Retrofit von Vision-Systemen mithilfe konsistenter Datensätze

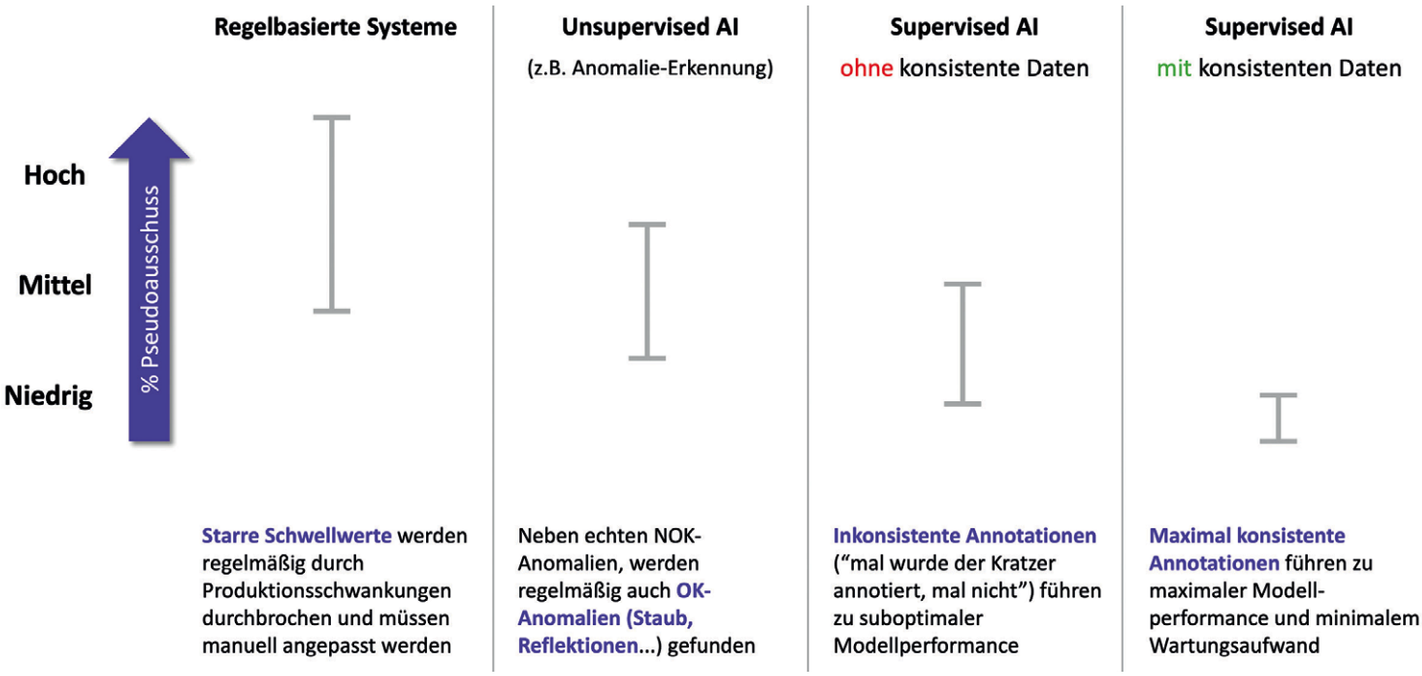
Mittels KI den Pseudoausschuss verringern

Klassische regelbasierte Bildverarbeitungssysteme können ebenso wie einfache, auf Anomalieerkennung trainierte KI-Systeme meist nicht mit reflektierenden oder nur leicht unterschiedlich produzierten Teilen umgehen. Die Folge ist hoher Pseudoausschuss, der sich aber mit den passenden Software-Upgrades auch in vorhandenen Systemen deutlich verringern lässt.

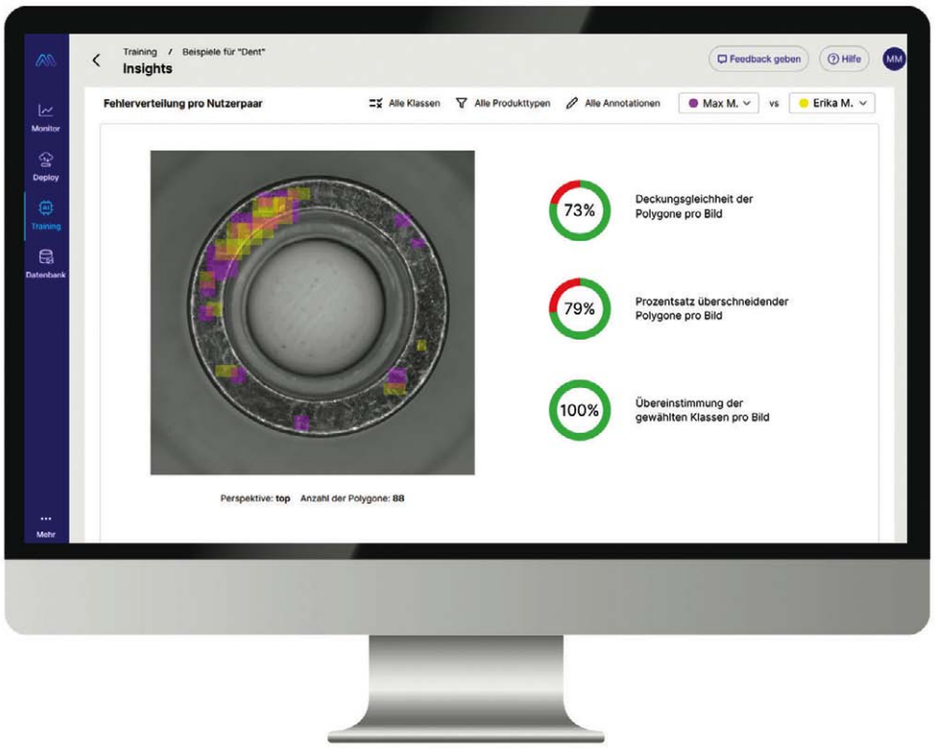
Von Peter Droege,
CEO und Mitgründer
von Maddox AI

Nach wie vor beruht eine große Zahl der installierten Bildverarbeitungssysteme zur Qualitätskontrolle in Produktionsanlagen auf regelbasierten Systemen. Sie sind zuverlässig darin, sowohl eindeutige Gut-Teile als auch klar definierten Ausschuss zu erkennen und entsprechend zu sortieren. Voraussetzung dafür sind jedoch konstant optimale Bedingungen, wie etwa die Beleuchtung und die Form der zu prüfenden Teile.

Für klassische Vision-Systeme stellen auch geringe Veränderungen in den aufgenommenen Bildern eine große Herausforderung dar. Diese Veränderungen können beispielsweise durch Produktionsschwankungen oder Umgebungsveränderungen (Beleuchtung, Reflektionseigenschaften u. a.) auftreten. Weil klassische Bildverarbeitungssysteme mit starren Schwellwerten arbeiten, führen solche Veränderungen fast immer zu signifikant höheren False-Negative-Raten. In der Folge werden Gut-Teile weniger zuverlässig erkannt, der Pseudoausschuss wächst, und es entstehen zusätzliche Kosten. Natürlich lassen sich diese Pseudoausschussprobleme beheben, indem die Schwellwerte angepasst



Je konsistenter die Daten als Lernsignale für die KI sind, desto stärker lässt sich der Pseudoausschuss verringern. (Bilder: Maddox AI)



Bei der Annotation von Daten als Grundlage für den Lernprozess des KI-Systems ist ein konsistentes Vorgehen erforderlich, um Pseudoausschüsse möglichst zu minimieren.

werden. Sind Anpassungen allerdings regelmäßig notwendig, wirkt sich dies negativ auf die Wartungskosten aus.

Anomalieerkennung mit KI reicht nicht

Varianzen im »OK-Bereich« sind daher mit Vision-Systemen, die auf Schwellwerten beruhen, nur dadurch abzubilden, dass die Schwellwerte für jede Eventualität angepasst werden. Dies erfordert jedes Mal einen Arbeitsaufwand und ist zudem fehleranfällig, etwa wenn Mitarbeitende die Notwendigkeit nicht rechtzeitig erkennen, dass der Schwellwert angepasst werden muss. Das legt den Gedanken nahe, dass KI-basierte Systeme generell eine bessere Leistung bringen. Doch auch hier lohnt sich ein genauerer Blick.

Je nachdem, welcher KI-Ansatz verfolgt wird, können Pseudoausschuss und Maintenance-Aufwand mitunter gleich hoch sein wie bei regelbasierten Vision-Systemen. Einfache unüberwachte KI-Modelle lernen nur, wie Gut-Teile aussehen, und deklarieren daher jede Abweichung in der Qualitätskontrolle als Ausschuss. Daher birgt auch dieser Ansatz das Risiko, dass kleinste tolerierbare Anomalien – so genannte Gut-Anomalien – aussortiert werden.

Im Vergleich zu regelbasierten Vision-Systemen lassen sich KI-Modelle aber viel einfacher in der Varianz erweitern. So müssen beispielsweise bei Farbvarianten von Bauteilen oder bei veränderter Beleuchtung nicht etwa Algorithmen neu geschrieben oder Schwellwerte angepasst werden. Stattdessen werden diese Varianzen von Gut-Teilen mit ins Training des KI-Systems aufgenommen, was den OK-Raum des Systems automatisch um diese Varianzen erweitert.

Überwachte KI-Modelle als Lösung

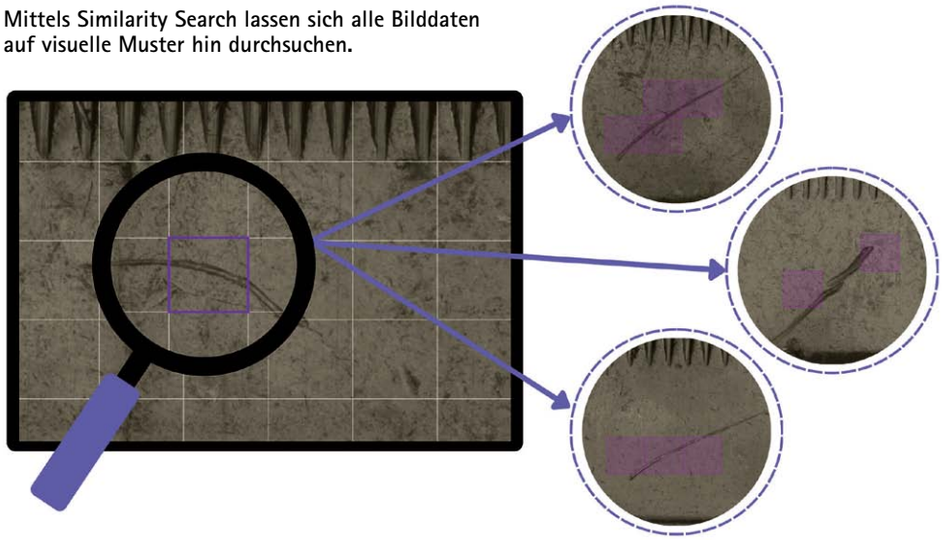
Wesentlich besser agieren dagegen Modelle mit überwachten KI-Algorithmen, also Supervised AI. Solche Modelle sind grundsätzlich in der Lage, das Problem zu hohen Pseudoausschusses zu lösen.

Während reine Anomalieerkennung jede Abweichung pauschal als Fehler wertet, lernen überwachte KI-Modelle aus annotierten Daten nicht nur, welche Pixel oder Regionen zu Gut-Teilen gehören, sondern auch, welche zu konkreten Fehlerklassen. Dafür ist menschlicher Input nötig: Fachleute markieren die Defekte in den Bildern und liefern so die entscheidenden Lernsignale für das KI-Training. Auf dieser Basis lernt das KI-Modell, wie die einzelnen Defekte aussehen. Dadurch kann es präzise zwischen tolerierbarer Produktionsvarianz und echten Fehlern unterscheiden, die Erkennungsgenauigkeit deutlich erhöhen und den Pseudoausschuss spürbar senken.

Die Krux mit dem Datensatz

Die Grundvoraussetzung dafür sind allerdings konsistente Daten als Lernsignal für die KI. Ein konsistentes Lernsignal erfordert

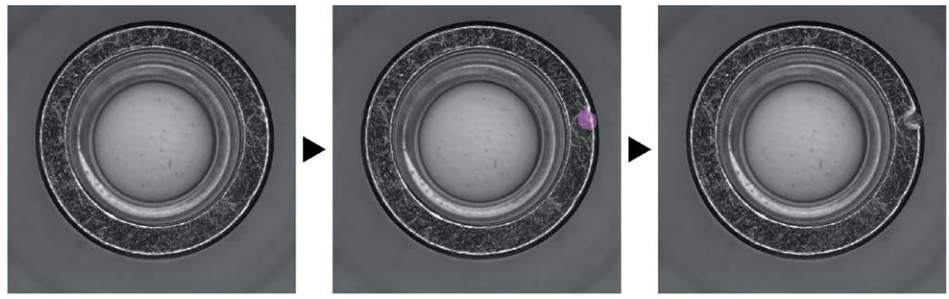
Mittels Similarity Search lassen sich alle Bilddaten auf visuelle Muster hin durchsuchen.



ein striktes Regime bei der Annotation von Daten als Grundlage für den Lernprozess des KI-Systems. Typischerweise werden Daten, soweit sie nicht synthetisch generiert sind, von Menschen annotiert. Der Mensch bleibt also ein kritischer Faktor – und mit ihm auch die aus der manuellen Inspektion bekannten Probleme wie Subjektivität und Inkonsistenz. So kann beispielsweise ein Kratzer in einem Bauteil als Nicht-OK markiert sein, während ein ähnlicher Kratzer auf anderen Prüfteilen bei der Annotation übersehen wird. Als Folge erhält das KI-System in der Anlernphase bei dieser Fehlstelle kein konstantes Lernsignal, was wiederum eine erhöhte Pseudoausschuss-Rate nach sich zieht. Selbst das beste KI-System bleibt wirkungslos, wenn die Datengrundlage widersprüchlich ist.

Datenkuratierung macht den Unterschied

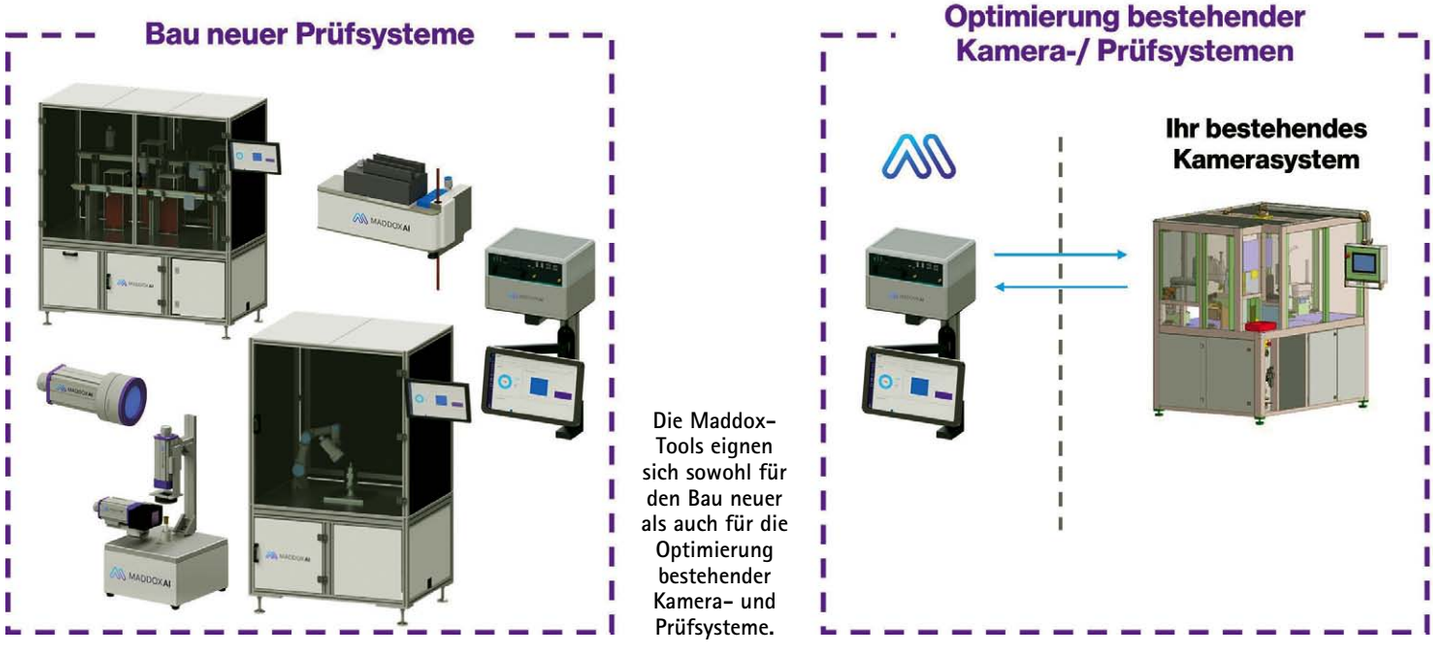
Entscheidend für die Effizienz eines KI-Systems ist also die Erzeugung eines konsistenten, sauberen Datensatzes. Um diesen kritischen Schritt zu meistern, benötigen Anwender Unterstützung. Hier setzt eine von Maddox AI konzipierte Plattform an. Die Bandbreite ihrer Tools reicht dabei von einfachen Übersichts- und Filtermöglichkeiten bis hin zu Labelling-Unterstützung auf KI-Basis. Anwender können sich beispielsweise eine Auswahl aller Annotationen einer Defektklasse auf einen Blick anzeigen lassen, um zu überprüfen, ob die Konsistenz innerhalb dieser Fehlerklasse gegeben ist. Alternativ lassen sich alle Bilddaten mittels Similarity Search auf visuelle Muster hin durchsuchen. So werden automatisch Inkonsistenzen in den Annotationen angezeigt, die sich in einem Korrekturvorgang beseitigen lassen, anstatt manuell viele Bilder auf mögliche Inkonsistenzen zu suchen. Allen betroffenen Bildern im Datensatz lässt sich dieselbe Aktion zuordnen, etwa dass Kratzer unter zwei Millimeter grundsätzlich ignoriert werden.



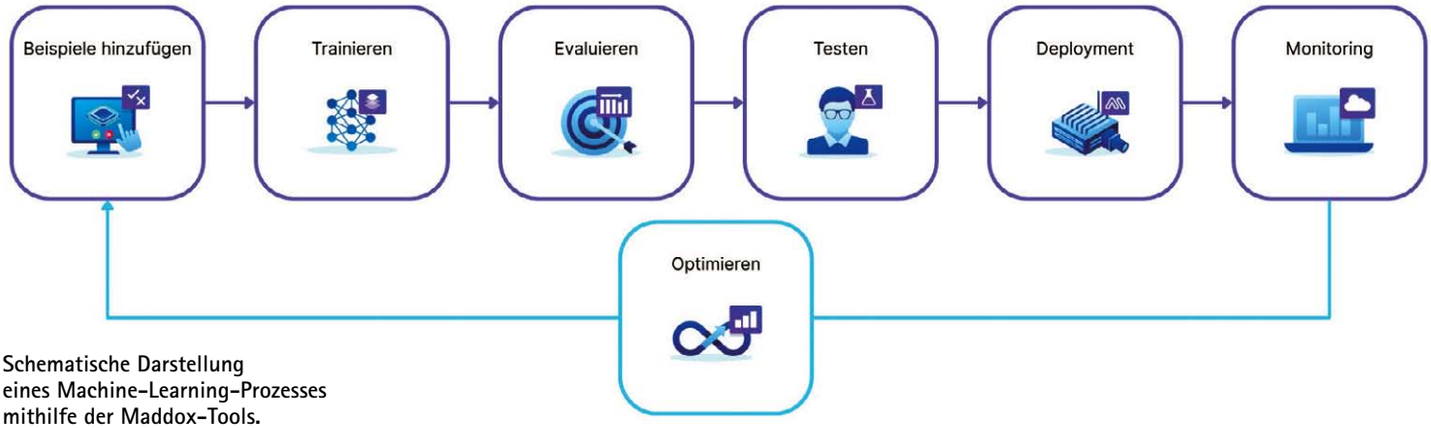
Wenn keine Originalbilder vorhanden sind, kann das entsprechende Maddox-Tool auch Datensätze synthetisch generieren.

Darüber hinaus schlägt das System genau die Bilder in großen Bildmengen vor, die »interessant« sind. Experten bekommen aus den archivierten Bilddaten von möglicherweise mehreren hunderttausend Bildern eine übersichtliche Auswahl vorgeschlagen, was eine mühsame manuelle Suche erspart. Das Tooling unterstützt also dabei, neue Bilder zu identifizieren, die für die Erklärgenauigkeit des Modells relevant sind. In der industriellen Qualitätskontrolle ist die Verfügbarkeit von Daten oft ungleich verteilt: Es gibt meist viele fehlerfreie, aber nur wenige defekte Teile. Für ein robustes Modell reicht diese Verteilung jedoch nicht aus. Sollten keine Originalbilder vorhanden sein, kann das Maddox-Tool auch entsprechende Datensätze synthetisch generieren. Oberstes Ziel ist es auch hier, mit einem sauber kuratierten Datensatz die Produktionsvarianz möglichst optimal abzubilden.

Die Maddox-AI-Software vereinfacht nicht nur die Erstellung konsistenter, hochwertiger Datensätze, sondern ermöglicht sowohl KI-Experten als auch Fachleuten ohne KI-Hintergrund, Modelle selbstständig zu trainieren und produktiv einzusetzen. Der niedrigschwellige Zugang bindet Domänenwissen direkt ein, beschleunigt Iterationen und macht KI so im Alltag einsatzfähig. Un-



Die Maddox-Tools eignen sich sowohl für den Bau neuer als auch für die Optimierung bestehender Kamera- und Prüfsysteme.



Schematische Darstellung eines Machine-Learning-Prozesses mithilfe der Maddox-Tools.

ternehmen werden unabhängiger von Spezialisten, verkürzen die Time-to-Value und erschließen Anwendungsfälle, die zuvor an fehlenden Kapazitäten scheiterten. Ändern sich die Bedingungen in der Produktionslinie, etwa durch neue Defektklassen oder Produktionsvarianten, können Fachleute Anpassungen eigenständig vornehmen und in die Produktion überführen. Diese Möglichkeit der kontinuierlichen Selbstoptimierung erhöht die Erkennungsgenauigkeit fortlaufend und senkt damit den Pseudoausschuss.

Was beim Retrofit ersetzt wird

Beim klassischen Retrofit - etwa eines regelbasierten Bildverarbeitungssystems - läuft das in der Produktion installierte Kamerasystem unverändert weiter. Ersetzt wird lediglich die Software. Mit den Annotationstools von Maddox AI entsteht schnell eine saubere Datengrundlage. Durch die intuitive Nutzeroberfläche lassen sich neue Modelle leicht trainieren und in die Produktion überführen. Die solide Datengrundlage steigert die Erkennungsgenauigkeit der AI-gorithmik und senkt den Pseudoausschuss. Weil die Maddox-AI-Software Annotationen effizient vereinheitlicht und daher in kurzer Zeit präzise KI-Modelle liefert, arbeitet Maddox AI erfolgsbasiert: Abgerechnet werden nur Implementierungen, die eine zuvor vereinbarte Mindestsenkung des Pseudoausschusses erreichen. Bleibt die vereinbarte Verbesserung aus, fallen keine Kosten an. (ak)

Hyperspektrale Bildverarbeitung zur Oberflächen- und Schichtanalyse

Mehr Genauigkeit in der Wafer-Inspektion

Durch die Kombination von Spektralanalyse und hochauflösender Bildgebung ermöglicht die hyperspektrale Bildverarbeitung (Hyperspectral Imaging, HSI) eine 100-prozentige Inspektion der gesamten Oberfläche von Wafern. Dieser Ansatz erkennt Schichtdickenschwankungen, Verunreinigungen und Defekte mit besonderer Genauigkeit.

Minna Törmälä,
Global Marketing Manager
von Specim

HSI-Systeme bieten zerstörungsfreie Inspektionsmöglichkeiten für die Halbleiterindustrie und viele andere Branchen. Die direkte Inspektion von Produktiv-Wafern führt zu kürzeren Prüfzeiten, zu weniger Defekten in Zwischenprodukten und schlussendlich zu einer höheren Ressourceneffizienz.

Die Produktqualität in der Halbleiterfertigung hängt wesentlich von der gleichmäßigen Verteilung und Dicke der Wafer-Be-