

# **WHITEPAPER**

HIGH-SPEED-  
PROZESSBEOBACHTUNG

Autoren: Dipl.-Ing. Christian Fiebach  
Geschäftsführer ipf electronic gmbh

Tobias Gelzhäuser  
Produktmanagement Kamerasensorik

**IPF** ELECTRONIC

# **INHALTSVERZEICHNIS**

1 Einleitung .....	3
2 Voraussetzungen für die High-Speed-Prozessbeobachtung .....	4
3 High-Speed-Kameras: Jederzeit skalierbare Systemlösung .....	6
3.1 Monochrom-Kameras plus Erweiterung .....	6
3.2 Farb-Kamera plus Erweiterung .....	6
4 Die Software zu den High-Speed-Kameras .....	7
4.1 Aufnahmefunktionen .....	7
4.2 Wiedergabefunktionen .....	8
4.3 Funktionen zum Teilen, Speichern und Exportieren .....	10
5 Zubehör für die High-Speed-Kamerasysteme .....	12
6 Applikationsbeispiel: Durchgängig hohe Qualität beim Laserschweißen .....	13
6.1 Zu wenig verwertbare Bildinformationen durch Überbelichtung .....	14
6.2 Einsatz von Objektivfilter und zusätzlicher Beleuchtung .....	14
6.3 Lückenlose Dokumentation der Qualität im Schweißprozess .....	14
7 Zusammenfassung und Fazit .....	15

## **1 EINLEITUNG**

Automatisierte Industrieprozesse mit extrem schnellen Fertigungsabläufen steigern den Durchsatz und verkürzen deutlich die Durchlaufzeiten und Produktionszyklen. High-Speed-Prozesse leisten somit maßgeblich einen Beitrag zur Steigerung der Fertigungseffizienz und damit letztendlich zur Wettbewerbsfähigkeit der hiesigen Industrie.

Doch wenn es mal irgendwo „klemmt“ und sich in Prozessen mit hohen Taktraten Fehler einschleichen, ist das ausgesprochen ärgerlich und überdies oftmals kostspielig, da wertvolle Produktionszeiten verloren gehen. Im schlimmsten Fall drohen hohe Ausschussraten und längere Produktionsstopps, bis das Problem endlich identifiziert und behoben ist. Noch kritischer kann es werden, wenn auch nachgeschaltete Fertigungsprozesse von einer Störung betroffen und damit womöglich komplette Produktionslinien lahmgelegt sind.

Wird demnach die Ursache für einen Fehler nicht binnen kürzester Zeit erkannt und beseitigt, ist guter Rat buchstäblich teuer und eine schnelle Lösung meist selten in Sichtweite. Doch muss es erst so weit kommen?

Schnelllaufende Prozesse mit bloßem Auge zu verfolgen, um Fehler oder Störungen erkennen zu können, macht in der Regel keinen Sinn. Was aber ist dann die Alternative? Im Grunde eine Technologie, die eigens für die Aufzeichnung von High-Speed-Prozessen sowie deren gezielte Analyse entwickelt wurde: eine Technologie wie die High-Speed-Kamerasysteme **OC29** von ipf electronic.

Die Systeme der Reihe **OC29** können darüber hinaus weitaus mehr als die Fehlersuche in Hochgeschwindigkeits-Prozessen. So lassen sich die Kameras zudem für die kontinuierliche Beobachtung und Optimierung von schnelllaufenden Fertigungsprozessen einsetzen, um bspw. den Ausstoß nachhaltig zu erhöhen und damit ein entscheidendes Plus an Produktivität zu gewinnen.

Ein weiteres Aufgabengebiet für die High-Speed-Kameras erschließt sich u.a. in der Kundenbindung und/oder Neukundengewinnung, denn anhand von beeindruckenden Bildern und Zeitlupenaufnahmen, bspw. auf der firmeneigenen Webseite, kann der Ablauf und Qualität der eigenen Produktionsprozesse einmal völlig anders dargestellt werden. Generell denkbar ist der Einsatz der Kameras in diesem Zusammenhang außerdem als modernes, zeitgemäßes Tool, um im Sinne einer durchgängigen Qualitätssicherung Montageprozesse für Auftraggeber zu dokumentieren.

Auch Dienstleister im Bereich Instandhaltung können von den **OC29** profitieren, in dem sie ihre Angebotspalette durch eine High-Speed-Prozessbeobachtung im Rahmen der Wartung von Anlagen erweitern.

Die High-Speed-Kameras der Reihe **OC29** von ipf electronic bieten somit vielschichtige Potenziale für eine ganze Reihe sehr unterschiedlicher Aufgaben in allen erdenklichen Industriebereichen.

Dieses Whitepaper dient primär als Orientierungshilfe und beschreibt daher ausführlich die wesentlichen technischen Merkmale der High-Speed-Kameras und die Funktionsweise der kostenfreien Software zu den Geräten für die bedarfsspezifische Analyse, Auswertung und Weiterverarbeitung der Aufnahmen.

Für ein umfassenderes Verständnis der Thematik wird jedoch zuvor noch darauf eingegangen, welche Voraussetzungen zukünftige Anwender an eine High-Speed-Prozessbeobachtung knüpfen sollten und warum es in diesem Zusammenhang häufig ratsam ist, eine eigens hierfür entwickelte Systemlösung zu nutzen, anstelle von eher konventionellen und quasi überall verfügbaren Kameratechnologien.

## 2 VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE HIGH-SPEED-PROZESSBEOBACHTUNG

Welche Voraussetzungen muss eine High-Speed-Prozessbeobachtung erfüllen, damit sie überall schnell und unproblematisch einsetzbar und zudem einfach zu bedienen ist?

Die High-Speed-Kameras der Reihe **OC29** bauen mit einer Länge von knapp 80mm sowie einer Höhe und Breite von jeweils 29mm äußerst kompakt und finden daher aufgrund ihrer kompakten Maße in nahezu jeder Anwendung einen Montageplatz. Dank der intuitiven Software, auf die noch später konkreter eingegangen wird, ist das Kamerasystem sofort einsatzbereit. Langwierige Schulungen für die Bedienung sind nicht erforderlich. Die Aufzeichnungen werden während der Prozessbeobachtung im RAM eines PCs oder auf dessen Festplatte abgespeichert. Alternativ hierzu lassen sich die Aufzeichnungen auf einen USB-Stick speichern und anschließend auf einen PC übertragen. Danach kann direkt mit der Betrachtung und Analyse der Aufnahmen begonnen werden.



High-Speed-Kamera der Reihe **OC29** mit Objektiv. (alle Bilder: ipf electronic gmbh)

Aber was spricht dagegen, anstelle der High-Speed-Kameras von ipf electronic eine handelsübliche Dashcam oder Actioncam bzw. eine Ultra-High-Speed-Kamera für die Prozessbeobachtung einzusetzen? Hier einige entscheidende Gründe für die Kameras der Reihe **OC29**.

**Schneller:** Je nach Modell erzielen die Kameras der Reihe **OC29** hohe Framerraten von 750 bis 1000 fps. Die Abkürzung fps steht für „frames per second“ (Bilder pro Sekunde) und gibt an, wieviele Bilder die Kameras pro Sekunde aufnehmen können. Während die High-Speed-Kameras von ipf electronic durch vergleichsweise hohe Framerraten überzeugen, erzielen bspw. Actioncams lediglich Framerraten bis zu maximal 240 fps. Der Aufnahme und vor allem Analyse von sehr schnelllaufenden Prozessen sind mit solchen Kameras damit deutliche Grenzen gesetzt.

**Kosteneffizienter:** Die meisten Dashcams oder Actioncams haben in der Regel fest verbaute Objektive, die auf Weitwinkelaufnahmen optimiert sind. Der Grund hierfür ist natürlich, dass solche Kameras nicht für die High-Speed-Prozessbeobachtung entwickelt wurden, sondern für Außenaufnahmen bspw. beim Motorradfahren oder anderen sportlich Aktivitäten, um mit dem Objektiv möglichst einen großen Bereich der Umgebung zu erfassen. Die **OC29** verfügen dagegen über kosteneffiziente und speziell auf die High-Speed-Prozessbeobachtung ausgelegte Objektive. Da sämtliche Kameras über C-Mount-Objektivanschlüsse verfügen, können die Objektive im Hinblick auf die besten Bildergebnisse bei Bedarf einfach ausgetauscht werden.

**Flexibler:** Aufgrund der einfachen Auswahl der für die Betrachtung gewünschten Bildausschnitte über die Oberfläche der kostenfreien Software, sind die **OC29** außerdem flexibler einsetzbar. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, sich während der Betrachtung und Analyse mehrere Aufnahmen parallel und somit gleichzeitig anzuschauen, um bspw. die Fehlersuche zusätzlich zu verfeinern.

**Vielseitiger:** Hinzu kommen verschiedenste Optionen, die Kameras über eine SPS, einen Sensor oder manuell zu triggern. Werden bspw. die Kameras von einer SPS angesprochen, speichern sie die aufgenommenen Bildsequenzen ereignisorientiert. Die Systeme der Reihe **OC29** legen hierzu während der High-Speed-Prozessbeobachtung kontinuierlich die aktuellen Aufnahmen im RAM-Speicher eines angeschlossenen PCs ab. Das RAM fungiert als Ringpuffer oder Ringspeicher, sodass immer die ältesten Aufnahmen nach einer vom Anwender vordefinierten Zeit bzw. in Abhängigkeit zur Aufnahmekapazität des RAMs überschrieben werden.

Registriert eine SPS einen Fehler in einem Prozess, wird die High-Speed-Kamera durch das entsprechende Steuerungssignal getriggert, sodass die zuvor von der Kamera erfasste Aufnahme inklusive des Fehlerereignisses dauerhaft gespeichert werden. Somit besteht die Möglichkeit, die Prozessbeobachtung zu automatisieren, ohne viel Zeit vor Ort investieren zu müssen.

Das spart in jedem Fall enorm viel wertvolle Zeit, insbesondere wenn die Fehler nur sporadisch auftreten und sich somit auch zeitlich nicht eingrenzen lassen, da für die Prozessanalyse und Fehleridentifizierung keine längeren Aufnahmen gesichtet werden müssen. Alternativ hierzu kann eine Aufnahme aber auch über ein Start-/Stopp-Signal einer SPS initiiert werden. Archiviert wird in diesem Fall die Aufnahme, die das System zwischen den Start-/Stopp-Signalen aufzeichnet.

**Einfacher:** Für die Betrachtung und Analyse der Aufnahmen wird schließlich eine intuitive Software genutzt, die kostenlos zu den **OC29** erhältlich ist. Statt herkömmliche und meist komplexe sowie umständlich zu bedienende Bildverarbeitungsprogramme einzusetzen, stellt ipf electronic ein eigens für die Prozessbeobachtung entwickeltes Programm bereit, das nur die Funktionen liefert, die wirklich benötigt werden und somit langwieriges Einarbeiten und lange Schulungen überflüssig macht.

**Wirtschaftlicher:** Last, but not least sind die Kameras der Reihe **OC29** weitaus kostengünstiger als sehr teure und meist auch für die reine Prozessbeobachtung technisch überdimensionierte Ultra-High-Speed-Kameras.

### **3 HIGH-SPEED-KAMERAS: JEDERZEIT SKALIERBARE SYSTEMLÖSUNG**

Um die verschiedensten Anforderungen für eine Vielzahl an Prozessbeobachtungen erfüllen zu können, bietet ipf electronic derzeit insgesamt drei High-Speed-Kameras (monochrom, farbig) mit unterschiedlichen Frameraten und Auflösungen an. Flankierend hierzu gibt es für jedes Gerät eine Erweiterungskamera, damit Prozesse gleichzeitig aus mehreren Perspektiven aufgezeichnet und anschließend betrachtet werden können.

#### **3.1 MONOCHROM-KAMERAS PLUS ERWEITERUNG**

Für Schwarz-/Weiß-Aufnahmen sind derzeit (Stand 2025) die **OC299721** und **OC299725** im Aluminiumgehäuse erhältlich. Die Kameras unterscheiden sich sowohl bei den Frameraten als auch Auflösungen. Mit der **OC299721** lassen sich Frameraten bis 220fps erreichen, wobei die maximale Auflösung des CMOS 1/2,9"-Bildaufnehmers 1440 x 1080 beträgt. Die **OC299725** hat eine maximale Auflösung von 640 x 480 (Bildaufnehmer: CMOS 1/4") und ermöglicht hohe Frameraten von bis zu 750fps.

Beide Kameras integrieren jeweils einen digitalen Ein- und Ausgang sowie einen konfigurierbaren Schaltausgang. Die Objektive der Kameras lassen sich bei Bedarf austauschen (C-Mount-Objektivanschluss). Die Monochrom-Kameras sind bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 20% bis 80% (nicht kondensierend) und Umgebungstemperaturen von 0 °C bis +80 °C einsetzbar.

Als Erweiterungskamera für synchrone Aufnahmen aus verschiedenen Perspektiven steht für beide Kameras die **OC299726** (monochrom) mit einer Auflösung von 640 x 480 und einer maximalen Framerate von 750fps zur Verfügung.

#### **3.2 FARB-KAMERA PLUS ERWEITERUNG**

Hin und wieder gibt es Prozesse, die nur mit einer Farbkamera beobachtet werden können, um möglichen Fehlern, die z. B. in Graustufenbildern nur schwer erkennbar sind, gezielt auf die Spur zu kommen. In diesem Zusammenhang verfügen die Bilder solcher Kameras aufgrund der farblichen Darstellung eines Prozessablaufs außerdem im Vergleich zu Monochromaufnahmen über eine höhere Informationsdichte.

Die maximale Aufnahmegeschwindigkeit der High-Speed-Farbkamera **OC299825** von ipf electronic beträgt 750fps bei einer maximal möglichen Auflösung von 640 x 480 (Bildaufnehmer: CMOS 1/4").

Wie die Monochrom-Kameras verfügt die **OC299825** über einen digitalen Ein- und Ausgang sowie einen konfigurierbaren Schaltausgang. Auch an dieser Kamera, ausgelegt für Einsätze bei relativer Luftfeuchtigkeit von 20% bis 80% sowie Umgebungstemperaturen von 0 °C bis +80 °C, lässt sich bei Bedarf das Objektiv über den C-Mount-Anschluss austauschen.

Die Erweiterungskamera **OC299826** für die Farbkamera bietet eine maximale Framerate von 750fps und eine Auflösung von 640 x 480.

**4 DIE SOFTWARE ZU DEN HIGH-SPEED-KAMERAS**

Eine besondere Stärke der Systemlösung zu den High-Speed-Kameras **OC29** ist die intuitive, kostenfreie Software, die mit nur wenigen zentralen Funktionen den schnellen Einstieg in die Prozessbeobachtung entscheidend erleichtern. In den nachfolgenden Kapiteln werden die wesentlichen Funktionen der Software beschrieben.

**4.1 AUFNAHMEFUNKTIONEN**

Bereits vor Beginn einer Aufnahme erwartet den Anwender eine aufgeräumte Softwareoberfläche mit den wesentlichsten Funktionselementen, die aufgrund der übersichtlichen Anordnung auf dem Bildschirm eine schnelle und einfache Orientierung ermöglichen. Somit ist die High-Speed-Kamera in nur wenigen Schritten sofort einsatzbereit.



„Aufgeräumt“ und übersichtlich, die Oberfläche für die Aufnahmefunktionen.

Die wesentlichen Softwarefunktionen bestehen aus der Einstellung des Aufnahmemodus, der Aufnahmehelligkeit, der Anpassung des Bildformates und der Einstellung der Kamera-Framerate (aufgenommene Bilder pro Sekunde.)

**Aufnahmemodi:** Im ersten Schritt kann unter dem Reiter „Aufnahme“ zwischen „Aufnahmezeit“ und „Ringpuffer“ gewählt werden. Bei „Aufnahmezeit“ wird z. B. ein Prozess für eine vordefinierte Zeit ab Aufnahmebeginn aufgezeichnet. Wird stattdessen „Ringpuffer“ gewählt, erfolgt die kontinuierliche Speicherung der Aufnahme in den RAM-Speicher eines angeschlossenen PCs. Das RAM fungiert als Ringpuffer. Ist die zuvor vom Anwender voreingestellte Aufnahmezeit bzw. die Aufnahmekapazität des Ringspeichers erreicht, wird die jeweils älteste Aufnahme aus dem Puffer gelöscht.



Die OC29 stellen die Aufnahmemodi „Aufnahmezeit“ und „Ringpuffer“ bereit.

**Aufnahmehelligkeit:** Die Einstellung der Aufnahmehelligkeit erfolgt direkt am Kameraobjektiv. Die Feinanpassung lässt sich anschließend bei Bedarf über die Belichtungszeit des Kamerachips und/oder zusätzlich über eine elektronische Verstärkung vornehmen (Feinanpassung über die Software).

Zusätzlich zur primären Helligkeitseinstellung am Kameraobjektiv, kann die Feinanpassung per Software über die Belichtungszeit des Kamerachips und/oder über eine elektronische Verstärkung erfolgen.



**Anpassung des Bildformates:** Die Bildhöhe und Bildbreite sind nach den zuvor gewählten Parametern ebenfalls flexibel einstellbar. Somit lassen sich der aufzunehmende Bildausschnitt und die jeweils erreichbaren Frameraten optimieren.

Wenn erforderlich, können mit der Option „Bild drehen“ die Kamerabilder in jeweils 90-Grad-Schritten gedreht werden, wodurch eine größtmögliche Flexibilität bei der Kameramontage vor Ort erreicht wird.



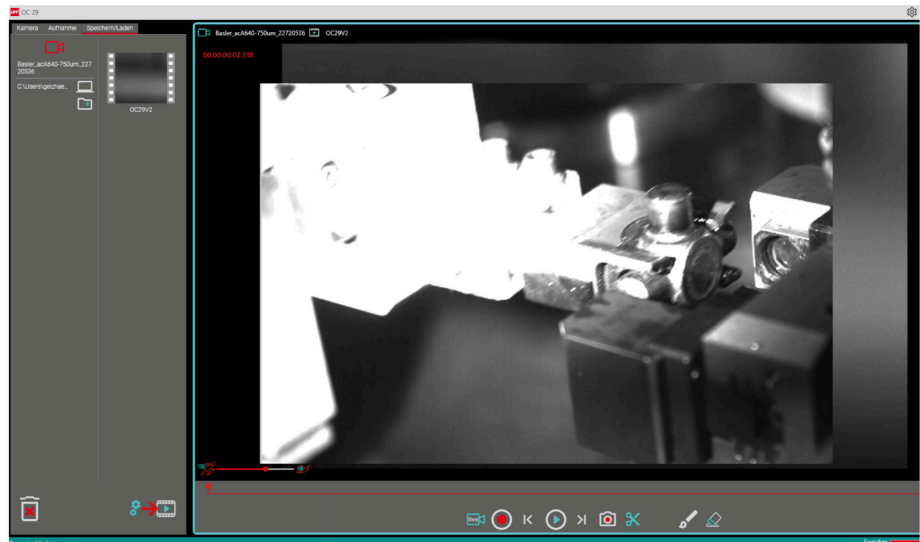
Um den Bildausschnitt und die erreichbaren Frameraten zu optimieren, können die Bildhöhe und Bildbreite flexibel eingestellt werden.

**Kamera-Framerate:** Die Aufnahmesituation lässt sich überdies durch die flexible Auswahl der Framerate einfach anpassen. Die jeweils notwendigen Frameraten können hierbei in 50er Schritten festgelegt werden. Die Kameras bieten zudem die Möglichkeit zu höheren Frameraten. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass sich mit steigenden Frameraten die Auflösung reduziert.

Wie bereits die Eingabemaske für die Einstellungen zu den Aufnahmen zeigt, überzeugt die kostenfreie Software zu den **OC29** durch eine Auswahl von nur wenigen, aber wesentlichen Funktionen, ohne die Anwendung mit weiteren Optionen unnötig zu überfrachten. Der Anwender hat hierbei die Wahl zwischen „Aufnahmezeit“ und „Ringpuffer“, wobei zusätzlich durch flexible Triggerfunktionen (z. B. per SPS, über Sensor oder manuell) die Möglichkeit zu automatisierten, ereignisorientierten Aufnahmen besteht. Die bedarfsorientierte Einstellung des Bildformates (wenn erforderlich mit Bildrotation) erleichtert die gezielte Prozessbeobachtung, wobei das System u.a. durch die einfache Einstellung der benötigten Framerate die bestmöglichen Ergebnisse liefert.

**4.2 WIEDERGABEFUNKTIONEN**

Nach der Aufnahme können die Ergebnisse unmittelbar betrachtet, analysiert und bei Bedarf z. B. mit einer Schnittfunktion bearbeitet werden. Hierbei gilt das gleiche, wie bei den Aufnahmefunktionen: Nur wenige, übersichtlich auf der Softwareoberfläche angeordnete Auswahl- bzw. Funktionselemente ermöglichen eine einfache Orientierung, erleichtern letztendlich die Arbeit und beschleunigen die Darstellungs- und Analyseprozesse.



Weniger ist oftmals mehr: Die Oberfläche für die Wiedergabefunktionen erleichtert die Orientierung und führt schnell zum gewünschten Ziel. Die Ablaufleiste liefert hierbei stets den genauen Überblick zum aktuellen Abspielzeitpunkt, der sich mit der Maus verschieben lässt, falls gewünscht.

**Abspielgeschwindigkeit:** Während der Betrachtung der Aufnahme kann die Abspielgeschwindigkeit über einen Schieberegler stufenlos angepasst werden. Mit der optionalen Funktion „Ansicht Maximal“ erhält der Anwender auf Wunsch eine optimierte Bilddarstellung der Aufnahmesequenzen.



Stufenlose Anpassung der Abspielgeschwindigkeit mit einem Schieberegler während der Betrachtung.

**Einzelbildmodus:** Während der Wiedergabe einer Aufzeichnung ist über die „Start/Pause“-Taste außerdem der Einzelbildmodus aktivierbar, um eine Aufnahme Bild für Bild, also in allen Details, betrachten zu können.

Bild für Bild betrachten: Einfache Aktivierung des Einzelbildmodus über die „Start/Stopp“-Taste am unteren Bildschirmrand.



**Schnittfunktion:** Die Aufnahme muss noch bearbeitet werden, um nur die wirklich relevanten Bildsequenzen zu erhalten? Auch hieran wurde gedacht, denn die Schnittfunktion ermöglicht es, die Aufnahmen individuell anzupassen. Somit kann mit den wichtigen Bestandteilen der Aufnahmen gearbeitet und diese bspw. an andere Personen weitergeleitet werden. Direkt neben der Schnittfunktion befindet sich ein Pinselsymbol. Hiermit lassen einzelne Bereiche einer Aufnahme in einem Bild markieren bzw. kennzeichnen. Mit dem „Radiergummi“ werden diese wieder entfernt.



Individuelle Anpassung der Aufnahmen durch eine Schnittfunktion sowie Kennzeichnung eines Bildbereichs.

**Aufnahmen-Vergleich:** Ein besonderes und daher durchaus erwähnenswertes Feature der Software zu den **OC29** ist die Option, mehrere Aufnahmen gleichzeitig darstellen und miteinander vergleichen zu können. Die Abspielzeitpunkte lassen sich hierbei für jede der Aufnahmen individuell anpassen (auch während der Wiedergabe) und somit für einen exakten Vergleich perfekt aufeinander abstimmen.



Mit der Software können bis zu vier Aufnahmen gleichzeitig dargestellt und miteinander verglichen werden. Die Abspielzeitpunkte sind hierbei für jede Aufnahme individuell anpassbar.

Die Wiedergabefunktionen der Software zu den **OC29** erleichtern die Betrachtung, Analyse und Weiterverarbeitung der Aufnahmen. Hierzu stehen praxiserprobte Funktionen wie eine stufenlose Anpassung der Abspielgeschwindigkeit, ein Einzelbildmodus und eine Schnittfunktion zu Verfügung, um am Ende nur wirklich relevante Bildsequenzen einer Prozessbeobachtung zu erhalten. Eine besondere Funktion ist in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, bis zu vier Aufnahmen gleichzeitig abspielen und miteinander vergleichen zu können. Zur Synchronisation lassen sich die jeweiligen Abspielzeitpunkte der einzelnen Aufnahmen individuell aufeinander abstimmen.

### 4.3 FUNKTIONEN ZUM TEILEN, SPEICHERN UND EXPORTIEREN

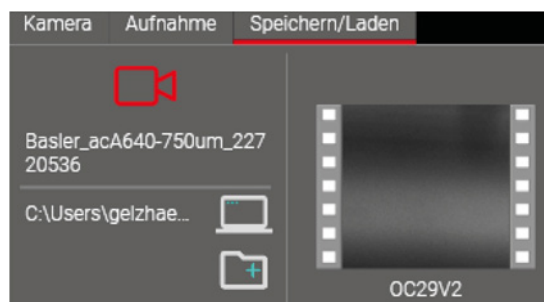
Zu einem ausgereiften System für die High-Speed-Prozessbeobachtung gehören natürlich auch die Möglichkeiten für eine einfache Kollaboration und durchgängige Dokumentation. Und auch in diesem Fall dürften mit den **OC29** kaum Wünsche offenbleiben.

So bietet die Software zu den High-Speed-Kameras von ipf electronic mit sogenannten Aufnahmeslots und dem Videoexport gleich mehrere Varianten, um Aufnahmen mit anderen bequem zu teilen und/oder die Aufnahmen zu dokumentieren bzw. zu archivieren.



Ob Teilen, Speichern oder Dokumentieren: Die Software bietet hierfür eine Reihe an Optionen.

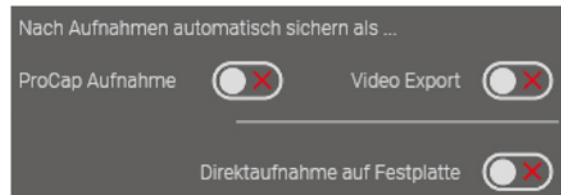
**Aufnahmeslots:** Die Option „Aufnahmeslots“ bietet sich z. B. ideal für eine Zusammenarbeit mit Aufzeichnungen in höchster Bildqualität an. Hierbei werden nur die relevanten Aufnahmesequenzen in der höchstmöglichen Bildqualität gespeichert. In der Software ist bereits mit der Auswahl „Standard“ ein Pfad zu Ablage solcher Aufnahmeslots voreingestellt. Bei Bedarf lässt sich mit „Individuell“ aber auch ein eigener, zuvor erstellter Speicherort für die Aufnahmeslots auswählen.



Aufnahmeslots: Schnelle und bequeme Zusammenarbeit mit Aufnahmen in maximaler Bildqualität ohne wertvollen Speicherplatz zu verschwenden.

**Videoexport:** Der Anwender kann schon vor der Aufzeichnung entscheiden, in welcher Form die Aufnahmen abgespeichert werden sollen. Für die Speicherung, Dokumentation und dauerhafte Archivierung der Aufnahmen erfolgt der Videoexport in eine avi-Datei. Das Multimedia-Format „avi“ eignet sich durch einfache Komprimierung nicht nur für den E-Mail-Versand, sondern vor allem zur Dokumentation und Archivierung in höchster Bildqualität. „avi“ ist mit vielen Mediaplayern unter verschiedenen Betriebssystemen kompatibel. Alle relevanten Zusatzinformationen einer Aufzeichnung (z. B. Zeitstempel, Signale von Sensoren, etc.) werden beim Speichern und dem Videoexport zudem dauerhaft hinterlegt.

Einfache, vordefinierte Wahl des Dateiformats zum Abspeichern und Export der Aufnahmen.



Die praxisorientierten Optionen für das Teilen, Speichern und Exportieren der Aufnahmen erleichtern nicht nur die Zusammenarbeit, sondern auch die Dokumentation und Archivierung. Neben den Aufnahmeslots für die Kollaboration mit höchster Bildqualität bietet die Software verschiedenste Auswahlmöglichkeiten, um die Aufzeichnungen für die abschließende Dokumentation zu speichern bzw. zu exportieren. Das bereits voreingestellte Format für den Videoexport ermöglicht hierbei eine hohe Kompatibilität mit verschiedensten Mediaplayern.

## 5 ZUBEHÖR FÜR DIE HIGH-SPEED-KAMERASYSTEME

Flankierend zu den **OC29** steht ein breitgefächertes Angebot an Zubehör von ipf electronic zu Verfügung.

Zur Aufbewahrung und den Transport der Kameras sowie weiterem Zubehör bietet sich z. B. der leichtgewichtige Aufbewahrungskoffer **AO000569** in Aluminium an. Durch das Kunststoff-Inlay sind nicht nur die Kameras, sondern bspw. auch Objektive oder Linsen optimal geschützt. Am Einsatzort ist dann alles sofort und gut organisiert griffbereit.

Für die Kameras der Reihe **OC29** findet sich auf der Webseite von ipf electronic eine große Auswahl an Objektiven für den flexiblen C-Mount-Anschluss. Beispiele hierfür sind das entzentrische Objektiv **AO000583** oder das **AO000479** (telezentrisch). Weitere Objektive sind zudem auf Anfrage erhältlich.

Hinzu kommen eine Reihe an unterschiedlichen Objektivfiltern, die zur Steuerung der durchlässigen Lichtwellenlängen dienen, um stets optimale Bildinformationen aus einer Prozessbeobachtung zu erhalten. Mit solchen Filtern (z. B. **AO000611**) lassen sich bspw. Überbelichtungen, etwa bei der Beobachtung von Plasmaschweiß- oder Laserschneidprozessen, gezielt vermeiden.

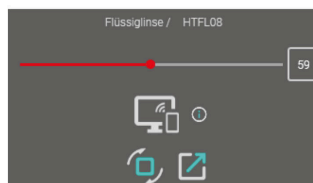
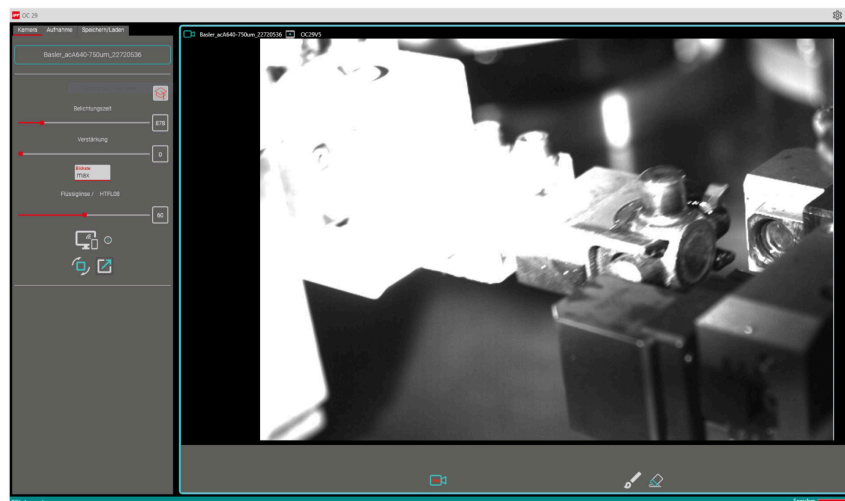
Ergänzt wird das Angebot an Objektiven und Filtern durch verschiedene kompakte LED-Leuchten, die in jeder Applikation das jeweils optimale Licht für die Prozessbeobachtung mit den **OC29** liefern. Stellvertretend hierfür stehen die Spotleuchten **ES540020** mit Weißlicht, **ES540820** (Grünlicht) und **ES540620** (Blaulicht).

Und selbstverständlich hält ipf electronic für die professionelle Montage, Befestigung und Ausrichtung der Kameras weiteres Zubehör wie z. B. Kugelgelenk-Köpfe (**AO000578**), Stativ (**AO000579**) und Adapter (**AO000568**) bereit, um nur wenige Beispiele zu geben.

Aus dem Angebot an Zubehör sticht das Flüssiglinsenobjektiv **AO000619** besonders hervor. Um eine scharfe Bildwiedergabe zu erreichen, muss das Objektiv der **OC29** im Vorfeld manuell eingestellt werden. Dies setzt jedoch nach der Montage einer Kamera den ungehinderten Zugang zu dem Gerät voraus. Für Einsatzbereiche, in denen das aus verschiedensten Gründen nicht möglich ist, wird das Flüssiglinsenobjektiv genutzt. So lässt sich während der Installation die Kamera mit dem Objektiv genau positionieren, ohne zunächst die Fokussierung zu berücksichtigen. Die Einstellung der Bildschärfe wird dann anschließend elektronisch über die kostenfreie Software vorgenommen. Der Einsatz des **AO000619** bietet sich außerdem immer dann an, wenn während eines laufenden Prozesses in einer Anlage der Fokus der Kamera verändert werden soll, um z. B. andere Bildausschnitte für die genauere Analyse scharf darzustellen.



Das Flüssiglinsenobjektiv ermöglicht die nachträgliche Fokussierung des Kamerabildes, wenn der Einbauraum für die Kamera nach deren Installation nicht mehr zugänglich ist.



Die Fokussierung erfolgt komfortabel über die Software zu den **OC29**.

## **6 APPLIKATIONSBEISPIEL: DURCHGÄNGIG HOHE QUALITÄT BEIM LASERSCHWEISSEN**

Schweißen ist eine „eigene Kunst“ innerhalb der Metallbearbeitung, die es zu beherrschen gilt. Ein Grund, warum sich ein Betrieb auf das Schweißen von verschiedensten Metallbauteilen mit unterschiedlichen Schweißverfahren spezialisiert hat. In einem konkreten Fall möchte der Betrieb das Verhalten der Schmelze beim Laserschweißen zu Qualitätskontrolle beurteilen. Hierzu soll der Vorgang mit einer Kamera aufgezeichnet und die Ergebnisse anschließend analysiert sowie dokumentiert werden.



Überwachung der Schmelze beim Laserschweißen zur Qualitätskontrolle und Dokumentation.

### **6.1 ZU WENIG VERWERTBARE BILDINFORMATIONEN DURCH ÜBERBELICHTUNG**

Allerdings ergaben sich im Zusammenhang mit dieser Aufgabenstellung für den Betrieb auch einige Herausforderungen. So führt das vom Plasma ausgesendete Licht während des Schweißens in den Kameraaufnahmen zu einer Überblendung. Durch diese Überbelichtung geht ein Großteil der Bildinformationen verloren, die die Kamera eigentlich aufzeichnen kann.

Um das Resultat der Schweißarbeit in allen Einzelheiten beurteilen zu können, muss das Kamerasystem in der Lage sein, den sehr schnell ablaufenden Prozess des Laserschweißens exakt zu erfassen. Die Lösung sollte zudem sehr kompakt sein, da in dem Bereich des Laserschweißens nur wenig Bauraum für die Installation einer Kamera inklusive Beleuchtung zur Verfügung steht.

### **6.2 EINSATZ VON OBJEKTFILTER UND ZUSÄTZLICHER BELEUCHTUNG**

Auf der Suche nach einem geeigneten Gerät wurde der Betrieb auf die kompakten High-Speed-Kameras **OC29** von ipf electronic aufmerksam. Wie weiter oben bereits ausführlich beschrieben, können mit diesen Systemen schnelllaufende Industrieprozesse mit sehr hohen Frameraten einfach aufgezeichnet und analysiert werden. In Kombination mit der ebenfalls schon vorgestellten kostenfreien Software lassen sich somit mögliche Ursachen für Störungen oder Fehler aber auch Potenziale für Prozessoptimierungen schnell, wirtschaftlich und unkompliziert identifizieren.

Wie oben erläutert, führt das Licht des Plasmas beim Schweißen zu einer Überblendung. Daher wurde in dieser Applikation für die Kamera **OC299725** (monochrom) eine Kombination aus Objektivfiltern eingesetzt, die nur das erwünschte Licht für die Bildaufzeichnung durchlässt. Um dennoch genügend Licht für eine verwertbare Bildaufnahme zu erhalten, wird die Anwendung durch eine Beleuchtung ergänzt.

Aufgrund der weitreichenden Erfahrungen von ipf electronic mit den Systemen hat es sich außerdem bewährt, die Beleuchtung nicht in die selbe Richtung wie die Kamera zu installieren, sondern sie in einem Winkel von zirka 90° zum Detektionsbereich zu positionieren. Die Beleuchtung muss sich zudem möglichst nahe aber dennoch in einem unkritischen Abstand zum Laserschweißen befinden.

### **6.3 LÜCKENLOSE DOKUMENTATION DER QUALITÄT IM SCHWEISSPROZESS**

Mit der High-Speed-Kamera von ipf electronic ist der Betrieb nun in der Lage, den Prozess beim Laserschweißen genauestens zu erfassen. Mit der Analyse der Aufnahmen können nun mögliche Fehler beim Schweißen und auch neue Potenziale für Optimierungen identifiziert werden. Zur lückenlosen Dokumentation der Schweißqualität werden die Aufnahmen außerdem archiviert, sodass eine nahtlose Rückverfolgbarkeit der Arbeiten gewährleistet ist.

## **7 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT**

Hinschauen zwecklos: So oder so ähnlich könnte das Argument lauten, schnelllaufende Prozesse mit dem bloßen Auge zu beobachten, um auf diese Weise mögliche Fehlerquellen zu identifizieren.

Viele Unternehmen setzen in diesem Zusammenhang u.a. auf zustandsorientierte Instandhaltungsstrategien (Predictive Maintenance) und Digitalisierung, um Ausfallzeiten und somit hohe Verluste zu minimieren.

Allerdings sind die Ursachen für potenzielle Fehlerquellen in Hochgeschwindigkeitsprozessen mit konventioneller Technik oftmals nur sehr schwer zu finden, sodass Versuche in diese Richtung nicht selten scheitern.

Genau an diesen Stellen setzt das High-Speed-Kamerasystem **OC29** von ipf electronic mit einem wirtschaftlichen Einstieg in die Prozessbeobachtung und -analyse an. Der Aufwand und die Investitionen sind hierbei im Vergleich zu den möglichen Verlusten, z. B. durch die massenhafte Produktion von Ausschuss und mitunter längeren Maschinenstillständen für eine Instandsetzung, vergleichsweise gering. Hinzu kommt, dass das System von ipf electronic sehr schnell installiert werden kann und die intuitive Software zu den **OC29** einen raschen Einstieg in die Beobachtung und Analyse ohne spezielle Schulungen ermöglicht. Anwender werden somit in die Lage versetzt, potenziellen Fehlerquellen in schnelllaufenden Prozessen gezielt auf die Spur zu kommen und diese schnell zu beseitigen.

Die Identifizierung von möglichen Fehlerquellen muss jedoch nicht zwangsläufig im Vordergrund stehen, wie bereits in der Einleitung zu diesem Whitepaper beschrieben. Nachfolgend daher nochmals in aller Kürze die Möglichkeiten für weitere Einsatzbereiche.

**| Prozessoptimierung:** Durch die Optimierung von schnelllaufenden Prozessen anhand von Kameraaufnahmen lassen sich u.a. Umrüstzeiten minimieren, Taktraten erhöhen und die Produktivität steigern.

**| Demonstration der Fertigungsqualität:** Mit den **OC29** wird Kunden und Interessenten die Qualität der eigenen Produktion im wahrsten Sinne des Wortes „vor Augen geführt“, nicht nur durch Werkstückmuster, sondern vor allem durch direkte Einblicke in hochpräzise, schnelllaufende Fertigungsprozesse.

**| Dokumentation von Montagen:** Im Sinne einer durchgängigen Qualitätssicherung können für Auftraggeber die Montageprozesse gefilmt und somit lückenlos dokumentiert werden.

**| Ausbau des Serviceangebots:** Instandhaltungsdienstleister haben die Chance, mit den Kameras ihre Dienstleistung durch ein zusätzliches Angebot für die High-Speed-Prozessbeobachtung zu erweitern, wenn bei Kunden hierfür Bedarf besteht.

Wie auch immer die Aufgabenstellungen für die **OC29** sein mag, die Auswahl an verschiedensten Kameras mit flexibel auswechselbaren Objektiven und nicht zuletzt die intuitive, eigens für die Prozessbeobachtung entwickelte Software sprechen für die Vielseitigkeit dieser Lösung.

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

Änderungen vorbehalten! Stand: Juli 2025