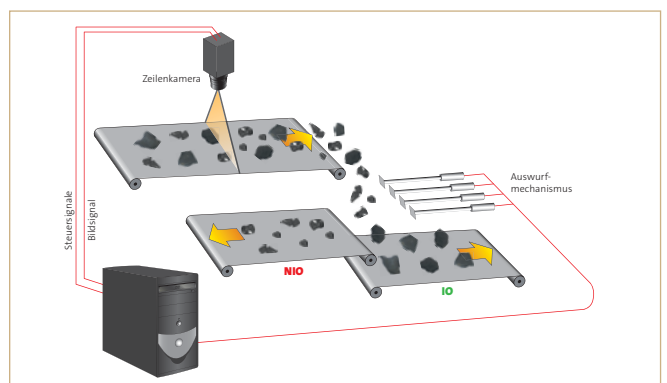


► Unter härtesten Bedingungen zuverlässig sortiert

Staub, Temperaturschwankungen, schwere Objekte, Dauerbeanspruchung – Bildverarbeitungssysteme im Bergbau müssen härtesten Anforderungen trotzen. STEMMER IMAGING hat ein solches System entwickelt, das die Leistungsfähigkeit von FPGA-Bausteinen auf Bilderfassungskarten nutzt. Die eingesetzte Technologie eignet sich auch für die Sortierung verschiedenster Arten von Schüttgut.



Das kürzlich ausgelieferte Bildverarbeitungssystem wurde für eine Anwendung im Bergbau entwickelt, bei der Gesteinsbrocken verschiedenster Größen auf einem etwa 2 Meter breiten Förderband mit hoher Geschwindigkeit zur nächsten Verarbeitungsstation transportiert werden. Die herausfordernde Aufgabe bestand darin, bestimmte Gesteine während des Transports in sehr kurzer Zeit zu klassifizieren, ihre geometrischen Merkmale und ihre Position auf dem Fließband zu erkennen und die gefundenen Objekte anschließend über Auswerfer vom Förderband zu entfernen. Eine erschwerende Randbedingung neben der im Bergbau üblichen Staubentwicklung sowie den wechselnden Licht- und Temperaturverhältnissen war unter anderem die Tatsache, dass sich das dunkle Gestein nur geringfügig von der dunklen Farbe des Transportbandes abhob. Zudem mussten die gesuchten Objekte innerhalb kürzester Zeit erkannt werden, um den nachfolgenden Ausschleusemechanismus rechtzeitig und genau zu aktivieren.



Gelöst wurde diese äußerst anspruchsvolle Aufgabe mit Hilfe einer Zusammenstellung von Bildverarbeitungskomponenten aus dem Hause STEMMER IMAGING. Die optimale Kombination dieser Komponenten wurde vorab im Zuge einer Machbarkeitsstudie von einem unserer erfahrenen Bildverarbeitungsexperten untersucht und ausgewählt.

► FAKTEN

Industriebereich: Bergbau
Aufgabe: Sortierung von Schüttgut

In dieser Applikation verwendete Bildverarbeitungskomponenten von STEMMER IMAGING:

- Beleuchtungen
- Bilderfassung
- Optiken
- Software
- Kameras
- Systeme
- Kabel
- Zubehör



Der Bildverarbeitungsteil des Sortiersystems wurde von STEMMER IMAGING entwickelt und getestet.

► Höchstleistung gefordert

Zur Ausleuchtung des Bildaufnahmebereichs war eine Hochleistungsbeleuchtung erforderlich: Zum Einsatz kommt hier eine 250 cm breite, wassergekühlte Zeilenbeleuchtung Lux HD-2500/WH des Herstellers Hema, die als Besonderheit eine Stromaufnahme von 40 Ampere bei einer Spannung von 36 Volt und damit eine Leistung von 1440 Watt aufweist. Zum Betrieb dieses regelbaren Leuchtbalkens sind Starkstrom-Netzteile erforderlich.

Die Bildaufnahme erfolgt durch eine 3CMOS-Farbzeilenkamera des Typs LT400 CL-F mit 4096 Bildpunkten des dänischen Herstellers JAI. Sie ist mit einer CameraLink-Schnittstelle ausgestattet und bewältigt die Übertragung der anfallenden großen Datenmengen von bis zu 276 MByte/s im CameraLink Medium-Modus.

Um den rauen Umgebungsbedingungen des Einsatzortes zu widerstehen, wurde diese Zeilenkamera in ein sehr robustes, doppelwandiges Kameraschutzgehäuse mit Wasserkühlung und einer doppelten Frontscheibe integriert. Untergebracht in dieser stabilen Verpackung ist sichergestellt, dass die Kamera immer im geforderten Temperaturbereich arbeitet. Über einen Druckluftvorhang wird die Scheibe des Gehäuses ständig von Staub und Gesteinssplittern freigehalten, um so immer einen freien Blick der Kamera auf das Förderband zu gewährleisten.

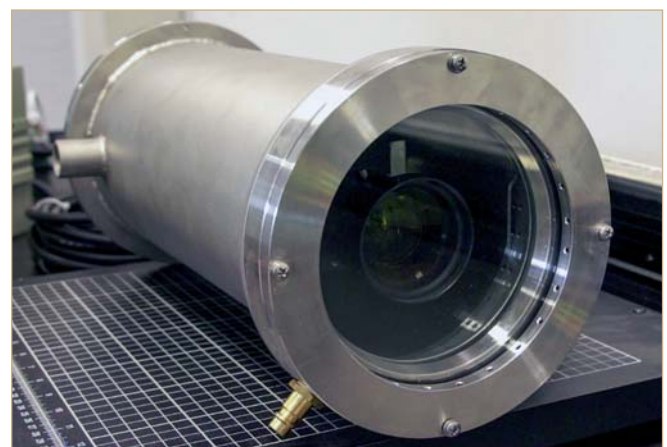
Derartige Spezialgehäuse bezieht STEMMER IMAGING von externen Lieferanten und passt sie dann nach den vorliegenden Spezifikationen an die jeweilige Aufgabenstellung an. In diesem Fall übernehmen wir die komplette Integration aller Bildverarbeitungs-komponenten sowie den Einbau und Anschluss der Kamera.



Die Ausleuchtung übernimmt eine 250 cm breite, wassergekühlte Zeilenbeleuchtung mit einer Leistung von 1440 Watt.



Die 3CMOS-Farbzeilenkamera LT-400 CL von JAI nimmt die Bilder auf und überträgt sie via CameraLink an den Auswerte-PC.



Ein robustes, doppelwandiges Kameraschutzgehäuse mit Wasserkühlung und einer doppelten Frontscheibe mit Druckluftvorhang schützt die Zeilenkamera.

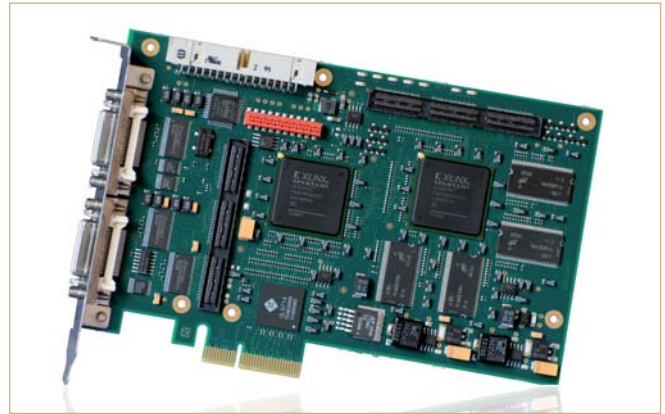
► FPGA für schnelle Objekterkennung

In der vorliegenden Anwendung nimmt die JAI-Kamera Farbzeilenbilder des Schüttguts auf und leitet die Bilddaten an einen PC weiter, in dem ein Frame Grabber des Typs microEnable IV – VD4-CL von Silicon Software für die direkte Verarbeitung der aufgenommenen Bilder und die Klassifizierung der Objekte sorgt. Kernstück dieser Bilderfassungskarte ist dabei ein FPGA-Baustein, der mit der FPGA-Entwicklungsumgebung VisualApplets 2.0 von Silicon Software programmiert wurde. Diese Plattform erlaubt eine effizientere und kostengünstigere Programmierung von FPGAs als herkömmliche Methoden. Aufgrund der optimierten Verarbeitungsroutinen und der Nutzung der FPGA-Ressourcen erlaubt das System in dieser Bergbau-Anwendung eine extrem schnelle Objektklassifizierung mit Erkennungszeiten von weniger als 0,02 ms.

Die Klassifizierung der Objekte umfasst dabei Merkmale wie die Fläche der Objekte, ihren Schwerpunkt in x- und y-Richtung, das umrandende Rechteck, ihren orthogonalen und diagonalen Umfang sowie die Kompaktheit der einzelnen Gesteinsbrocken. Die Errechnung des Schwerpunkts ist erforderlich, um die genaue Lage der Schlechteile zu kennen und so das nachfolgende Ausschleusen über die Aktuatoren zu ermöglichen. Dabei müssen die exakte Position, der Zeitpunkt und die Dauer der Einwirkung durch die Aktuatoren berechnet werden, um das erkannte Fehlteil sicher auszuschleusen.

In Bezug auf die Bildverarbeitung umfasst die Sortierung zunächst die Aufnahme eines RGB-Kamerasignals mit 10 Bit je Ebene, das anschließend einem White Balance-Abgleich unterzogen wird. Diese Daten werden danach in den HSI-Farbraum gewandelt, um den Hintergrund und die Gutteile in puncto Farblichkeit zu definieren. Es entstehen so drei Ebenen: gut, unbekannt und Hintergrund. Auf dieser Basis erfolgt eine Bildsegmentierung mit Hilfe einer Blob-Analyse, um so die gefundenen Objekte ihren Merkmalen entsprechend zu klassifizieren.

Wird auf diese Weise ein Gesteinsbrocken erkannt, der ausgesondert werden muss, so moduliert der Frame Grabber ein serielles TTL-Triggersignal, das zunächst mit Hilfe einer von STEMMER IMAGING speziell für diesen Zweck entwickelten Wandlerbox auf ein RS232-Signal umgesetzt wird. Mit einer weiteren Wandlerbox erfolgt die Wandlung in das RS485-Format, das eine zuverlässigere Übertragung der Daten über längere Distanzen erlaubt und zudem Bus-fähig ist. Die so verarbeiteten Fehlersignale werden an zwei



Der Frame Grabber microEnable IV – VD4-CL von Silicon Software übernimmt die Verarbeitung der aufgenommenen Bilder und die Klassifizierung der Objekte. Er nutzt dazu die Leistung eines integrierten FPGA-Bausteins.



Über zwei Steuerungseinheiten können bis zu 256 Aktuatoren zum Ausstoßen der unerwünschten Teile angesteuert werden.

Steuerungseinheiten vom Typ Adam 5000 E weitergeleitet, die über je 128 Ausgänge verfügen und die damit verbundenen, bis zu 256 Aktuatoren zum Ausstoßen der unerwünschten Teile ansteuern können. Wie viele Aktuatoren der Kunde in dieser Applikation am Ende wirklich benötigt, wird sich erst während der Inbetriebnahme herausstellen. Das System wird hier jedoch kaum der limitierende Faktor sein, denn optional ließe sich dieser Teil per Daisy-Chain-Anordnung auf bis zu $32768 = 128 \times 28$ Ausgänge erweitern.



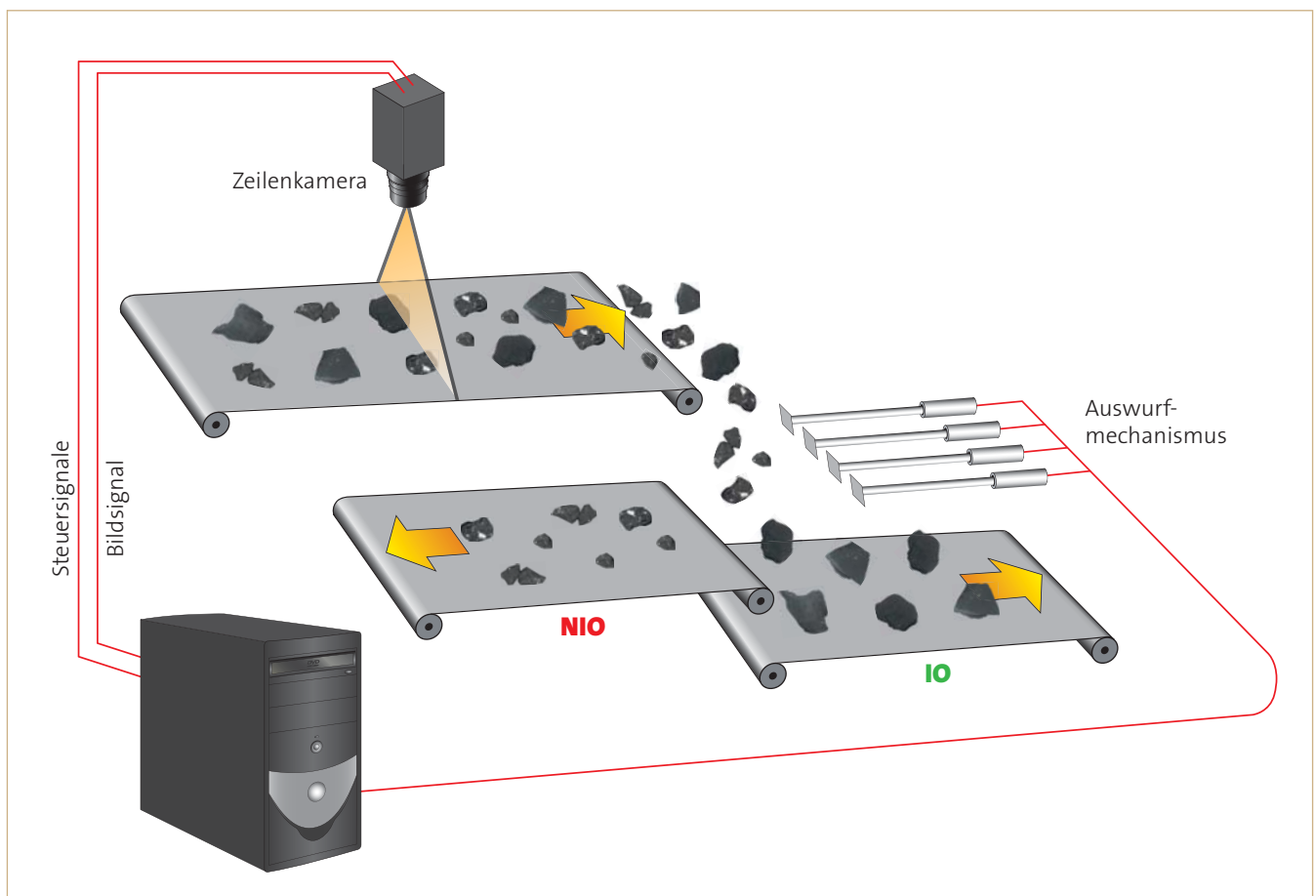
► Für Schüttgutwendungen aller Art

»Für die gesamte Entwicklung dieses extrem leistungsfähigen Systems waren rund fünf Manntage Zeit erforderlich«, schätzt der technische Experte von STEMMER IMAGING, der für die Realisierung der Anwendung verantwortlich war. Ein wesentlicher Teil des Projekts bestand dabei in der Programmierung des FPGAs mit Hilfe von VisualApplets 2. Hier profitierte der Kunde von den Erfahrungen bei STEMMER IMAGING, das als bislang einziger Partner von Silicon Software die Kriterien erfüllt, um als VisualApplets Design Center (VADC) tätig zu sein.

Mit seinen VisualApplets Competence Centern (VACC) und den darüber hinaus gehenden VADCs hat Silicon Software ein zweistufiges Zertifizierungssystem für VisualApplets eingeführt. Damit verbunden ist eine Qualitätsaussage, die Anwendern von VisualApplets hilft, für ihre VisualApplets-Projekte einen geeigneten und versierten Partner zu finden. Ein VisualApplets Competence Center kann

Schulungen und intensive Beratungen zu diesem FPGA-Programmierungswerkzeug durchführen. VisualApplets Design Center gehen noch einen Schritt weiter: Sie können Bildverarbeitungsanforderungen per FPGA-Programmierung durch VisualApplets selbstständig lösen, was sich in der beschriebenen Anwendung bezahlt gemacht hat. Für den Kunden war es dabei zudem wichtig, dass er die vorbereiteten Source-Codes selbst weiterentwickeln kann, was im Design des Systems von STEMMER IMAGING berücksichtigt wurde.

Das System wird derzeit beim Endkunden installiert und soll in Kürze den Betrieb aufnehmen. Es ist jedoch nicht auf Anwendungen im Bergbau limitiert: Im Prinzip eignet sich diese Lösung für alle Anwendungen, bei denen schnell bewegtes Schüttgut klassifiziert und sortiert bzw. ausgestoßen werden soll. Dazu zählen auch Applikationen, bei denen andere Rohstoffe, Granulate oder auch Lebensmittel mit Hilfe von Bildverarbeitung sortiert werden sollen.



Das ankommende Schüttgut wird von einer Zeilenkamera erfasst und innerhalb von weniger als 0,02 ms ausgewertet. Fehlerhafte Objekte werden über einen Auswurfmechanismus ausgeschleust.