

Automatisches CT-System mit integrierter Auswertung

Dr. Michael MAISL^{*}, Dr. Felix PORSCH^{*}, Markus REHAK^{**}, Andreas GELZ^{***}

^{*} Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik, Campus E3.1 D 66123 Saarbrücken

^{**} Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik, Dr.-Mackh-Str. 8, D-90762 Fürth

^{***} Fa. Q NET Engineering GmbH Altenkessler Str. 17-B6, D-66115 Saarbrücken

Kurzfassung. Im Beitrag wird ein CT- System mit automatischem Probenwechsler und automatischer Bildverarbeitung vorgestellt. Das CT-System ist geeignet eine größere Zahl von Proben automatisch zu scannen und mittels 3D-Bildverarbeitung zu bewerten. Es findet Einsatz bei der Prozesskontrolle der Produktion von Zuckerrübensamen. Hierbei werden Samen in Probengehälter gefüllt, aus dem Gemenge analysiert und statistisch ausgewertet. Die Qualitätssicherung der Prüfergebnisse erfolgt automatisch anhand von Referenzproben und Qualitätsregelkarten.

Einleitung

In den Entwicklungs- und Qualitätssicherungslaboren der Automotivindustrie hat sich die Röntgen-Computertomographie (CT) als Standardanalyseverfahren etabliert. Dort werden in der Regel Stichproben untersucht, wobei die Volumen visuell aber auch teilweise mit Hilfe von Auswerteprogrammen analysiert werden. Für die Prüfung von Serienbauteilen aus Leichtmetallguss kommen erste Inline CT-Systeme mit vollautomatischer Bildverarbeitung zum Einsatz [1,2]. Die automatische Auswertung der Volumendaten erfolgt anhand von Qualitätsvorschriften sowie der CAD-Daten, die für die automatische Bildverarbeitung in ein Regelwerk umgesetzt werden. Von Vorteil ist dabei auch, dass Artefakte ortsfest im Volumen auftreten und so durch geeignete Maßnahmen in der Auswertung kompensiert werden.

Produkte der Agrarwirtschaft werden häufig zerstörungsfrei mittels optischer Bildverarbeitung zu 100% geprüft, wie zum Beispiel bei der vollautomatischen Sortierung von Äpfeln. Das variable Aussehen der Agrarprodukte erfordert im Vergleich zu industriell gefertigten Produkten an variables Aussehen adaptierte Auswertelgorithmen.

Die Zuckerrübe ist ein bedeutendes Agrarprodukt der gemäßigten Breiten. Das jährliche Produktionsvolumen weltweit beträgt ca. 240 Mio. t im Vergleich zu 300 Mio. t Weizen oder Kartoffeln, wobei der Produktionsanteil für Europa ca. 110 Mio. t beträgt. Mit Hilfe von Züchtung konnte der Zuckergehalt Anfang des 19. Jahrhunderts von ca. 8% bis heute auf über 20 % gesteigert werden. Die Zuckerrübe gewinnt zunehmend an Bedeutung als nachwachsender Rohstoff für die Energiegewinnung für die Erzeugung von Bioethanol oder Biogas.

Die Produktion von Saatgut für die Zuckerrübe ist sehr anspruchsvoll und die Anforderungen an die Qualität sehr hoch. Infolge des komplexen Aufbau des Rübensamens besteht die Notwendigkeit Röntgenprüftechnik einzusetzen. Über die Anwendung der Röntgenprüfung in der Produktion von Saatgut wird im Folgenden berichtet.



Produktion von Saatgut

Rübensamen werden mit Saatmaschinen im gleichmäßigen Abstand in Reihen auf dem Feld ausgesät. Einen optimalen Feldertrag erreicht man nur bei vollständigem Feldaufgang und bei gleichmäßigem Keimen des Samens. Ungleichmäßige Keimung und fehlende Pflanzen in der Reihe führen zu geringerem Ertrag. So nehmen große Pflanzen kleinen Pflanzen das Licht und freie Stellen bieten Wildkräuter die Möglichkeit sich auszubreiten. Gutes Saatgut zeichnet sich daher u.a. durch hohe Keimfähigkeit und gleichmäßiges Wachstum aus.



Abbildung 1: Zuckerrübensamen

Abbildung 1 zeigt Zuckerrübensamen bei Anlieferung. Die Samen haben stark unterschiedliche Form und Größe.

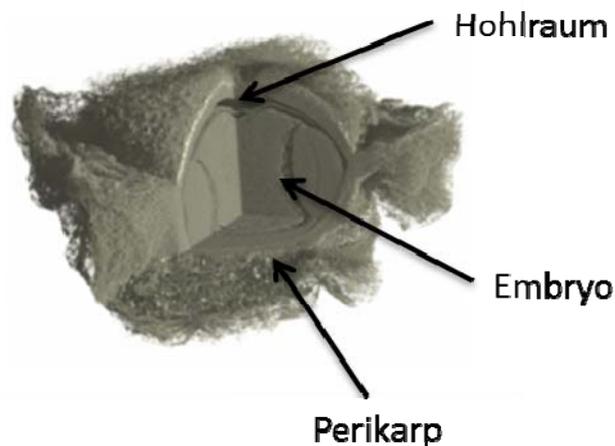


Abbildung 2: CT-Rekonstruktion eines Zuckerrübensamens (Rohware)

In Abbildung 2 ist der Aufbau eines ca. 4 mm großen Samens mittels 3D-CT dargestellt. Der Embryo ist von einer festen Hülle (Perikarp) wie eine Nuss in der

leerer Samen sowie volle Samen erkennbar. Für den Prüfablauf ist ein Bediener erforderlich, der die Samen in den Scheibenstapel vereinzelt und die CT-Anlage bedient.

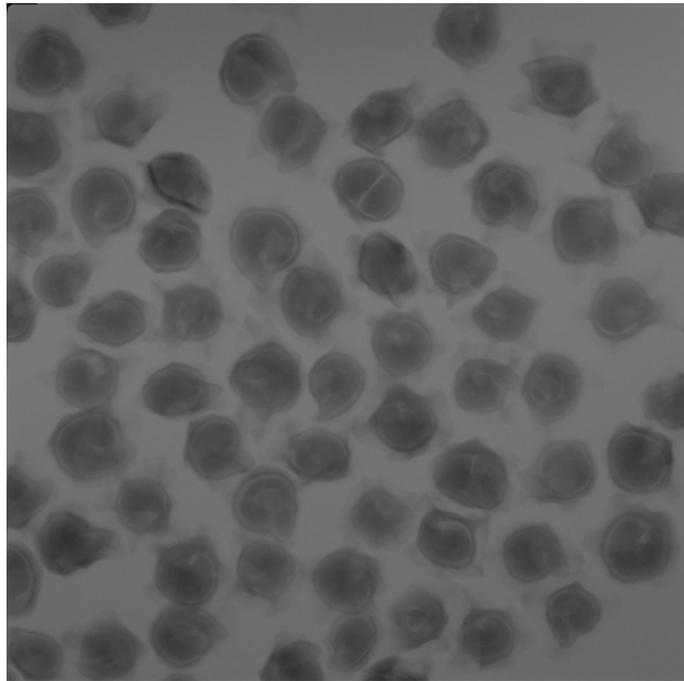


Abbildung 4: Durchstrahlungsprüfung von Rübensamen

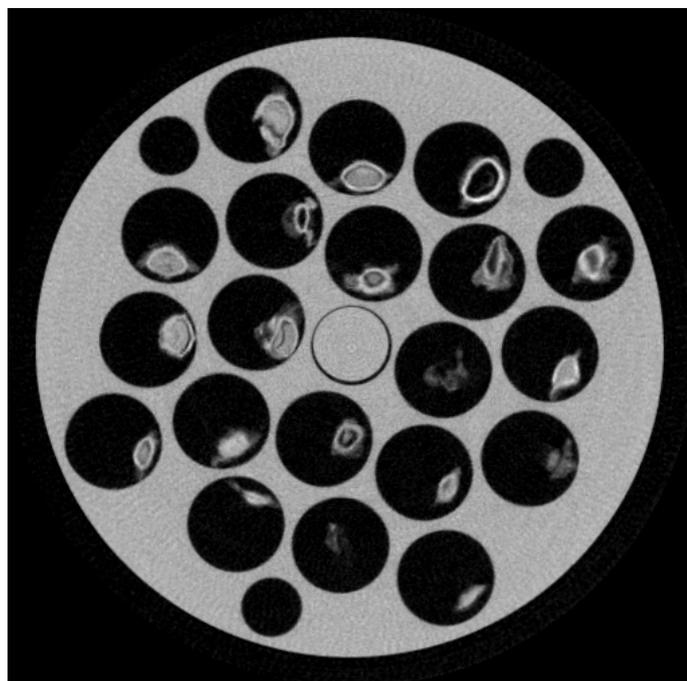


Abbildung 5: CT-Schnitt durch Lochscheibe mit Rübensamen [3]

Vollautomatisches CT-System

Zur Charakterisierung von Rübensamen wurde ein CT-System für einen vollautomatischen Betrieb mit einem Probenwechsler ausgerüstet. Anforderungen an das System sind:

- Geringe Probenpräparation
- Einfache Bedienung
- Hoher Probendurchsatz
- Automatische Bildverarbeitung
- Dauerbetriebsfestigkeit
- Integrierte Qualitätssicherung

Aufbau

Das CT System ist in einem Röntgenschrank untergebracht. Es besteht aus einer geschlossenen 50 kV Mikrofokusröhre, einem Drehtisch sowie einem Flat Panel Detektor mit 1024 x 1024 Bildpunkten. Die Proben werden auf ein Tablett im Inneren des Schrankes platziert. Das Wechseln der Proben erfolgt mit einem Portalroboter mit 3 Achsen und einem Greifer. Die Rechentechnik ist in der unteren Schrankhälfte untergebracht. Abbildung 6 zeigt den CT-Automat „Seedinspector“



Abbildung 6: CT-Automat „Seedinspector“

Bedienung

Eine einfache Bedienung wird durch den Workflow (Abbildung 7) und die Benutzeroberfläche sichergestellt.

Die Samen werden in eine Kunststoffdose gefüllt und auf eine Trägerplatte gestellt. Mittels eines Barcodescanners werden die Lage auf dem Träger und die Nummer des Trägers sowie die Probennummer erfasst. Diese Daten werden in eine Datenbank gespeichert.

Nach der Eingabe der Trägernummer des zu prüfenden Tablett werden die Bestückung des Trägers sowie die Prüfparameter auf einem Display angezeigt. Nach Bestätigung der Prüfparameter startet die automatische Prüfung der bis zu 60 Proben. Die Proben werden der Reihe nach geprüft und die Volumen automatisch ausgewertet. Im

Anschluss an die Prüfung wird das Prüfergebnis in Form einer Tabelle und zusätzlich je nach Prüfauftrag das Volumen der Probe und die segmentierten Teilvolumen gespeichert.

Die Qualitätssicherung der Anlage erfolgt automatisch anhand von Referenzproben, die zu vorgegebenen Intervallen in den Prüf Ablauf eingeschleust werden. Die Qualität der Prüfung wird anhand von Kennwerten ermittelt, die in einer Qualitätsregelkarte protokolliert werden. Entsprechend den Kennwerten der Überprüfung wird die Messung abgebrochen oder die Messung nach einer automatischen Justage wiederholt.

Die Prüfung eines Trägers kann unterbrochen werden, um z.B. andere wichtige Messung kurzfristig durchzuführen. Anschließend kann mit die Prüfung des teilweise geprüften Trägers fortgesetzt werden.

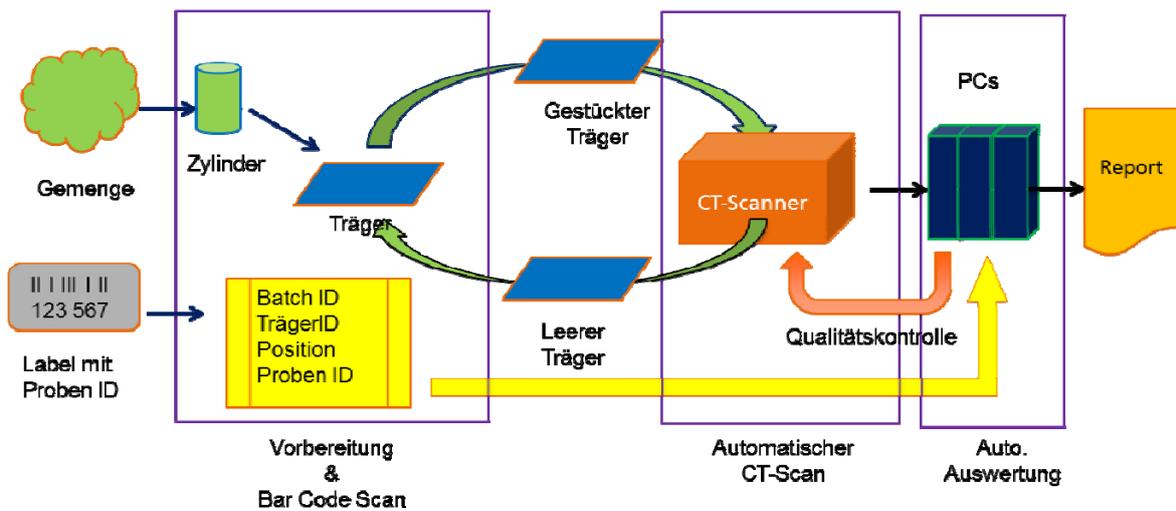


Abbildung 7: Workflow

Automatische Bildverarbeitung

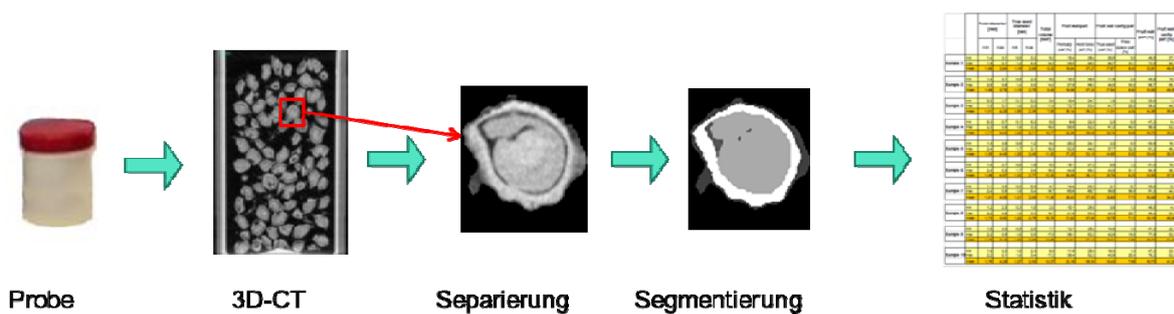


Abbildung 8: Schematischer Ablauf der Bildverarbeitung

Die automatische Bildverarbeitung besteht aus den Schritten Detektion und Entfernung der Dose vom Probenvolumen, Detektion und Vereinzeln der Samen und Segmentierung der Samen. In Abbildung 8 sind die einzelnen Schritte schematisch dargestellt.

Da Dose und Samen mit vergleichbaren Grauwerten rekonstruiert werden, erfolgt die Detektion der Dose mittels Templatematching. Die Dose wird dann per Bildverarbeitung aus dem Volumen entfernt.

Die einzelnen Samen werden mittels einer Distanztransformation und einer folgenden Wasserscheidentransformation detektiert. Nach der Vereinzelung werden die Bestandteile Perikarp, Embryo und Leerraum ermittelt. Die Segmentierung eines Samens erfolgt in den Schritten Detektion und Entfernen des Hartkörpers und Klassifikation der Bestandteile. Mittels Binarisierung und Anwendung von morphologischen Operatoren wird der Hartkörper detektiert und aus dem Grauwertvolumen entfernt. Anschließend erfolgt die Auswertung der einzelnen Bestandteile nach geometrischen Parametern wie minimale und maximale Durchmesser, Dicke des Hartkörpers oder Volumen des Embryos. Insgesamt werden bis zu 15 geometrische Parameter berechnet.

Zusammenfassung

Der CT-Automat „Seedinspector“ dient der Qualitätssicherung im Produktionsprozess von Zuckerrübensamen. Er liefert wichtige Parameter für die weiteren Produktionsschritte und die Qualitätssicherung. Das CT-System ist mit einem Portalroboter für den automatischen Wechsel der Proben ausgestattet. Infolge des flexiblen Systemkonzepts ist der CT-Automaten für die Untersuchung auch anderer Bauteile durch Adaption von Quelle und Geometrie geeignet. Anhand von Referenzproben erfolgt eine automatische Qualitätssicherung der Anlage, die Ergebnisse dieser Prüfung werden in Form von Kennzahlen in Qualitätsregelkarten dokumentiert.

Referenzen

- [1] A new concept for high-speed atline and inlineCT for 100% mass production process control; Brunke, O. et al; 18th World Conference on non destructive testing, Durban, 2012
- [2] Prozessintegrierte Gussteilprüfung mit Inline-Computertomographie. Oeckl, S.; DGzFP Jahrestagung 2010, Erfurt, 2010
- [3] Process Monitoring using three dimensional computed tomography and automatic image processing; Maisl, M. et al, ECNDT 2006, Berlin 2006