchlicht, das einen guten Kontrast zwischen Objekt und Hintergrund liefert, eine telezentrische Beleuchtungstechnik in Kombination mit einem telezentrischen Kameraobjektiv (rechts).



Tiefe Bohrung. Diffuses Durchlicht (entozentrisches Objektiv) (links).Telezentrisches Durchlicht (telezentrisches Objektiv) (rechts).

### 5.2.2 HELLFELD-DURCHLICHTBELEUCHTUNG

Bei der Hellfeld-Durchlichtbeleuchtung wird ein Prüfobjekt von unten bzw. von hinten so angeleuchtet, dass die Strahlen der Lichtquelle in Richtung Kameraoptik geleitet werden. Auf diese Weise wird eine Art Schattenbild von Prüfobjekt erzeugt, bei dem der Objekthintergrund als heller Bereich in der Bilddarstellung des Kamerasensors zu erkennen ist. Diese Beleuchtungstechnik wird zumeist verwendet, wenn an Objekten bspw. das Vorhandensein von Merkmalen (etwa Ausstanzungen oder Bohrungen) geprüft werden soll, ohne jedoch hohe Maßanforderungen an das Prüfergebnis zu stellen. Für eine Hellfeld-Durchlichtbeleuchtung kommen je nach Anforderungen an die Prüfaufgabe entweder Lichtquellen mit diffuser oder gerichteter Beleuchtung zum Einsatz.

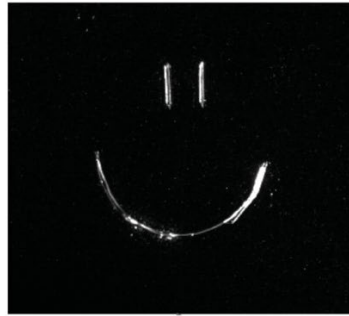


Beispiel für eine diffuse Durchlichtbeleuchtung, die eine Art Schattenbild von einem zu prüfenden Objektmerkmal erzeugt. Die Beleuchtung besteht hier aus einer flächigen, sehr nah am Prüfling positionierten Lichtquelle.

Eine klassische Anwendung für eine Hellfeld-Durchlichtbeleuchtung ist bspw. die Prüfung von Kunststoff-Spritzteilen. In diesem Zusammenhang wird anhand des Schattenwurfs der Prüflinge im Kamerabild kontrolliert, ob die Teile einwandfrei gefertigt sind oder aber bspw. bestimmte Produktbereiche fehlen bzw. im Vergleich zur gewünschten Form Veränderungen aufweisen, weil sie im Spritzwerkzeug nicht korrekt ausgespritzt wurden. Die Teileprüfung gibt in einem solchen Fall Auskunft über einen einwandfreien Spritzprozess, vor allem zu Beginn einer Produktion, wobei hier u.a. Faktoren wie die Temperatur des Kunststoffes, die Werkzeugtemperatur und der Spritzdruck etc. eine entscheidende Rolle spielen.

### 5.2.3 DUNKELFELD-DURCHLICHTBELEUCHTUNG

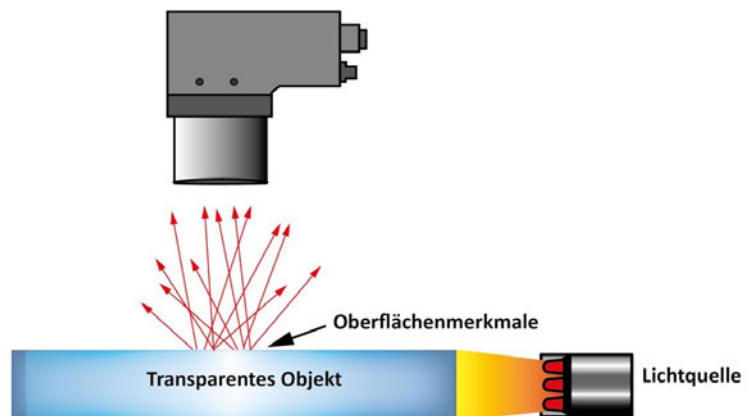
Mit dieser Beleuchtungstechnik lassen sich bspw. gewisse spezifische Oberflächenmerkmale von transparenten Objekten sehr gut hervorheben. Ein Beispiel hierfür sind etwa Kratzer auf einer Plexiglasscheibe. Bei einer Dunkelfeld-Durchlichtbeleuchtung werden die Kratzer auf der Objektoberfläche im Kamerabild als helle, deutlich erkennbare Bereiche dargestellt, die sich kontrastreich und damit eindeutig vom Rest der Plexiglasscheibe abheben, der in der Bildausgabe der Kamera als dunkler Bereich visualisiert ist.



Kratzer auf einer Plexiglasscheibe. Links: Bei einer Dunkelfeld-Durchlichtbeleuchtung treten die Artefakte als helle Bereiche deutlich hervor. Rechts: Hellfeld-Durchlichtbeleuchtung.

### 5.2.4 TRANSMISSIVE BELEUCHTUNG

Diese Beleuchtungstechnik stellt eine besondere Form der Dunkelfeld-Durchlicht-Beleuchtung dar, weil das Licht seitwärts in ein transparentes Objekt quasi injiziert wird. Der Prüfling fungiert somit gewissermaßen als Lichtleiter, durch den das Licht passieren kann. Defekte, wie Risse, Riefen, Kratzer, aber auch Verformungen sind im Kamerabild sehr gut erkennbar, da sich an ihnen das Licht bricht, wobei die Lichtstrahlen zur Kameraoptik reflektiert werden.

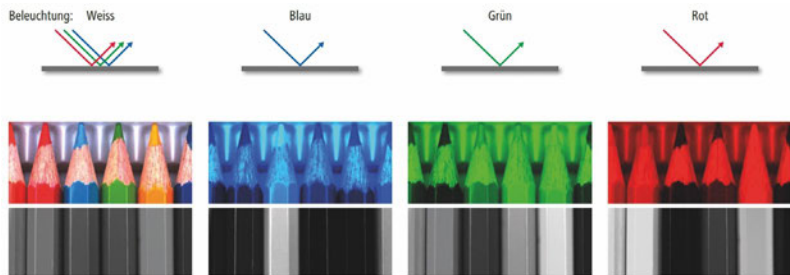


Transmissive Beleuchtung. Über eine Lichtquelle wird das Licht quasi in ein transparentes Prüfobjekt injiziert.

**6 FARBIGE BELEUCHTUNG**

Wenn über den erheblichen Einfluss von Beleuchtungen auf die Prüfergebnisse beim Einsatz von Kamerasensoren die Rede ist, dann muss auch auf das Thema „farbige Beleuchtung“ eingegangen werden, da eine farbige Beleuchtung zur Prüfung spezifischer Produktmerkmale ebenfalls die Darstellung in einem Kamerabild und damit die Auswertung beeinflussen können. Selbst bei einer monochromen Bildgebung eines Kamerasensors lassen sich durch verschiedenfarbige Beleuchtungen (z. B. blau, grün oder rot) spezifische Farben hervorheben oder aber unterdrücken. Der durch eine bestimmte farbige Beleuchtung erzeugte Kontrast im Kamerabild kann sehr hilfreich sein, um relevante Objektmerkmale zu unterscheiden.

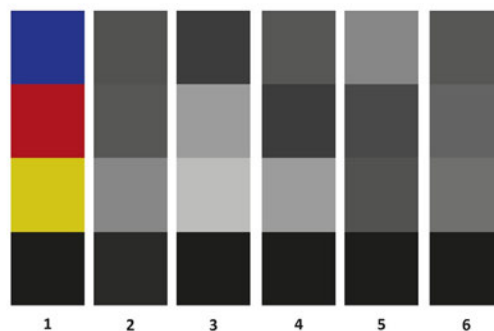
Hierzu ein Beispiel zur Prüfung von Buntstiften. Nehmen wir an, in einer Applikation soll das Vorhandensein eines blauen Stifts in einem Malkasten kontrolliert werden. Zur Prüfung wird blaues Licht verwendet. Trifft das blaue Licht auf eine mehrfarbige Fläche oder mehrfarbige Objekte, wie die Stifte in diesem konkreten Beispiel, dann wird lediglich dieses Licht von den Blauanteilen der Materialoberfläche, in diesem Fall dem blauen Buntstift, reflektiert. Je mehr Blauanteile der zu erfassende Gegenstand hat, desto mehr Licht wird reflektiert, sodass dessen Oberflächenbereiche heller abgebildet werden. In der Kameraaufnahme ist der blaue Stift im Malkasten im Vergleich zu den andersfarbigen Stiften kontrastreich dargestellt und somit eindeutig zu identifizieren. Rote Flächen erscheinen aus diesem Grunde unter Einsatz von blauem Licht extrem dunkel, wie ebenfalls in der Abbildung deutlich erkennbar ist.



Einfluss farbiger Beleuchtungen bei der Prüfung von Buntstiften. Selbst bei monochromer Bildgebung des Kamerasensors tritt bei blauem Licht der blaue Buntstift deutlich hervor.

**6.1 BELEUCHTUNGEN MIT SPEZIELLEN LICHTWELLENLÄNGEN**

Ultraviolett- oder Infrarotlichtquellen sind in diesem Zusammenhang in gewisser Weise besondere Beleuchtungstechniken, da deren Wellenlängen (UV-Licht: 100nm bis 380nm, Infrarotlicht: 780nm bis 1mm Wellenlänge) zur Hervorhebung ganz spezifischer Prüfmerkmale eingesetzt werden. Insbesondere Aufnahmen mit Monochrom-Kameras erzielen hierbei gleichermaßen interessante wie aufschlussreiche Ergebnisse in folgender Abbildung verdeutlicht.



Einfluss verschiedenfarbiger Beleuchtungen auf die Darstellung farbiger Flächen (1): 2 weiße Beleuchtung, 3 rote Beleuchtung, 4 grüne Beleuchtung, 5 blaue Beleuchtung. Durch die Beleuchtung mit Infrarotlicht (6) werden Farben außer Schwarz nahezu eliminiert.

### 6.1.1 FARBEN MIT INFRAROTLICHT „AUSBLENDEN“

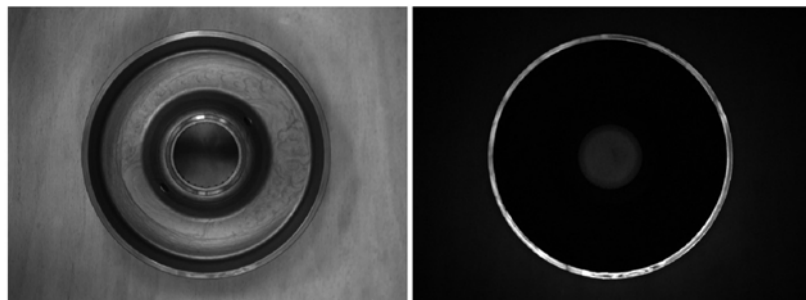
Infrarotlicht wird insbesondere bei der Prüfung von Aufdrucken zu Mindesthaltbarkeitsdaten oder Barcodes auf Nahrungsmittelverpackungen, aber auch weiteren wichtigen Kennzeichnungen auf anderen Produktverpackungen genutzt. Derartige Kennzeichnungen sind in der Regel in Schwarz auf Verpackungen gedruckt oder alternativ geprägt. Da vor allem Lebensmittelverpackungen überdies über ein „ansprechendes“ Produktdesign in Form von farbigen Abbildungen, Labels und Schriftzügen verfügen, wird die Erkennung der in solchen Designs integrierten Kennzeichnungen für einen Kamerasensor erschwert. Infrarotlicht eliminiert jedoch nahezu alle Farben bei monochromer Bildgebung, wodurch sich die bei der Prüfung störenden Designhintergründe einer Verpackung ausblenden lassen. Die schwarze Produktkennzeichnung ist indes im Kamerabild deutlich erkennbar. Im Hinblick auf die verwendeten Druckfarben ist jedoch Vorsicht geboten, da auch manche schwarze Farbe unter IR-Beleuchtung quasi unsichtbar wird.



Farbaufnahme (links) und Aufnahme eines Joghurtbechers mit einer Monochromkamera unter Weißlicht (Mitte). Mit Infrarotlicht wird das farbige Design bis auf die schwarze Beschriftung nahezu vollständig ausgeblendet (rechts).

### 6.1.2 UV-LICHT

UV-Licht hat die Eigenschaft, bestimmte Materialien zum Leuchten anzuregen, sodass diese im Prüfbild eines Kamerasensors erkennbar werden. In diesem Zusammenhang spielen die Begriffe „Lumineszenz“ und „Fluoreszenz“ eine zentrale Rolle. Lumineszenz entsteht als optische Strahlung beim Übergang von einem durch UV-Licht angeregten Zustand zum Urzustand eines Materials, wobei infolge der Fluoreszenz während der Anregung Licht emittiert wird. Die Prüfung eines spezifischen Materials oder Objektes mit UV-Licht setzt demnach dessen „Vorbehandlung“ mit einem Fluoreszenzmittel voraus. Das erwähnte Leuchten eines Materials klingt jedoch kurze Zeit nach der Bestrahlung mit UV-Licht wieder ab (Urzustand). Hinzu kommt, dass das von fluoreszierenden Materialien emittierte Licht über eine geringere Energie verfügt, als das vom Material absorbierte Licht. Obwohl daher die Fluoreszenz mit dem bloßen Auge wahrnehmbar ist, muss sie nicht unbedingt von einem Kamerasensor erkannt werden. Der Grund: Das Leuchten ist im Vergleich zur Lichtstärke des UV-Lichts schwächer, wodurch das UV-Licht die Fluoreszenz in der Kameraaufnahme überstrahlt. Um solche Effekte zu vermeiden, empfehlen sich beim Einsatz von UV-Lichtquellen spezielle Filter sowohl für das Kameraobjektiv, als auch für die Beleuchtung.



Monochrom-Aufnahme eines Lagerschafts unter Weißlicht und mit UV-Licht (rechts) bei Vorbehandlung des äußeren Schaft-rings mit einem Fluoreszenzmittel.

**ipf electronic gmbh**  
info@ipf.de • www.ipf.de

Änderungen vorbehalten! Stand: Oktober 2019