



GRÜNSPECHT
— Vision —

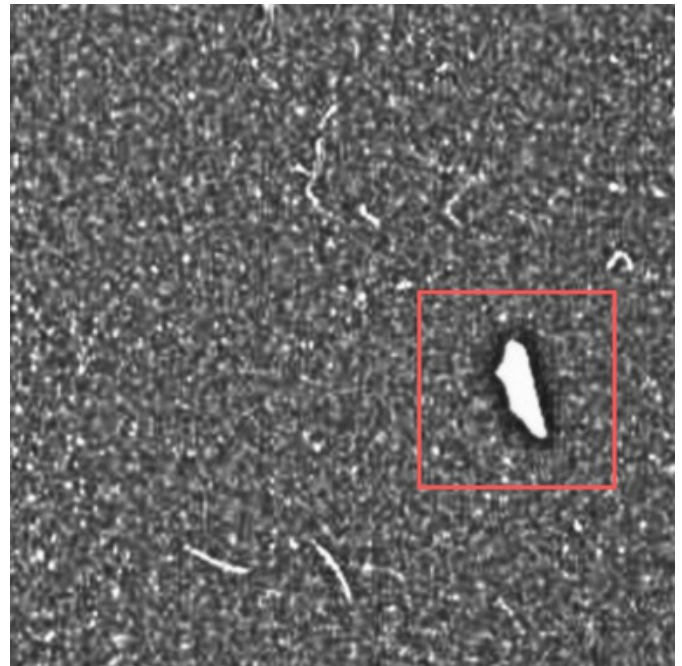
GLÄNZENDE OBERFLÄCHEN SICHER PRÜFEN

Mit kombinierter Beleuchtungstechnik
zur einfachen KI-gestützten
Defekterkennung

Die Herausforderung glänzender Oberflächen

Kratzer, Dellen oder Verschmutzungen auf glänzenden Metalloberflächen zu erkennen, ist eine der anspruchsvollsten Aufgaben in der optischen Qualitätskontrolle. Reflexionen überlagern Defekte, Lichtspiegelungen täuschen Fehler vor, und unterschiedliche Defekttypen erscheinen im gleichen Grauwertbereich – klassische Bildverarbeitung stößt hier schnell an ihre Grenzen.

Viele Ansätze versuchen, diese Schwierigkeiten durch immer komplexere KI-Algorithmen zu kompensieren. Das führt zu aufwändigen Trainingsprozessen, hohen Fehlerquoten und Systemen, die bei veränderten Beleuchtungsbedingungen neu trainiert werden müssen. Der Kernfehler: Die KI soll Probleme lösen, die bereits in der Bildaufnahme entstanden sind.



staubpartikel_glaenzende_oberfläche (Grünspecht Vision Labs GmbH)

Erst messen, dann rechnen!

Unser Ansatz ist grundlegend anders: Wir perfektionieren die Messtechnik, sodass Defekte bereits in der Bildaufnahme klar und eindeutig dargestellt werden. Erst wenn die Daten stimmen, wird die KI-gestützte Auswertung nicht zum komplexen Problem, sondern zur einfachen Klassifikationsaufgabe. Die Aufgabe guter Ingenieure ist es, die physikalischen Eigenschaften der Messaufgabe zu verstehen und optimal zu nutzen. Die Algorithmik folgt dann fast von selbst.

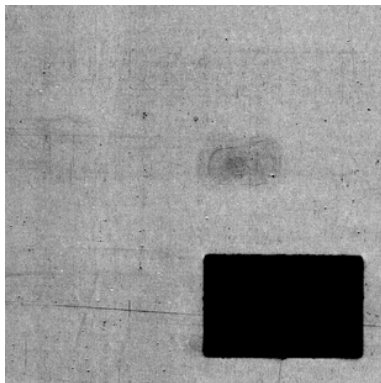
Die Technologiekette: Vom Licht zum Ergebnis

Schritt 1: Intelligente Beleuchtung - Defekte gezielt sichtbar machen

Der Schlüssel liegt in der Kombination zweier unterschiedlicher Beleuchtungsprinzipien, die simultan in separaten Farbkanälen erfasst werden:

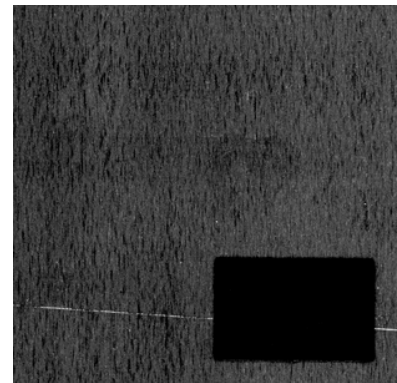
- **Hellfeldbeleuchtung (Blau, $\lambda = 452 \text{ nm}$)**

Die diffuse Hellfeldbeleuchtung beleuchtet die Oberfläche gleichmäßig und großflächig. Sie macht Verschmutzungen, Oxidationen und flächige Materialveränderungen sichtbar. Durch die blaue Wellenlänge wird diese Information im Blaukanal der Farbkamera erfasst.



- **Dunkelfeldbeleuchtung (Rot, $\lambda = 632 \text{ nm}$)**

Die fokussierte Dunkelfeldbeleuchtung wird so positioniert, dass nur Streulicht von Oberflächenunregelmäßigkeiten in die Kamera gelangt. Kratzer, Riefen, Dellen und strukturelle Defekte brechen das Licht und werden dadurch hell hervorgehoben – während die intakte, glänzende Oberfläche dunkel bleibt. Diese Information wird im Rotkanal erfasst.



Das Prinzip: Physikalische Trennung statt algorithmischer Kompensation

Durch die Verwendung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche werden beide Beleuchtungsarten simultan erfasst, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Jeder Farbkanal liefert spezifische Information über verschiedene Defektklassen – die physikalische Trennung erfolgt bereits bei der Aufnahme, nicht erst in der Software.

Die Technologiekette: Vom Licht zum Ergebnis

Schritt 2: Hochauflösende Bilderfassung

Für die Erfassung kommt eine hochauflösende Farb-Zeilenkamera zum Einsatz. Diese scannt die Oberfläche zeilenweise ab und erfasst dabei drei Farbkanäle simultan.

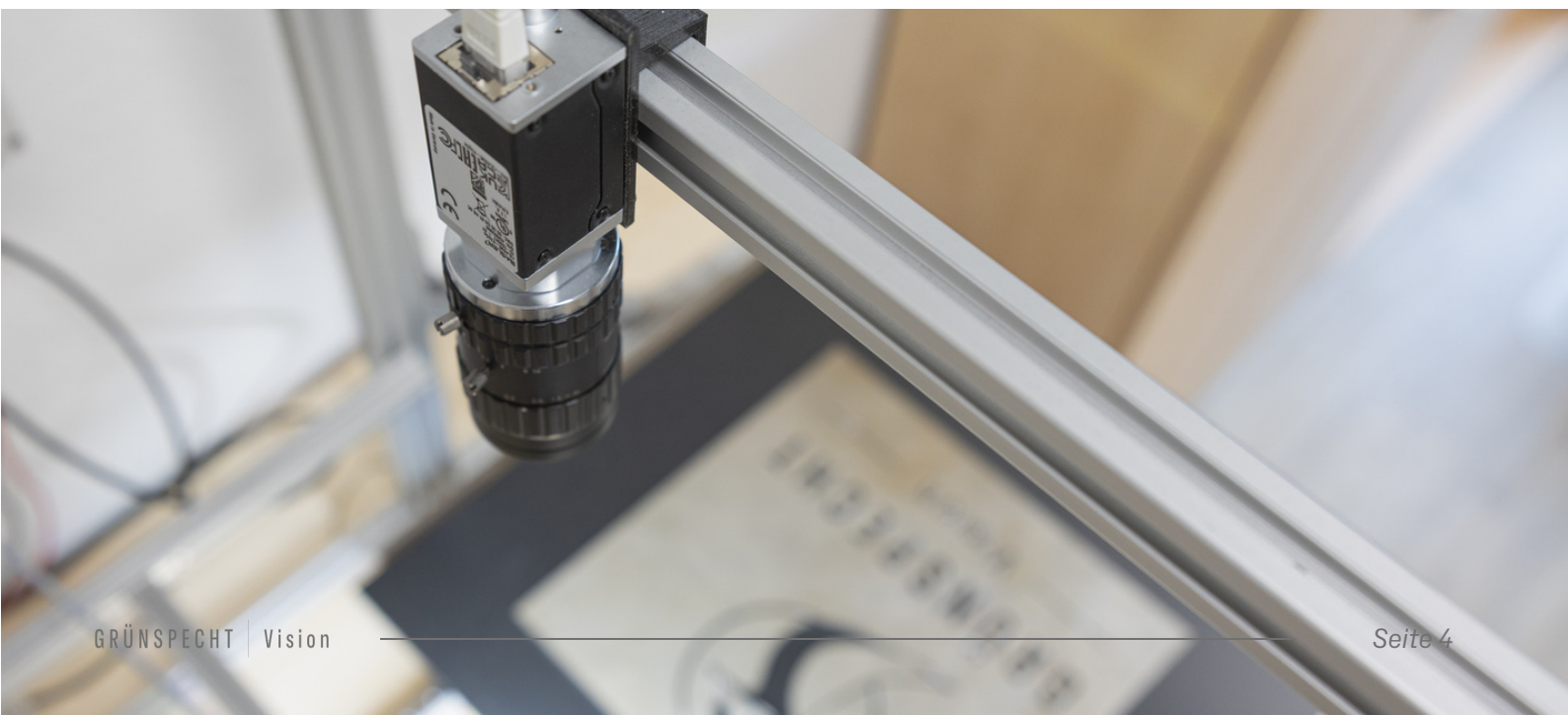
Technische Kernpunkte:

- Auflösung bis zu 25 µm pro Pixel – auch kleinste Defekte werden erfasst
- Synchronisierte Aufnahme mit definierter Transportgeschwindigkeit
- Vollständige Flächenerfassung ohne Verzerrungen Separate Farbkanäle für
- Hell- und Dunkelfeldbeleuchtung

Das Ergebnis:

Ein mehrschichtiges Bild, in dem verschiedene Defekttypen bereits messtechnisch getrennt vorliegen.

1. Der Rotkanal zeigt strukturelle Defekte wie Kratzer und Dellen.
2. Der Blaukanal zeigt flächige Veränderungen wie Verschmutzungen oder Oxidationen.
3. Der Grünkanal bleibt frei für weitere Beleuchtungskonzepte oder als Referenz.



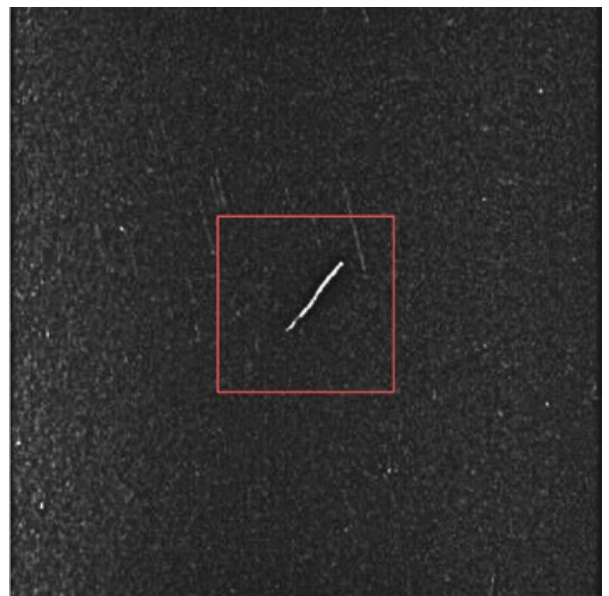
Die Technologiekette: Vom Licht zum Ergebnis

Schritt 3: KI-gestützte Auswertung - einfach, weil die Daten stimmen

Durch die optimierte Bildaufnahme wird die KI-gestützte Auswertung zur Klassifikationsaufgabe: Die Defekte sind bereits sichtbar und voneinander getrennt – die KI muss sie nur noch lokalisieren, klassifizieren und bewerten.

Der Prozess:

- 1 Detektion:**
Detektion: Moderne Deep-Learning-Modelle lokalisieren Auffälligkeiten in den Bilddaten
- 2 Klassifikation:**
Basierend auf Kanal, Form und Größe werden Defekte kategorisiert (Kratzer, Delle, Verschmutzung, etc.)
- 3 Bewertung:**
Kritische Defekte werden markiert und können für Qualitätsentscheidungen genutzt werden



kratzer_glänzende_oberfläche (Grünspecht Vision Labs GmbH)

Warum es funktioniert:

- Defekte haben klare Signaturen in den jeweiligen Kanälen
- Hohe Trainingseffizienz durch eindeutige Daten
- Robustheit gegenüber Umgebungsbedingungen
- Geringe Falsch-Positiv-Rate

Die Verfügbarkeit moderner KI-Frameworks und vortrainierter Modelle macht die Implementierung heute einfacher denn je, vorausgesetzt, die Eingangsdaten sind gut aufbereitet.

Praktische Ergebnisse

In einem aktuellen Projekt zur Prüfung von Edelstahlfolien für Fischer-Tropsch-Reaktoren wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Detektierte Defekttypen:

- Einzelne Kratzer und Kratzerscharen
- Lokale Verformungen (Dellen, Beulen)
- Verschmutzungen und Oxidationen
- Materialveränderungen

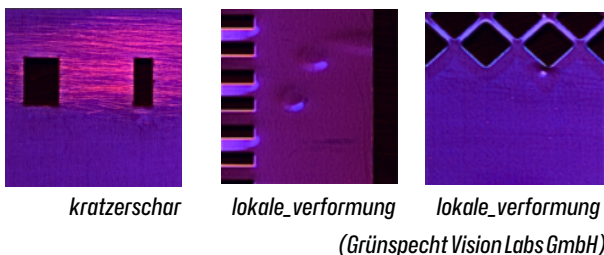
Performance:

- Detektionsgenauigkeit: >99%
- Auflösung: 25 µm/Pixel bei Blechgrößen bis 400 x 700 mm
- Prüfzeit: Vollständige Flächenprüfung in wenigen Sekunden

Die Kombination aus intelligenter Beleuchtung und KI-Auswertung ermöglicht eine Prüfung, die nicht nur schneller, sondern auch zuverlässiger ist als die manuelle Inspektion – bei gleichzeitiger Dokumentation aller Ergebnisse.

Ihr Weg zur automatisierten Prüfung:

Jede Prüfaufgabe ist anders – Materialeigenschaften, Defekttypen und Prozessanforderungen variieren. Deshalb evaluieren wir neue Anwendungen in unserem Laborprüfstand, bevor wir Systeme entwickeln.



Unser Ansatz:

- 1 Analyse Ihrer Prüfaufgabe und Mustermaterial
- 2 Entwicklung einer optimierten Beleuchtungs- und Aufnahmekonfiguration
- 3 Machbarkeitsnachweis mit realen Daten
- 4 Integration in Ihre Prozesskette – modular und skalierbar
- 5 Produktionsbegleitende kontinuierliche Verbesserung

Mit diesem Vorgehen minimieren wir technische Risiken und stellen sicher, dass die Lösung zu Ihrer Aufgabe passt.

Fazit

Die Qualität der Messtechnik bestimmt die Qualität der Ergebnisse. Durch die Kombination von Hell- und Dunkelfeldbeleuchtung in verschiedenen Farbkanälen werden Defekte auf glänzenden Oberflächen bereits bei der Aufnahme optimal dargestellt. Die KI-gestützte Auswertung wird dadurch nicht zum komplexen Problem, sondern zur effizienten Klassifikationsaufgabe. Moderne KI-Frameworks und vortrainierte Modelle sind heute leicht verfügbar – der entscheidende Wettbewerbsvorteil liegt in der Perfektionierung der Messtechnik. Genau hier setzen wir an.



kratzer_einzeln_edestahlfolie (Grünspecht Vision Labs GmbH)

Autor

Georg Lempe
CEO & Computer Vision Expert

Grünspecht Vision Labs GmbH
Würzburger Str. 14
01187 Dresden
+49 (0) 1578 614 7487
info@grunspechtvisionlabs.com
www.grunspechtvisionlabs.com



Grünspecht Vision Labs entwickelt KI-gestützte Computer-Vision-Lösungen für industrielle Anwendungen. Mit Fokus auf durchdachte Messtechnik und Edge-Computing-Systeme ermöglichen wir effiziente, zuverlässige Qualitätskontrolle in der Produktion.



GRÜNSPECHT
— Vision —