



# MACHINE VISION – TREIBER DER AUTOMATISIERTEN LANDWIRTSCHAFT

**WHITE-PAPER**

shocky/stockatolobe.com



pavlobatikh/stock.adobe.com

# Machine Vision – Treiber der automatisierten Landwirtschaft

## Wie die industrielle Bildverarbeitung die Prozesse in der Agrar-Branche automatisiert und optimiert

Wie in den meisten Branchen hält auch in den landwirtschaftlichen Wertschöpfungsprozessen die Digitalisierung verstärkt Einzug. Vom industriell geprägten Agrar-Unternehmen bis hin zum bäuerlichen Kleinbetrieb – sie alle setzen im Sinne von Smart Farming zunehmend digitale Technologien ein. Dies trägt dazu bei, die Abläufe immer mehr zu automatisieren und deren Effizienz zu erhöhen.

Wesentlicher Bestandteil der Automatisierung ist die industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision). Lesen Sie in diesem Whitepaper, wie die Technologie arbeitet und wie deren Einsatz die Prozesse in der modernen Landwirtschaft konkret unterstützt. Lernen Sie vielfältige, praktische Anwendungsszenarien kennen und erfahren Sie, wie fortschrittliche landwirtschaftliche Betriebe von den zahlreichen Vorteilen profitieren.

## Inhalt

- Die Agrar-Branche im Umbruch..... 3**
- Technologien der modernen Landwirtschaft.....4**
- Moderne Smart-Farming-Konzepte .....7**
  - Precision Farming: Zielgerichtete Bewirtschaftung von Agrarflächen..... 7
  - Farming Machinery: Automatisierung von Ernte-Prozessen..... 9
  - Seeds & Produce: Automatisierte Prüfung von Saatgut und Pflanzen ..... 10
  - Greenhouse Farming: Automatisierung von Prozessen im Gewächshaus ..... 12
  - Livestock Farming: Machine Vision in der Tierhaltung ..... 13
- Fazit..... 14**



# Die Agrar-Branche im Umbruch

Der Agrar-Sektor sieht sich mit wachsenden Herausforderungen konfrontiert: Der Arbeitskräftemangel, zunehmend strengere gesetzliche Normen und Vorschriften, steigende Kosten, erhöhter Preisdruck sowie begrenzte, landwirtschaftliche Nutzflächen zwingen die Branche dazu, ihre Prozesse zu optimieren. Um zukunftsfähig zu bleiben, setzen daher immer mehr Landwirte auf digitale Technologien. Nach dem Prinzip des sogenannten „Smart Farming“ kommen dabei moderne Informations- und Kommunikationssysteme zum Einsatz. Diese lassen sich kombinieren mit innovativen Technologien wie dem Internet of Things (IoT), Sensoren und Aktoren, Geo-Positionierungssystemen, Big Data, unbemannten Fahrzeugen wie etwa Drohnen (UAV) sowie Robotern.



Smart Farming setzt sich in der modernen Landwirtschaft immer mehr durch.

## Effiziente und automatisierte Prozesse mit Machine Vision

Eine wichtige Bedeutung in diesem Kontext hat die industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision). Sie trägt zunehmend dazu bei, agrar-spezifische Abläufe effizienter zu gestalten und in hohem Grad zu automatisieren. Die Technologie hat ihren Ursprung in industriellen Anwendungsbereichen und wird dort seit Jahrzehnten erfolgreich zur Erkennung von Objekten sowie zur Überwachung und Optimierung von Fertigungsprozessen eingesetzt.

Machine Vision setzt sich im Wesentlichen aus zwei Bestandteilen, einer Hardware- und einer Software-Komponente, zusammen: Erstere bilden sogenannte Bildeinzugsgeräte wie Kameras, Scanner oder Sensoren, die eine umfassende Menge an digitalen Bilddaten von bestimmten Szenarien aufnehmen. Die Informationen werden dann von einer Machine-Vision-Software verarbeitet und für entsprechende Anwendungen bereitgestellt. Die Software läuft in der Regel auf zugehörigen Industrie-PCs (IPC), in zunehmendem Maße aber auch auf kompakten Embedded-Devices oder sogar direkt auf dem Bildeinzugs-Gerät. Das System ist dann zum Beispiel in der Lage, bestimmte Objekte und Sachverhalte rein anhand optischer Merkmale automatisiert zu erkennen.

## Objekterkennung – präzise, flexibel und schnell

Machine Vision bietet – verglichen mit anderen Identifikationsverfahren – einige wesentliche Vorteile: So überzeugt die Technologie durch eine besonders hohe Genauigkeit und verlässliche Erkennungsraten. Zudem kann sie sehr flexibel eingesetzt werden: Die Bildverarbeitungs-Algorithmen lassen sich so optimieren, dass unterschiedlichste Objekte in allen denkbaren Szenarien auch aus verschiedenen Blickwinkeln erkannt werden. Überdies arbeitet Machine Vision mit extrem hoher Geschwindigkeit und ist in der Lage, Objekte innerhalb von Millisekunden präzise zu identifizieren.



# Technologien der modernen Landwirtschaft

Aufgrund der vielen Vorteile ist Machine Vision geradezu prädestiniert für einen breiten Einsatz in der modernen Landwirtschaft. So kommt die Technologie zur Anwendung bei der

- Automatisierung von Landmaschinen und von Ernte-Prozessen
- Digitalisierung von Abläufen in Gewächshäusern (Greenhouse Farming)
- zielgerichteten und ortsspezifischen Bewirtschaftung von Agrarflächen (Precision Farming)
- automatisierten Klassifizierung und Prüfung von Saat- und Erntegut
- Optimierung der Tierhaltung (Livestock Farming)

Um die Effizienz der landwirtschaftlichen Wertschöpfungsprozesse nachhaltig zu erhöhen, sind moderne Machine-Vision-Lösungen mit einer Vielzahl innovativer Technologien gespickt. Dazu zählen:

## Embedded Vision

Wie im industriellen Umfeld kommen auch in digitalisierten, landwirtschaftlichen Produktionsszenarien sogenannte Embedded-Systeme zum Einsatz. Dabei handelt es sich um kompakte, oft mobile, elektronische Geräte. Diese müssen aufgrund der rauen Umgebungsbedingungen besonders robust und widerstandsfähig gegenüber äußeren Einflüssen sein. Denn die Systeme sind oft einer massiven Staubentwicklung, starken Vibrationen und einer hohen Luftfeuchtigkeit oder gar direkt dem Wasser ausgesetzt. Beispielsweise arbeiten Landwirte zur mobilen Datenerfassung mit Handhelds, Smartphones oder Tablets. Auch können an Traktoren oder anderen Landmaschinen spezielle Bildeinzugsgeräte wie Smartkameras oder Vision-Sensoren angebracht sein. Diese nehmen digitale Bildinformationen zum Beispiel von Ernteprozessen oder sonstigen Szenarien auf. Gerade wegen der meist sehr beengten Platzverhältnisse eignen sich hier Embedded-Geräte besonders. Sie sind klein, kompakt dimensioniert, sind sehr effizient und generieren wenig Abwärme. Verfügen die Systeme über eine integrierte Machine-Vision-Software, lassen sie sich für eine Vielzahl an Bildverarbeitungsanwendungen einsetzen. Man spricht von Embedded Vision.



Machine Vision wird in unterschiedlichsten Agrar-Bereichen eingesetzt.

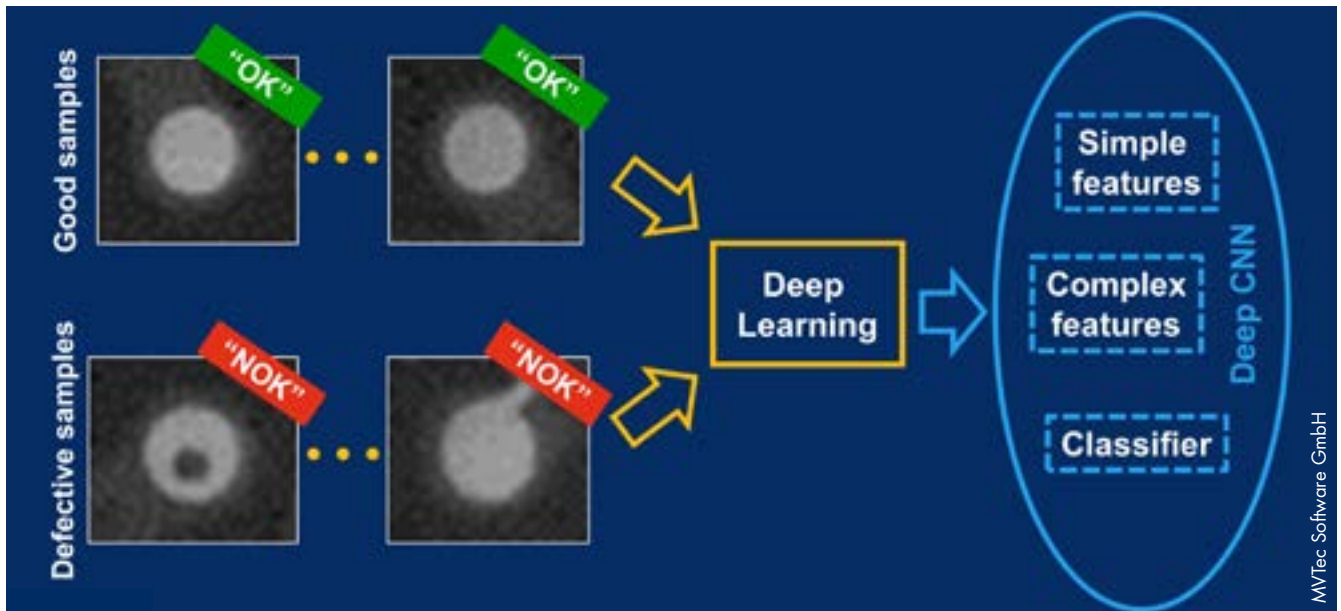


## Regelbasierte Bildverarbeitungssysteme

Eine wichtige Bedeutung für die Erkennung von Objekten oder Defekten in der Landwirtschaft haben regelbasierte Bildverarbeitungssysteme. Dabei handelt es sich um eine sehr zuverlässige und bewährte Technologie, die seit Jahrzehnten im industriellen Kontext zum Einsatz kommt. Daher ist sie auch im Agrarsektor von hoher Relevanz. Anders als bei künstlicher Intelligenz (KI) ist hier eine spezielle Programmierung erforderlich. Darin definieren Entwickler manuell bestimmte Regeln oder Merkmale, um die maßgeblichen Informationen für die Erkennungsprozesse aus den Bilddaten zu extrahieren. Die Technologie setzt dabei deutlich niedrigere Systemanforderungen voraus als KI-basierte Methoden. Dies erhöht insbesondere in landwirtschaftlichen Szenarien die Effizienz spürbar. Darüber hinaus sind die Entscheidungsprozesse des Systems stets transparent und jederzeit nachvollziehbar.

## Deep Learning

Auch wenn regelbasierte Systeme – wie oben beschrieben – durch einige Vorteile überzeugen, können KI-Technologien unter Umständen noch mehr Möglichkeiten hinsichtlich der Erkennungsgenauigkeit bieten. Dazu zählen in erster Linie Machine-Learning- und hier vor allem Deep-Learning-Verfahren, die auf einer Architektur von sogenannten neuronalen Netzen (Convolutional Neural Networks, CNN) beruhen. Das Besondere an diesen Verfahren ist, dass sie selbst dazulernen.



Deep Learning nutzt sowohl Bilder von defektfreien als auch defektbehafteten Objekten für die Fehlererkennung.

Grundlage hierfür bildet ein umfassendes Training, bei dem die Machine-Vision-Software die Bilddaten, die von den Bildeinzugsgeräten erzeugt wurden, detailliert analysiert. Vor dem Training werden die Bilder gelabelt, also mit einem digitalen Etikett markiert, um sie beispielsweise einer spezifischen Objekt- oder Fehlerklasse zuzuordnen. Dieses Labeling und die damit verbundene Verwaltung der großen Mengen an Bilddaten ist jedoch mit hohem Aufwand verbunden. Daher ist ein geeignetes Labeling-Tool erforderlich, das diese Prozesse abbildet und steuerbar macht. Im Zuge des Trainings lernen die Deep-Learning-Algorithmen dann typische Merkmale, mit denen sich die zu erkennenden Objekte in bestimmte Klassen einordnen lassen - wie beispielsweise die Merkmale für „Apfel“ oder „Birne“. Deep Learning eignet sich auch, um Fehler aller Art präzise zu identifizieren und zu lokalisieren. Diese Technologie kommt hauptsächlich dann zum Einsatz, wenn die Varianz der zu prüfenden Objekte sehr groß ist und die Aufgabe aus diesem Grund nicht oder nur sehr aufwändig durch regelbasierte Ansätze lösbar wäre.

## Kombination aus regelbasierten und KI-Systemen

Um für den jeweiligen Anwendungsfall immer optimale Ergebnisse zu erzielen, lassen sich regelbasierte und KI-Systeme wie Deep Learning sinnvoll in einer Lösung kombinieren. Auf diese Weise können beide Technologie-Welten zielgenau ihre jeweiligen Vorteile ausspielen. Sie können im Zusammenspiel sogar noch bessere Ergebnisse als die jeweiligen Einzeltechnologien erzielen. So profitieren landwirtschaftliche Anwender von einer durchgängigen End-to-End-Lösung, deutlich höheren Erkennungsraten und schnelleren Bildverarbeitungsprozessen. Darin lassen sich transparent sämtliche Entscheidungskriterien nachvollziehen, die für die Klassifizierung von Objekten ausschlaggebend waren.



## Cloud-Technologien

Innovative Agrar-Unternehmen greifen für die Nutzung digitaler Anwendungen häufig auf die Cloud zurück. Moderne Machine-Vision-Anbieter stellen bestimmte Dienste mittlerweile auch in der Cloud zur Verfügung. Diese bietet gegenüber intern gehosteten (On-Premise-) Lösungen einige Vorteile: Flexibel lassen sich die benötigten Ressourcen skalieren und bei Bedarf jederzeit weitere Kapazitäten hinzubuchen. Zudem ist das Cloud-Bezugsmodell sehr kosteneffizient, da – je nach Vertragsmodell – lediglich tatsächlich genutzte Services wie beispielsweise Server-Leistungen bezahlt werden müssen. Überdies können Landwirte die Verantwortung für das Hosting der Systeme an erfahrene Cloud-Dienstleister abgeben, die in der Regel hochverfügbare und ausfallsichere Infrastrukturen betreiben. Und schließlich lassen sich auch Kosten einsparen, da keine eigene Systemlandschaft angeschafft werden muss.

## Multispectral Imaging

Gerade bei Pflanzen ist es sehr hilfreich, zusätzlich zum sichtbaren Spektralbereich noch weitere Farbspektren, die das menschliche Auge nicht wahrnehmen kann, zu berücksichtigen. Mit geeigneter Hardware können diese erfasst und mittels spezieller Machine-Vision-Verfahren ausgewertet werden. Diese sind in der Lage, solche multispektralen Farbkanäle zu erkennen. Dadurch lassen sich beispielsweise Krankheiten an Pflanzen oder eine Unterversorgung an Nährstoffen frühzeitig feststellen, bevor im sichtbaren Bereich Auswirkungen erkannt werden können. Somit kann der Landwirt frühzeitig reagieren und gezielt Gegenmaßnahmen einleiten. Das reduziert Schadstoffe und führt zu besseren Erntergebnissen.



*3D-Vision-Technologien helfen bei robotergestützten Ernteprozessen.*

## 3D-Vision

Von großer Bedeutung in der digitalisierten Landwirtschaft sind auch 3D-basierte Machine-Vision-Technologien (3D-Vision). Durch die Erfassung, Auswertung und Verarbeitung von sensorgestützten 3D-Informationen lassen sich mechanische Systeme oder Prozesse besser kontrollieren. Auf diese Weise können landwirtschaftliche Anwendungen realisiert werden, die mit 2D-Ansätzen nicht möglich sind. Beispielsweise lassen sich damit nicht nur ruhende Objekte exakt lokalisieren. Auch Objekte, die sich im dreidimensionalen Raum bewegen, können präzise nachverfolgt und zum Beispiel gegriffen werden. Hierfür nehmen mehrere Kameras Bildinformationen aus unterschiedlichen Blickwinkeln auf. Die zuverlässige und exakte, 3D-gestützte Bestimmung der Position ist in speziellen landwirtschaftlichen Anwendungsszenarien – wie etwa beim roboter-gestützten Ernten – unverzichtbar.



# Moderne Smart-Farming-Konzepte

## Precision Farming: Zielgerichtete Bewirtschaftung von Agrarflächen

Machine Vision ermöglicht die zielgerichtete Überwachung, Düngung und Bewässerung von Nutzflächen. Dadurch können diese effizienter und nachhaltiger bewirtschaftet werden. Zudem ist es möglich, wertvolle Ressourcen wie Schädlingsbekämpfungsmittel, Wasser oder Dünger bedarfsgerecht einzusetzen. Landwirte können dadurch Kosten einsparen, den eigenen Aufwand reduzieren und gesetzliche Vorgaben bei der Verwendung von Dünger und Pestiziden einfacher einhalten. Wie das in der Praxis funktionieren kann, verdeutlichen folgende Beispiele:

### Schädlinge präzise bekämpfen

Eine Drohne mit einer hochauflösenden Kamera überfliegt eine Nutzfläche. Die integrierte Machine-Vision-Software wertet die aufgenommenen Bilder aus und erkennt dabei aus der Luft automatisiert bestimmte Merkmale: Ein abnormer Chlorophyll-Gehalt der Pflanzen etwa deutet auf eine Stresssituation wie etwa eine Pilzkrankheit oder einen Schädlingsbefall hin. Mit dieser Erkenntnis können nun ganz gezielt Maßnahmen getroffen werden. So lassen sich beispielsweise präzise und nur an den betroffenen Stellen Schädlingsbekämpfungsmittel oder Fungizide versprühen. Bei der Bestimmung des Pflanzenzustands helfen die oben beschriebenen multispektralen Verfahren, die in die Machine-Vision-Systeme integriert sind. Mit Hilfe spezieller Multispektral-Kameras werden hierbei zusätzliche Farbkanäle wahrgenommen und verarbeitet, die mit bloßem Auge nicht sichtbar sind. Dadurch lassen sich Auffälligkeiten an der Vegetation frühzeitig, automatisiert und verlässlich erkennen.

*Drohnen mit integrierter Machine-Vision-Software erkennen verschiedenste Merkmale an Pflanzen.*





Machine-Vision-Software unterstützt bei der gezielten Unkraut-Bekämpfung.

## Effizient düngen und bewässern

Ein weiteres Anwendungsszenario ist die zielgerichtete Düngung: Dabei misst die Machine-Vision-Software anhand der digitalen Bilddaten exakt die Pflanzenhöhe. Dadurch ist es möglich, bedarfsgerecht nur an Stellen mit geringem Wachstum zu düngen. Nach demselben Prinzip können Felder auch ortsdifferenziert bewässert werden: Hierbei messen Infrarot-Kameras zum Beispiel die Temperatur und erstellen eine Heatmap der entsprechenden Fläche. Darauf lässt sich anhand der gemessenen Verdunstungskälte präzise der tatsächliche Feuchtigkeitsgrad der einzelnen Regionen ersehen, sodass die Bewässerung gezielt an den Bedarf angepasst werden kann. Die Aufnahme der Bilddaten muss dabei nicht ausschließlich durch Drohnen, sondern kann in einigen Anwendungsfällen auch mittels Satelliten aus großer Höhe erfolgen.

## Unkraut gezielt vernichten

Auch der Pflanzenschutz ist ein wichtiges Thema der modernen Landwirtschaft. Wachsende Bedenken und immer strengere Vorschriften für herkömmliche Pflanzenschutzmethoden sind Herausforderungen, die es zu lösen gilt. Mit industrieller Bildverarbeitung ist es möglich, in Echtzeit zwischen Kulturpflanzen und Unkraut zu unterscheiden und Herbizide besonders effizient einzusetzen. Für die Unterscheidung der Pflanzen wird eine Industriekamera (Multispektrale Bilddaten) auf einer Feldspritze montiert um Bilder von der Bepflanzung aufzunehmen. Die Kamera sendet die Daten an ein Embedded Device, welches die integrierte Bildverarbeitungssoftware ausführt und die Anwendung steuert. Die Software erkennt mit Hilfe von Deep-Learning-basierter Objektdetektion das Unkraut zwischen den Nutzpflanzen und gibt daraufhin dem System den Impuls, auf das identifizierte Unkraut präzise ein Pflanzenvernichtungsmittel zu sprühen. Durch die gezielte Ausbringung verringert sich die Umweltbelastung, die Pflanzenschutzmittel werden kosteneffizient eingesetzt und sichert damit hohe Erträge in bester Qualität in Einklang mit Naturschutzverordnungen und Verbraucherwünschen.



[Schauen Sie sich das Video zu Farming Machinery an!](#)





# Farming Machinery: Automatisierung von Ernte-Prozessen

Machine-Vision-Verfahren kommen zunehmend auch in modernen Landmaschinen zum Einsatz. Beispielsweise werden Traktoren, Mähdrescher oder Ernte-Roboter mit Embedded-Geräten wie etwa Smartkameras ausgestattet. Diese erzeugen große Mengen an digitalen Bilddaten, die mittels integrierter Machine-Vision-Software detailliert ausgewertet werden. Die Ergebnisse lassen sich dann für verschiedenste Anwendungen nutzen.

## Erkennung von reifen Äpfeln mit ausreichender Größe

Wie sich mit Hilfe von Machine Vision etwa reife Äpfel automatisiert ernten lassen, zeigt die Apfelerntemaschine des belgischen Instituts ACRO (Automation Centre for Research and Education): Der Ernte-Roboter wird zunächst vor dem Baum positioniert. 3D-Sensoren erfassen den davor liegenden Bereich aus 40 Positionen und unterteilen die Baumansicht in entsprechend viele Felder. Für jeden Sektor werden die Äpfel registriert, um sie nach und nach mit einem Greifer abernten zu können. Die integrierte Machine-Vision-Standardsoftware bestimmt die Position eines Apfels im Bild präzise und wählt ausschließlich reife Früchte mit ausreichender Größe aus. Während der Roboterarm den Apfel anfährt, verarbeitet die Software zeitgleich mehrere Bilder, um den verbliebenen Abstand zum Zielobjekt zu bestimmen. Parallel wird Luft durch den Greifer geblasen, um Blattwerk zu entfernen. Dann nähert sich der Greifer vorsichtig der Frucht, umschließt diese und saugt sie an. Sie wird schließlich durch Rotieren und Kippen geerntet und vorsichtig abgelagert.

## Vorteile der automatisierten Ernte

Landwirte profitieren durch den Einsatz der Roboter von entscheidenden Vorteilen: Der gesamte Ernteprozess lässt sich automatisieren und damit wirtschaftlicher sowie rentabler gestalten. So kann ein Roboter die Arbeit von sechs Erntehelfern leisten und dabei sehr hohe Qualitätsstandards hinsichtlich des Ernteergebnisses einhalten. Zudem können Agrar-Unternehmen die zunehmend schwierige Verfügbarkeit von Saisonkräften für die Ernte ausgleichen.



Ruud Morijn / stock.adobe.com

Automatisierte Prozesse bedeuten wirtschaftliche Rentabilität.



# Seeds & Produce: Automatisierte Prüfung von Setzlingen und Getreide



Machine-Vision-Systeme lassen sich auch nutzen, um Setzlinge, Saatgut und die Ernte automatisiert zu überprüfen.

## Machine-Vision-Algorithmen analysieren Weizenkörner präzise

Die Technische Universität Ilmenau, Deutschland, hat ein System entwickelt, mit dem sich die Qualität von Weizen präzise feststellen lässt. Für die schnelle Analyse von Weizenproben werden die Körner zunächst in einen Einfülltrichter gegeben. Von dort fallen sie auf ein Förderband und durchlaufen eine Vereinzelseinheit, welche die Körner voneinander trennt. Anschließend werden sie einzeln vor der Kamera vorbeigeführt und aufgenommen. Machine-Vision-Algorithmen analysieren die erfassten Bilder anhand verschiedener Farb-, Textur- und Formkriterien. Durch die Verwendung spezieller Kameras und die Aufnahme vor hellem Hintergrund werden an den Körnermustern große Unterschiede hinsichtlich Größe, Form und Farbe sichtbar.

Nach der Erfassung und Klassifizierung der Objekte in sogenannte „OK/NOK (not okay)-Kriterien“ wie

- einwandfreies Korn
- beschädigtes oder vertrocknetes Korn
- Weizen mit Schädlingsbefall
- Fremdsamen und Streu

werden diese mithilfe einer pneumatischen Sortiereinheit für Wiegen und Lagerung in spezifische Klassen eingeteilt. Dadurch erfolgt die Handhabung und Separierung jedes einzelnen Objekts automatisch.

Die Durchsatzleistung des Klassifizierungssystems ist enorm. Der Erzeuger erhält durch die automatische Analyse in kürzester Zeit ausführliche Informationen zur Kornqualität. Außerdem ist eine grafische Darstellung der Zusammensetzung des analysierten Korns möglich und das Gesamtgewicht der Probe, Gewicht des Anteils an einwandfreiem Korn sowie zahlenmäßige und graphische Statistiken der analysierten Probe können berechnet und in einer Datenbank gespeichert werden.



## Reiskörner automatisiert inspizieren

Auf ähnliche Weise lässt sich auch die Qualität von Reiskörnern schnell und leistungsstark überprüfen. Hierzu hat das japanische Unternehmen Kett Electric Laboratory in Zusammenarbeit mit der LINX Corporation, Japan, ein automatisiertes Inspektionssystem entwickelt. Die darin enthaltene Machine-Vision-Software muss komplexe Bildverarbeitungsaufgaben lösen und in kurzer Zeit abarbeiten. Die Software läuft hierbei direkt auf einer leistungsfähigen Embedded-Plattform. Zahlreiche Operatoren optimieren dabei die Kamerakalibrierung, die Segmentierung der Reiskörner, die Extraktion des Merkmalswertes und die Messung der Größe zur Klassifizierung der Qualität. Mithilfe der Gesamtlösung lässt sich der komplette Prüfprozess automatisieren und beschleunigen. Das verbesserte Inspektionsergebnis sorgt zudem für eine maximale Qualität der Reiskörner und Kosteneinsparungen.



Kett Electric Laboratory/LINX Corporation

Die Inspektion von Reiskörnern lässt sich komplett automatisieren.

## Klassifizierung von Tomatensetzlingen

In einem weiteren Anwendungsszenario sortiert ein Machine-Vision-System automatisch Tomatensetzlinge: Gemüseerzeuger müssen sicherstellen, dass die von ihren Zulieferern erhaltenen Samen zuverlässig auskeimen. Das niederländische Unternehmen Westland Plantenkwekerij (WPK) hat zusammen mit der niederländischen Wageningen UR-FBR (University & Research Center-Food & Biobased Research) eine Anlage entwickelt, die 18.000 Setzlinge pro Stunde klassifiziert und sortiert.

In dieser Anlage werden die Setzlinge automatisch in Ablageformen eingesetzt und nach einer 12-tägigen Keimdauer über ein Förderband dem Machine-Vision-System zugeführt. Beim Eintreffen der Pflanze nehmen zehn Kameras gleichzeitig ein Bild auf, um ein dreidimensionales Modell des Setzlings zu erstellen. Die eingesetzte Software generiert innerhalb von Millisekunden ein 3D-Modell und berechnet die Biomasse des Pflänzchens. Anhand dieser Daten wird der Setzling dann in vier Kategorien eingeteilt: Erst-, Zweit- und Drittklassig sowie „NOK“ (not ok) – also zu klein/nicht gekeimt. Die Ergebnisse werden vom PC an eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) übertragen, die jede Pflanze abhängig von ihrer Klassifizierung auf ein entsprechendes Förderband dirigiert.



sayrenko/stock.adobe.com

## Vorteile der automatischen Klassifizierung

Durch die Automatisierung der Qualitätskontrolle lässt sich die Produktivität in den landwirtschaftlichen Betrieben erheblich steigern. Das Inspektionsergebnis ist komplett objektiv, reproduzierbar und unabhängig von menschlich bedingten Schwankungen und Fehlern. Zudem lassen sich einheitliche Standards definieren, die in allen Prüf- und Sortierprozessen durchgängig angewendet werden. Darüber hinaus können oftmals hohe Personalkosten eingespart werden.



# Greenhouse Farming: Automatisierung von Prozessen im Gewächshaus



Der Ernte-Roboter erkennt eigenständig reife Paprikaschoten.

Auch bei der landwirtschaftlichen Nutzung von Gewächshäusern (Greenhouse Farming) kommen Machine-Vision-Technologien zum Einsatz. Ähnlich wie auf dem freien Feld lassen sich auch hier die Prozesse automatisieren und straffen.



[Schauen Sie sich das Video zu Greenhouse Automation an!](#)

## Automatisierte Ernte von Paprikaschoten

Deutlich wird dies beispielsweise bei der Ernte von reifen Paprikaschoten mithilfe des Ernte-Roboters SWEEPER, der im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts „Clever Robots for Crops“ (CROPS) von der niederländischen Wageningen University & Research entwickelt wurde: Dieser wird mittels einer batteriebetriebenen Plattform autonom durch das Treibhaus bewegt. Die im Roboter integrierte Machine-Vision-Standardsoftware enthält einen form- und farbasierten Detektionsalgorithmus. Dieser untersucht jedes aufgenommene Bild nach Bereichen, die den Zielfarbschwellenwerten entsprechen. Um reife Paprikas verlässlich zu erkennen, muss zudem die 3D-Position jeder Frucht mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Sobald das 3D-Kamerasystem eine reife Schote gefunden hat, positioniert der Roboterarm das Ernte-Werkzeug auf dem Fruchtstamm. Der Arm bewegt dieses dann mit einem vibrierenden Messer einige Zentimeter nach unten und schneidet die Paprikafrucht in der Nähe des Hauptstiels ab.

## Vorteile des Ernte-Roboters

Durch die Automatisierung der Ernte-Prozesse lassen sich die steigenden Anforderungen an Qualität, Hygiene, Lebensmittelsicherheit und Rückverfolgbarkeit der Gemüseprodukte besser bewältigen. Darüber hinaus wird der Mangel an qualifizierten Arbeitskräften, die unter den fordernden klimatischen Bedingungen im Treibhaus sehr monotone, körperlich anstrengende Aufgaben übernehmen, ausgeglichen. Im Ergebnis begünstigt der Einsatz von Ernte-Robotern eine effiziente und nachhaltige Pflanzenproduktion in Gewächshäusern.



# Livestock Farming: Machine Vision in der Tierhaltung

Ein weiteres, wichtiges Einsatzgebiet von Bildverarbeitungstechnologien ist die moderne, landwirtschaftliche Tierhaltung (Livestock Farming). Hierzu gibt es Anwendungen, welche die Bedingungen für die Haltung der Nutztiere verbessern und den Ertrag signifikant erhöhen können.

## Wachstum und Körpermerkmale präzise bestimmen

So lässt sich Machine-Vision-Software beispielsweise zur Wachstumsverfolgung von Tieren, etwa von Kühen, einsetzen. Hierbei werden Rinder einzeln von einem 3D-Sensor gescannt. Dabei wird der Rücken der Tiere während der Fütterung exakt vermessen. Hierbei kommt ein sogenannter Time-of-Flight-Sensor in Kombination mit 3D-Bildverarbeitung zum Einsatz. Auf diese Weise lassen sich figurtypische Merkmale präzise bestimmen. Dazu zählen insbesondere die Länge und Breite des Tieres sowie die Größe spezieller Körperpartien wie Lende, Hüfte oder Schulter. Landwirte können aus diesen Informationen wertvolle Erkenntnisse etwa zum Ertragspotenzial der Rinder ableiten. Darüber hinaus geben mehrere Messungen im Zeitverlauf Aufschluss über die richtige Futtergabe und den Gesundheitszustand des Tieres.

## Kühe melken mithilfe von Robotern

Eine weitere Anwendung unterstützt das automatisierte Melken von Kühen. Dabei wird ebenfalls ein Time-of-Flight-Sensor verwendet, um Euter-Zitzen bei Kühen präzise zu lokalisieren. Mittels 3D-Koordinaten lässt sich dann die Melkmaschine mithilfe eines Roboters gezielt an das Euter heranführen. Da die Zitzen überaus empfindlich sind, sollten die Position und Richtung der Apparatur möglichst genau bestimmt werden. So lässt sich die Melkmaschine schnell, einfach und schonend an das Euter anschließen, was unnötige Schmerzen und Belastungen für das Tier vermeidet.



*Automatisiertes Melken schont die empfindlichen Euter der Tiere.*

# Fazit

Der Landwirtschaftssektor steht weltweit vor großen Herausforderungen. Innovative Agrar-Unternehmen werden in Zukunft nicht mehr ohne moderne Smart-Farming-Technologien auskommen, um produktiv, effizient und nachhaltig zu arbeiten. Denn nur mithilfe der durchgängigen Digitalisierung und Automatisierung der Wertschöpfungsketten lässt sich die Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Markt langfristig sichern.

Eine wichtige Rolle in dieser Entwicklung spielt die industrielle Bildverarbeitung. Sie fungiert im Wachstumsmarkt der digitalisierten Landwirtschaft als Schlüsseltechnologie und trägt in vielfältigen Einsatzszenarien dazu bei, die Effizienz der Abläufe zu optimieren. Landwirte sind dadurch nicht nur in der Lage, ihre Produktivität zu erhöhen und Kosten zu senken. Auch können sie Nutzflächen nachhaltiger bewirtschaften, wertvolle Ressourcen einsparen und dadurch die Umwelt schonen.



## STARTEN SIE JETZT

Um die Digitalisierung Ihrer Produktionsabläufe konsequent voranzutreiben, sind kompetente Partner aus der Industrie gefragt, die Sie bei der Implementierung der Software professionell unterstützen.

Gerne vermitteln wir Ihnen den für Sie passenden Kontakt aus unserem weltweiten Experten-Netzwerk. Lassen Sie uns wissen, bei welcher konkreten Anforderung wir Sie unterstützen können: [agriculture@mvtec.com](mailto:agriculture@mvtec.com).

Nutzen Sie auch unseren **kostenfreien Application-Evaluation-Service**. MVTec Experten und Expertinnen evaluieren Ihre Anwendung und zeigen Ihnen, wie diese mit unserer Software durchgeführt werden kann: [mvtec.com/free-evaluation](https://www.mvtec.com/free-evaluation).