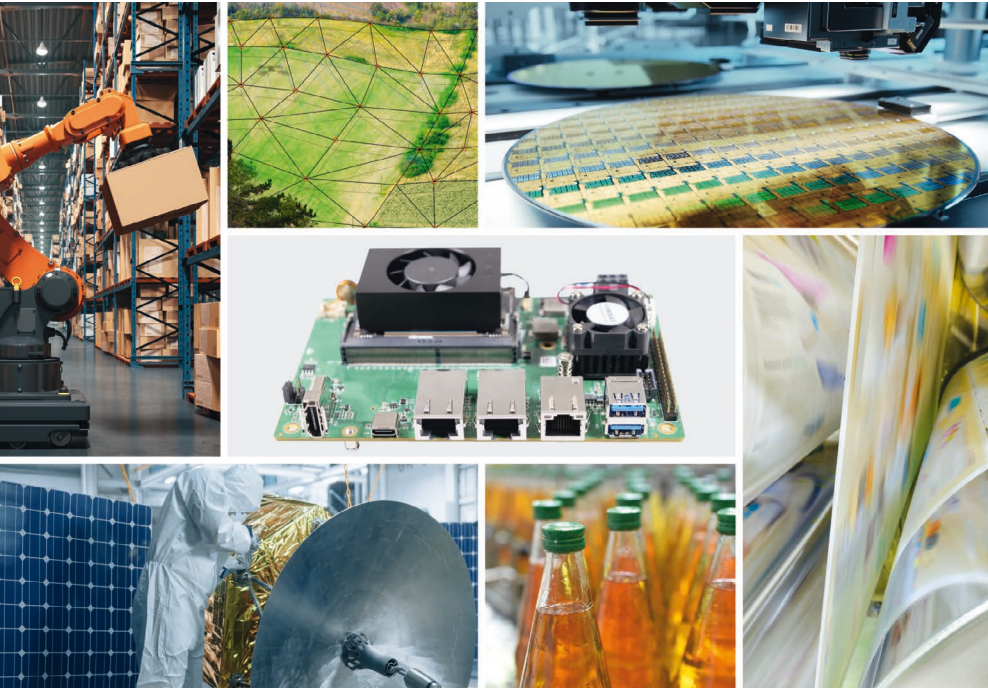


IPCs, KI-Ansätze und Sensorik:

Worauf es bei modernen Bildverarbeitungssystemen ankommt



Wer heute ein Bildverarbeitungssystem plant, trifft Entscheidungen, die weit über die Erstinstallation hinauswirken: bei der Hardware, beim Prüfverfahren, bei der Sensorik und bei der Software. Dazu zählen die Wahl der passenden Rechner-Plattform, unabhängige Architekturen für Optik, Beleuchtung, Kamertechnologie und Schnittstellen, die Abstimmung von Erfassung, Übertragung und Verarbeitung auf die geforderten Taktraten sowie der Umgang mit Softwareabhängigkeiten und wachsenden regulatorischen Anforderungen. Hinzu kommen Technologiefragen, die je nach Applikation zu beantworten sind: regel- oder KI-basierter Prüfverfahren und der gezielte Einsatz spektraler Bildgebung. Für beide gilt dasselbe Prinzip: nicht der aktuelle Hype entscheidet, sondern die Eignung für die konkrete Aufgabe.

Rechner-Plattformen für die Bildverarbeitung

Eine Rechner-Plattform für Vision-Anwendungen muss heute deutlich mehr leisten als reine Rechenkapazität. Entscheidend sind die verfügbare Schnittstellenbandbreite für mehrere Kameras gleichzeitig, ein thermisches Design, das auch bei Dauerlast im 24/7-Betrieb stabil bleibt, sowie die langfristig gesicherte Verfügbarkeit über den gesamten Lebenszyklus der Anlage. Zunehmend etabliert sich daher der Embedded-Ansatz als Alternative zum klassischen PC-basierten System: geringerer Platzbedarf, reduzierter Energieverbrauch und oft eine bessere Kontrolle über die Bauteilverfügbarkeit. Wie gut ein System langfristig funktioniert, hängt allerdings nicht nur von der Hardware selbst ab, sondern davon, wie unabhängig es von einzelnen Herstellern bleibt.

Hardware-Unabhängigkeit über den gesamten Lebenszyklus

Bildverarbeitungssysteme werden zumeist für eine Nutzungsdauer von zehn Jahren und mehr ausgelegt. Über diesen Zeitraum werden Kameras abgekündigt, Prozessoren veralten und Zulieferketten geraten durch wirtschaftliche oder geopolitische Entwicklungen unter Druck. Ein qualifizierter Zweitlieferant für kritische Komponenten reduziert dieses Risiko erheblich, allerdings nur, wenn ein Austausch technisch und wirtschaftlich tatsächlich machbar ist.

Bei Kameras ist der Hersteller mitunter weniger entscheidend als die Technologie (1D, 2D, 3D), der verbaute spezifische Sensor und der gewählte Übertragungsstandard: Mehrere Anbieter setzen auf denselben Sensor mit vergleichbaren Eigenschaften und bieten dieselben Interfaces. Diese Flexibilität lässt sich jedoch nur nutzen, wenn die Software weitgehend unabhängig von herstellerspezifischen Implementierungen bleibt. Standards wie GenICam, GigE Vision und USB3 Vision ermöglichen zusammen mit der Standard Feature Naming Convention (SFNC) die Konfiguration von Kameras über einheitliche Merkmalsnamen statt über proprietäre Schnittstellen und herstellerspezifische Treiberbibliotheken, sodass sich Kameras beim Wechsel häufig mit geringem Aufwand anpassen lassen.

Der gleiche modulare Gedanke gilt für weitere Hardwarekomponenten. Werden Kamera, Optik, Beleuchtung, Framegrabber und Verarbeitungshardware konsequent getrennt, kann sich jede Komponente unabhängig weiterentwickeln. Auch Verarbeitungshardware verdient besondere Aufmerksamkeit: Die Lebenszyklen von GPUs sind in der Regel deutlich kürzer als die der Maschinen, in denen sie zum Einsatz kommen. Nicht selten ist dabei gar nicht die Hardware selbst das Problem, sondern ein notwendiges Betriebssystem-Update, das bestehende Gerätetreiber unbrauchbar macht.

Regelbasiert oder Deep Learning: eine Entscheidungshilfe

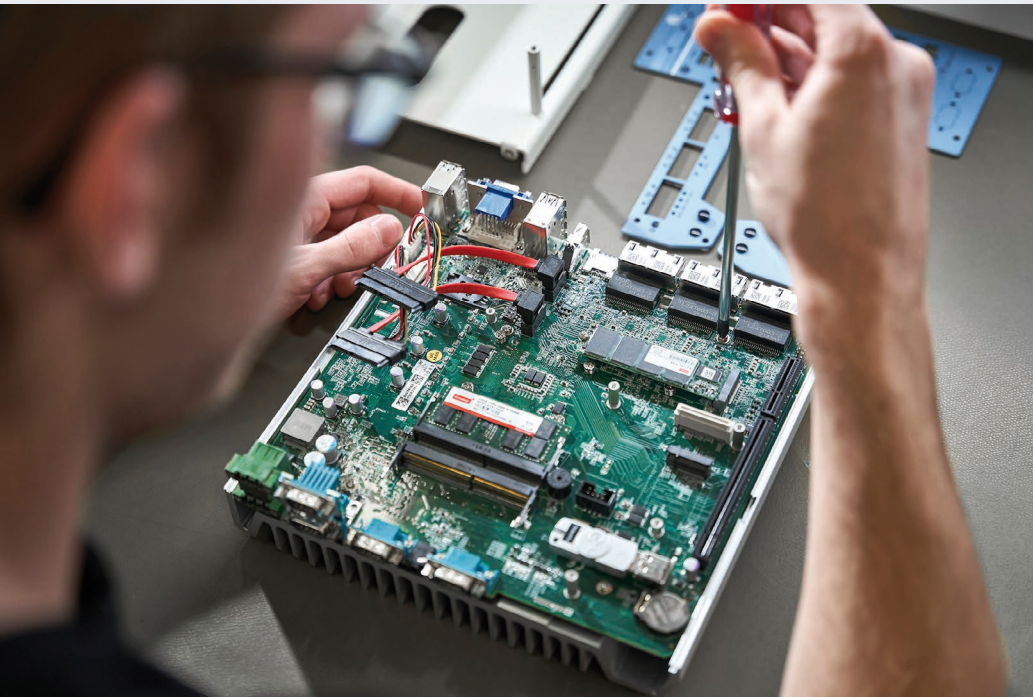
Statt Deep Learning pauschal als Fortschritt zu betrachten, lohnt sich eine strukturierte Bewertung anhand der konkreten Applikation. Vier Kriterien helfen bei der Entscheidung: - Wie variabel sind die Fehlerbilder?

- Steht ausreichend Trainingsdatenmaterial zur Verfügung?
- Wie wichtig ist Nachvollziehbarkeit? und
- Welcher Durchsatz wird gefordert?



Autor:
Peter Keppler
CMO

STEMMER IMAGING
info@stemmer-imaging.com
www.stemmer-imaging.com



Abstraktion von Hardware

Auch die Abstraktion von Hardware verdient Aufmerksamkeit. Proprietäre Programmierframeworks wie CUDA bieten auf unterstützter Hardware exzellente Leistung, schaffen aber gleichzeitig eine Abhängigkeit von einem einzelnen Hardware-Ökosystem. Offene Standards wie Open-CL oder SYCL bieten mehr Flexibilität, wenn langfristige Portabilität im Vordergrund steht, auch wenn dies zusätzlichen Entwicklungsaufwand oder gewisse Leistungskompromisse bedeuten kann.

Cybersicherheit

Mit dem Cyber Resilience Act gewinnt die Transparenz über Softwareabhängigkeiten an Bedeutung: Software Bills of Materials (SBOMs) werden zu einem zentralen Werkzeug, um die in einem Produkt enthaltenen Komponenten zu dokumentieren. Sie werden zwar vorrangig im Kontext von Cybersicherheit diskutiert, liefern aber ebenso wertvolle Erkenntnisse zur langfristigen Wartbarkeit: Sie zeigen, welche Bibliotheken aus kleinen Einzelprojekten stammen, welche Abhängigkeiten nicht mehr gepflegt werden, und welche Komponenten künftig zur Belastung werden könnten. Besonders relevant wird das dort, wo die Verarbeitungssoftware eines Systems selbst die geforderte SBOM-Dokumentation liefern kann, auch wenn einzelne Hardwarekomponenten die Anforderungen des CRA nicht direkt erfüllen.

Fazit

Alle genannten Entscheidungsfelder laufen auf dasselbe Prinzip hinaus: Der Erfolg eines Bildverarbeitungssystems hängt weniger von der neuesten Technologie ab als von der sorgfältigen Abstimmung aller Komponenten auf die konkrete Anwendung. Dabei lassen sich Abhängigkeiten nie vollständig vermeiden: Kameras erreichen ihr Lebensende, Softwareprojekte ändern ihre Ausrichtung, Hardwareplattformen entwickeln sich weiter, Lieferkettenprobleme erzwingen den Einsatz von Ersatzprodukten. Entscheidend ist es, diese Abhängigkeiten bewusst zu gestalten - durch offene Standards, klar definierte Schnittstellen, sorgfältig ausgewählte Softwarekomponenten und transparente Lieferketten. ◀



Bei klar definierten, geometrisch stabilen Prüfaufgaben bleibt die regelbasierte Bildverarbeitung häufig die wirtschaftlichere Wahl. Bei stark variierenden Oberflächen spielt Deep Learning seine Stärken aus. Von Vorteil ist es, wenn Bildaufnahme, klassische Bildverarbeitung und maschinelles Lernen innerhalb einer gemeinsamen Softwareumgebung entwickelt werden können.

Bei cloudbasierten KI-Lösungen kommt ein weiterer Aspekt hinzu: der Umgang mit den Bilddaten selbst. Produktionsaufnahmen können vertrauliche Informationen enthalten, und häufig bleibt wenig transparent, wie die Daten übertragen, gespeichert und weiterverarbeitet werden. Wer diese Fragen vor der Entscheidung für eine Cloud-Lösung klärt, vermeidet später Konflikte mit dem Datenschutz oder internen Geheimhaltungsanforderungen.

Inline-Qualitätskontrolle bei hohem Takt

Mit steigenden Produktionsgeschwindigkeiten wächst der Druck, Prüfergebnisse ohne Kompromisse bei der Genauigkeit rechtzeitig zu liefern – so schnell, dass nachfolgende Prozessschritte die Ergebnisse sicher verwenden können, ohne zu warten und ohne dass Produkte ungeprüft durchlaufen. Wichtiger als reine Geschwindigkeit ist dabei die Zuverlässigkeit der gesamten Kette von der Triggerung bis zum Ergebnis: Es dürfen keine Bilder verloren gehen. Entscheidend ist das Zusammenspiel aus Beleuchtung, Bilderfassung und Verarbeitungslatenz, das von Anfang an als ein gemeinsam abzustimmendes System betrachtet werden sollte, nicht als separate Komponenten, die erst am Ende der Projektlaufzeit zusammengeführt werden. Diese Abstimmung ist zugleich die Kernaufgabe herstellerunabhängiger Beratung, da Erfassung, Übertragung, Verarbeitung und Ergebniskommunikation im Zusammenspiel schnell erfolgen müssen.

Ein wachsendes Anwendungsfeld in diesem Zusammenhang ist die bildverarbeitungsgestützte Roboterführung, etwa Kommissionierung: Bildverarbeitung inspiziert hier nicht mehr nur, sondern steuert Roboter aktiv und muss sich flexibel an wechselnde Umgebungsbedingungen anpassen.

Spektrale Bildgebung: Anwendungsfall vor Technologieentscheidung

Hyperspektrale und multispektrale Bildgebung liefern dort einen echten Mehrwert, wo Materialunterschiede jenseits des sichtbaren Spektrums über die Prüfentscheidung bestimmen, etwa bei der Sortierung unterschiedlicher Kunststoffarten oder bei der Erkennung von Verunreinigungen in Lebensmitteln. Für viele Anwendungen genügt jedoch eine einfachere Lösung auf Basis von Standard-RGB-, NIR- oder SWIR-Sensorik mit Bandpass-Filter. Vor der Technologieentscheidung sollte immer die Frage stehen, welches spektrale Merkmal tatsächlich benötigt wird.

Softwareabhängigkeiten und regulatorische Transparenz

Auf Softwareseite entscheidet weniger „Open Source“ oder „kommerziell“ über die Langlebigkeit eines Systems als die Frage, wie aktiv eine Komponente gepflegt wird, von wem und für welche Zielgruppe. Bei der Bewertung einzelner Softwarebausteine lohnt sich der Blick auf mehrere Kriterien: Wird das Projekt aktiv weiterentwickelt, passt das Lizenzmodell zur geplanten Produktlebensdauer, wie schnell werden Sicherheitslücken geschlossen und wie viele zusätzliche Abhängigkeiten bringt die Komponente mit? Moderne Softwareframeworks können Hunderte transitive Abhängigkeiten mitbringen. Ein komplettes Framework nur für ein einzelnes Dateiformat oder eine einzelne Hilfsfunktion einzubinden, erhöht den Wartungsaufwand und das Risiko oft unnötig.