

Automatisierte Hygieneüberwachung: Eine Deep-Learning-Pipeline zur robusten und zuverlässigen Erkennung von Kolonien auf Agarplatten

Prof. Dr.-Ing. Oliver Wasenmüller, Technische Hochschule Mannheim

Die mikrobiologische Umweltüberwachung mithilfe von Agarplatten ist für die Gewährleistung der Sicherheit in medizinischen und pharmazeutischen Einrichtungen unerlässlich. Aktuelle Arbeitsabläufe, von der manuellen Koloniezählung bis hin zur klassischen Bildverarbeitung, sind nach wie vor kostspielig, arbeitsintensiv und fehleranfällig, während bestehenden Deep-Learning-Ansätzen die für die Hygieneüberwachung in der Praxis erforderliche Auflösung und Generalisierungsfähigkeit fehlt.

Das Herzstück der vorgestellten Methode [1], die auf einer standardisierten, hochauflösenden Bildaufnahme unter kontrollierten Beleuchtungsbedingungen basiert, ist unser PLG-ViT, ein maßgeschneidertes Vision-Transformer-Backbone in Kombination mit unserem AttnPAFPN-Feature-Aggregationsnetzwerk und einem leistungsstarken Erkennungskopf. Bei der Bewertung anhand öffentlicher und proprietärer Datensätze erreicht das System eine Erkennungsgenauigkeit (mAP50) von über 96 % und übertrifft damit aktuelle State-of-the-Art-Architekturen wie Faster R-CNN (~85 %) deutlich.

Eine zentrale Herausforderung in diesem Bereich ist die Datenknappheit. Wir begegnen dieser Herausforderung durch ein Grounded Diffusion Model [2], das kontextsensitive, realistische Koloniebilder generiert und so ein umfassendes Vortraining des Transformers mit minimalen realen Daten ermöglicht. Mit nur 25 annotierten Bildern erreicht unser Ansatz 70 % mAP50 gegenüber 37 % ohne synthetische Daten; bei 100 Bildern liegt die Genauigkeit bei über 90 %.

Die Methode integriert zudem Explainable AI (XAI) und Post-hoc-Kalibrierungsmethoden [3], um zuverlässige Konfidenzschätzungen und interpretierbare Vorhersagen zu gewährleisten; entscheidende Voraussetzungen für den produktiven Einsatz in regulierten industriellen Umgebungen.

[1] Nikolas Ebert, Didier Stricker, and Oliver Wasenmüller. "Transformer-based Detection of Microorganisms on High-Resolution Petri Dish Images." In: International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW). 2023.

[2] Nikolas Ebert, Didier Stricker, and Oliver Wasenmüller. "Enhancing robustness and generalization in microbiological few-shot detection through synthetic data generation and contrastive learning." In: Elsevier Computers in Biology and Medicine. 2025.

[3] Nikolas Ebert, Didier Stricker, and Oliver Wasenmüller. "Efficient Post-hoc Calibration in Object Detection without Held-Out Data." In: International Conference on Pattern Recognition (ICPR). 2026.