

Smarte Kombination für smartes Farming:

# Geschwindigkeit und Präzision mit FPGA plus GPU

**Geschwindigkeit oder Präzision? – Smart Farming benötigt beides. Hybride Elektroniken kombinieren FPGA- und GPU-Technologie und ermöglichen damit die Verarbeitung von leistungsfähigen KI-Modellen in Echtzeit und direkt auf einem Embedded Device.**



Bilder © hema electronic/ KI-generiert



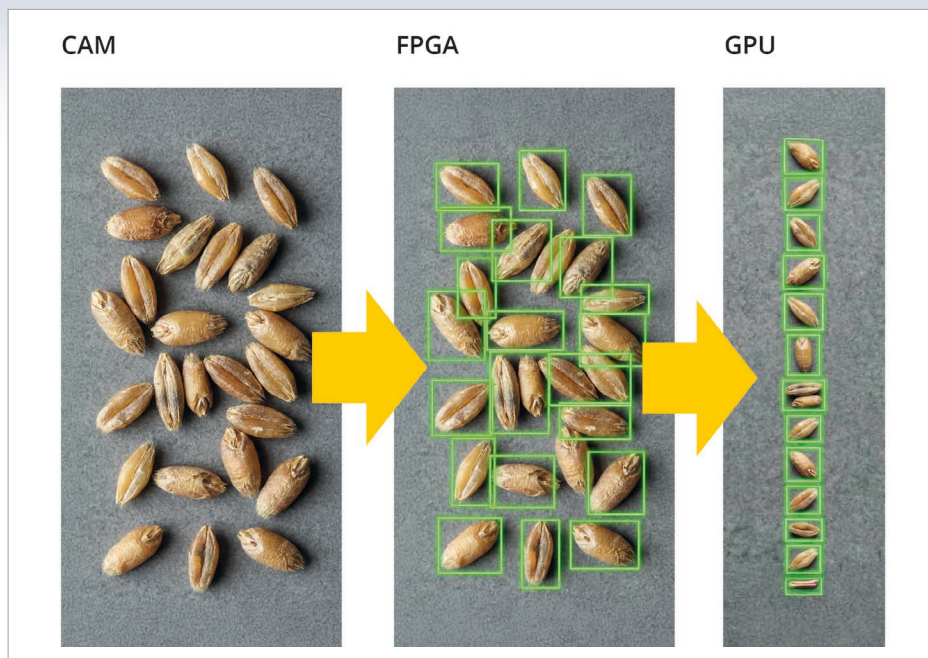
Autor:  
Dr. Tony Albrecht  
Leiter Entwicklung  
hema electronic GmbH  
[www.hema.de](http://www.hema.de)

Embedded Systeme sind leistungsfähig, robust und energieeffizient und damit ideal geeignet für das Monitoring von Pflanzenbeständen und Agrarflächen, die Automation von Belüftungs- und Bewässerungsanlagen oder für die Qualitätskontrolle in Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie.

Neben stationären Anlagen setzt Smart Farming immer mehr auf mobile Roboter und autonome Agrarmaschinen, die eigenständig navigieren und fahren und damit eine Steigerung von Effizienz, Produktivität und Nachhaltigkeit ermöglichen. Sie erfassen den Zustand von Pflanzen und Böden mit Kameras und anderen Sensoren; KI-Modelle und Deep-Learning-Algorithmen steuern basierend auf den Daten den Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden, in Echtzeit und mit präziser, kleinflächiger Anwendung statt flächendeckender Applikation.

## Hybrider Ansatz ermöglicht hohe Geschwindigkeit und Detailgenauigkeit

Die Herausforderung dabei sind die hohen Anforderungen an die benötigte Rechenleistung, insbesondere für die Echtzeit-Verarbeitung. Das führt in der Praxis häufig zu einem Kompromiss aus Geschwindigkeit und Detailgenauigkeit für die Datenverarbeitung. Diesen Kompromiss möchte hema electronic überwinden und arbeitet deshalb an einem hybriden Ansatz für Embedded-Vision-Elektroniken, der FPGA- (Field Programmable Gate Array-) und GPU- (Graphical Processing Unit-) Technologien kombiniert. Das Ziel ist eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit auch bei komplexen Bildanalysen und Mustererkennungen, mit gleichzeitig effizienter Verarbeitung auf einem Embedded System. Dazu werden FPGA-basierte System-on-Modules für die Vorverarbeitung und Filterung



**Bild 1:** Getreidekörner werden mit einer Kamera erfasst. Ein FPGA erkennt zunächst Bildbereiche, in denen Körner zu sehen sind. Lediglich diese Bereiche werden zur Auswertung an die GPU weitergeleitet. Dieses Vorgehen ermöglicht die Verarbeitung in Echtzeit – ohne Kompromisse bei der Detailgenauigkeit.

der Bilddaten eingesetzt, kombiniert mit GPUs für die präzise, KI-gestützte Analyse.

### Stärken von FPGA und GPU ausnutzen

Durch die Integration beider Technologien kann die Verarbeitung von KI-Modellen optimiert werden, indem die Stärken von FPGAs und GPUs ausgenutzt und miteinander verbunden werden. Ein Beispiel: Für die Sortierung der Ernte in einem Mähdrescher soll diese mit

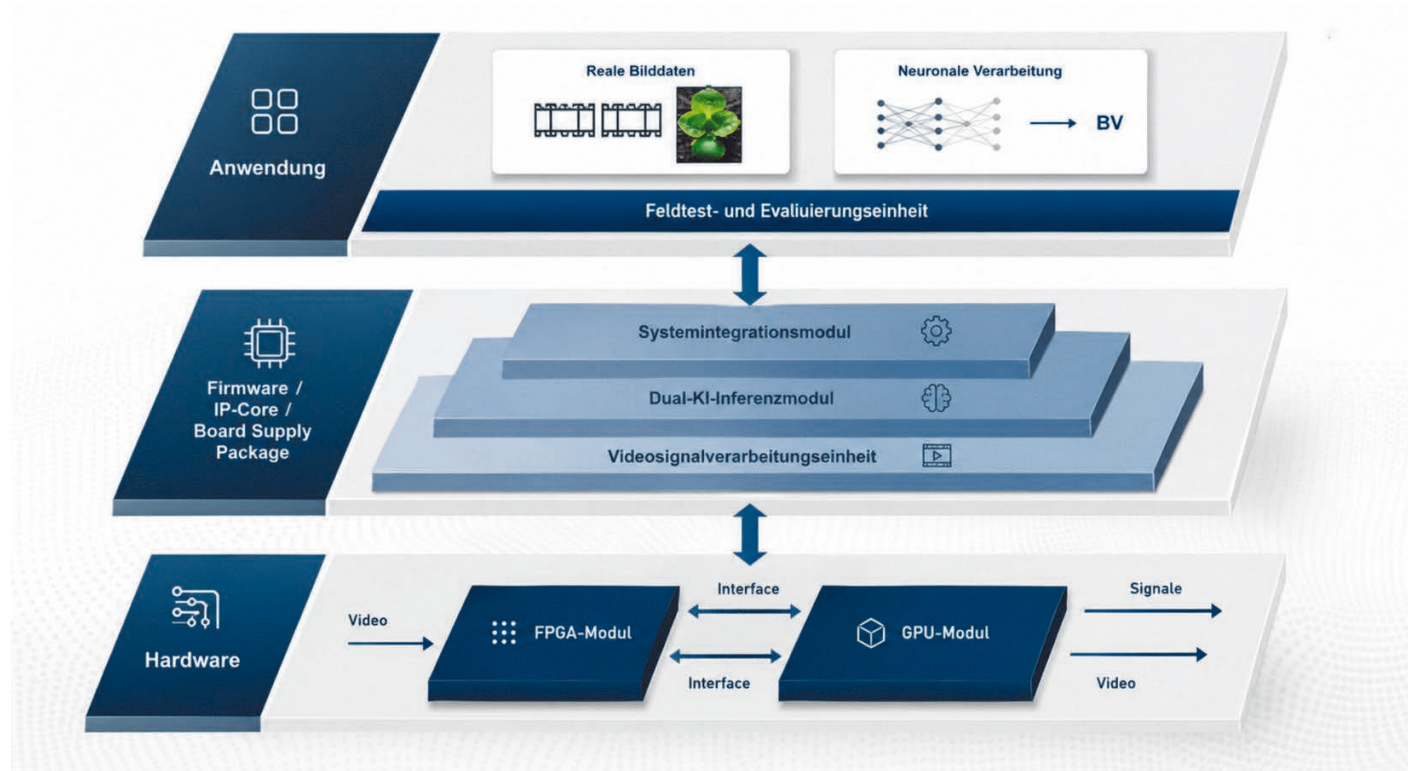
Kameras erfasst und entsprechend ihrer Qualität klassifiziert und sortiert werden. Übernimmt eine GPU diese Aufgabe, erfordert das eine extrem hohe Rechenleistung, um das gesamte Bildmaterial auszuwerten.

Anders in einem hybriden System: Hier kann ein FPGA-Chip, der für die parallele Verarbeitung großer Datenmengen ideal geeignet ist, die Vorverarbeitungen mit minimaler Latenz übernehmen. Er arbeitet mit einem kleinen KI-Modell,

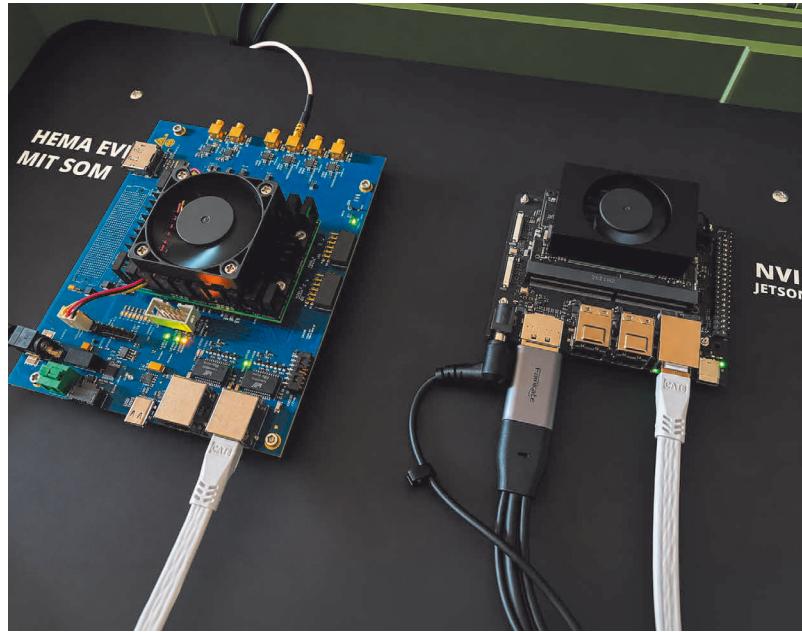
das lediglich solche Bildbereiche identifiziert, in denen Körner dargestellt sind (Bild 1). Diese Bildbereiche – eine deutlich geringere Datenmenge also – werden dann an die GPU übergeben. Diese führt eine hochauflösende Objektklassifizierung durch. Im Zusammenspiel beider Verfahren, die hier jeweils entsprechend ihrer Stärken genutzt werden, erfolgt die Sortierung der Ernte mit höchster Genauigkeit und dennoch in Echtzeit – also ohne Kompromiss für Geschwindigkeit oder Detailgrad.

### Dual-KI-Inferenzmodul steuert die effiziente Zusammenarbeit

Auch andere, insbesondere mobile Anwendungen profitieren von der schnellen Vorverarbeitung in Verbindung mit hochauflösender Analyse. Wichtig dabei ist das optimale Zusammenspiel der verschiedenen Recheneinheiten. hema electronic setzt für das FPGA-Modul auf stark quantisierte und beschnittene Neuronale Netze mit geringer Latenz sowie auf komplexe KI-Modelle zur Verarbeitung auf der GPU. Für die Geschwindigkeit entscheidend sind darüber hinaus aber auch das optimierte Routing der Videosignale und die Partitionierung zwischen FPGA- und GPU-Modul. Dafür kommt ein neuartiges hybrides Modell zum Einsatz, das die Arbeitsteilung steuert, die Berechnung auf die jeweiligen Hardwarekomponenten verteilt und die Ergebnisse im Nachgang zusammenführt. Das Resultat ist eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Ressourcen.



**Bild 2:** Die hybride Architektur von hema electronic verbindet FPGA- und GPU-Technologie in einer Plattform. Inferenz- und Integrationsmodule ermöglichen die effiziente Nutzung durch die Endapplikation.



**Bild 3:** In einem Demo-Aufbau kombiniert hema electronic die Bildvorverarbeitung durch FPGA-basierte System-on-Modules mit einer GPU für KI-gestützte Bildanalysen.

## Höchste Rechen-Performance ermöglicht autarke Anwendungen

Tests haben gezeigt, dass die Kombination aus der vorgelagerten, niedrigauflösenden Objekterkennung mit geringstmöglicher Latenz und die darauf basierende hochauflösende Objektklassifizierung schnellere Verarbeitungszeit im Vergleich zu rein GPU-basierten Systemen erreichen. Diese Leistungswerte ermöglichen völlig neuartige, autark arbeitende smarte Systeme für die Landwirtschaft und andere Anwendungsbereiche. Sie erweitern den Einsatz von Embedded Systemen für Edge-AI-Anwendungen, insbesondere mit hohen Anforderungen an Geschwindigkeit und Genauigkeit der Datenverarbeitung.

## Modulares Design für individuelle Projektanforderungen

Smart Farming Projekte – ebenso wie ähnliche Projekte in der Industrie, im Sonderfahrzeugbau oder der Sicherheits- und Verteidigungstechnik – arbeiten häufig mit dem dargestellten Ablauf aus Objekterkennung und Objektanalyse, basierend auf Kamera- und Sensordaten. Dennoch unterscheiden sich die Ansprüche an Rechenleistung, Schnittstellen und Format der Elektronik. hema electronic ist seit vielen Jahren auf solche Embedded-Vision-Projekte spezialisiert und hat auf Basis zahlreicher Erfahrungen aus Kundenprojekten die modulare hema Embedded Vision Plattform entwickelt. Dabei werden individuelle Mainboards basierend auf modularen Bausteinen für Funktionalitäten und Interfaces zusammengestellt. Die Layout-Blöcke und Schaltungen können durch neue oder eigene Schaltungsteile ergänzt werden. Hinzu kommen Building-Blocks für die Software, die ebenfalls

modular aufgebaut ist und je nach Projekt und Anforderungen gewählt und erweitert werden kann. Der modulare Aufbau und der Baukasten mit bewährten und getesteten Building-Blocks für Hardware und Software spart Entwicklungszeit und Kosten und minimiert das Risiko von Design-Fehlern.

## System on Modules mit FPGA und GPU integrieren

Teil des modularen Ansatzes sind System-on-Modules, die in die Embedded-Vision-Systeme integriert werden und die benötigte Rechenleistung zur Verfügung stellen. Je nach Anwendung setzt hema electronic dabei auf ein- oder mehrere FPGA-Module, zum Beispiel aus der AMD Zynq Ultra-Scale Plus Serie, sowie im hier beschriebenen Fall auf die Kombination von FPGA-SoMs und GPU-Modulen (Bild 2). Diese freie Kombinierbarkeit ermöglicht eine präzise Anpassung an die benötigte Rechenleistung und Funktionalität des individuellen Projekts. Außerdem können durch den modularen Ansatz einfache Upgrades im Lebenszyklus sowie Produktvarianten mit unterschiedlicher Ausstattung realisiert werden.

## Embedded-Smart-Vision: Vom Konzept zum Serienerfolg

Die hema Embedded Vision Plattform ist vielfach in der Praxis bewährt – mit einem und mehreren System-on-Modules, in verschiedenen Branchen und für Anwendungen rund um die Signalverarbeitung für Multikamera- und Multi-sensor-Systeme.

Die Kombination von FPGA- und GPU-Modulen ist die neueste Erweiterung der Plattform und

derzeit im Fokus von Entwicklung, Forschung und umfangreichen Tests (Bild 3). Das Ziel ist die weitere Optimierung der Signalverarbeitung und der effizienten Datenverteilung zwischen den Modulen – insbesondere auch im Hinblick auf möglichst geringen Bedarf an Rechenleistung, Speicher und Energie für den Einsatz mit Embedded Systemen.

Parallel entwickelt das Unternehmen Elektroniken für mögliche Use-Cases sowie Kundenprojekte auf Basis der Kombination von FPGAs und GPUs. Die aktuellen Erfolge zeigen bereits, dass damit ein Optimum aus geringer Latenz – sprich schneller Geschwindigkeit – und hoher Auflösung für die Objekterkennung und -analyse mit KI und klassischen Algorithmen erreicht werden kann. Verbunden mit den Vorteilen des modularen Designs legt das die Grundlage für die effiziente Entwicklung leistungsstarker Elektronik – für Smart Farming und viele weitere anspruchsvolle Embedded-Vision-Anwendungen.

## Wer schreibt:

Dr. Tony Albrecht ist Leiter der Hardware- und Softwareentwicklung bei hema electronic. Der Physiker mit einem Dokortitel in Elektrotechnik verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in der Leitung von Forschungs- und Entwicklungsteams in den Bereichen Kamerasysteme und Embedded-Vision-Lösungen. In seiner derzeitigen Funktion ist Tony Albrecht für die Weiterentwicklung von Kundenprojekten und der Embedded Vision Plattform von hema electronic sowie für die Entwicklung neuer intelligenter Bildverarbeitungslösungen für Automatisierungs- und Fahrzeugsysteme verantwortlich. ◀