

## Von der Prüfaufgabe zur maßgeschneiderten digitalen Systemlösung

Dipl. Ing. Hajo Schulenburg, VisiConsult GmbH, Lübeck

Die Anwendung der industriellen Röntgentechnik ist vielfältig. Diese Technologie wird in diversen Bereichen eingesetzt. Beispielhaft seien folgende genannt:

- Schweißnähte
- Gussteile
- Reifen
- Zivile Sicherheit
- Lebensmittel
- Prozesskontrolle
- Rüstung
- Luftfahrt, u.v.m.

Das aufgezeigte Spektrum lässt erkennen, dass es keine pauschale „Rezeptur“ für die Durchführung dieser Prüfaufgaben geben kann. Der Weg zur erfolgreichen Anlagenimplementierung stellt sich aus unserer Sicht wie folgt dar:

1. Aufnahme des Lastenheftes
2. Auswahl des Bildaufnahmesensors
3. Röntgenapplikation
4. Visuell/ADR (Automatische Fehlererkennung) ?
5. Auswahl der Mechanik
6. Angebot
7. Auftrag
8. Auslieferung
9. Abnahme entsprechend Lastenheft
10. Schulung
11. After Sales Service

Die Schritte 1 bis 5 werden erfahrungsgemäß iterativ durchlaufen, um Zielkonflikte zu vermeiden (z. B. weil das Budget bei gewünschter Taktzeit überschritten wurde).

### 1. Aufnahme des Lastenheftes

Der Kunde kommt mit mehr oder weniger genauen Vorstellungen für die durchzuführende Prüfaufgabe zum Anlagenhersteller. Randbedingungen sind:

- Normen, Prüfvorschriften
- Taktzeiten
- Größen, Gewichte der Prüfteile
- Budget
- Maximale Abmessungen eines Prüfplatzes
- Gewünschter Materialfluss

### 2. Auswahl des Bildaufnahmesensors

Es stehen eine Reihe von Aufnahmesensoren bzw. Bildquellen zu Verfügung

- CR – Folien
- Flächendetektoren
- Bildverstärker
- Zeilendetektor

Der Kunde sollte bei der Wahl seines potentiellen Neuanlagenlieferanten darauf achten, dass wirklich alle verfügbaren Technologien durch die Bildverarbeitungssoftware betrieben werden können. Falls das nicht der Fall ist, kann es in der Regel keine unvoreingenommene Auswahl des verwendeten Detektors geben und damit einhergehend keine optimale Beratung des Kunden.

### 3. Röntgenapplikation

Die Normen und Prüfvorschriften, angewendet auf die vorliegenden Prüfteile, sind der wichtigste Punkt für die

zu realisierende Prüfaufgabe. Um diese Forderungen zu verifizieren wird eine Machbarkeitsstudie (Applikation) an Musterteilen durchgeführt. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, neben realen Fehler auch Musterteile mit vermessenen künstlichen Fehlern vorliegen zu haben. Bei der durchgeführten Applikation müssen ebenfalls die weiteren Randbedingungen, wie z.B. Taktzeit und Materialfluss berücksichtigt werden. Es macht z.B. keinen Sinn, die Applikation mit CR-Folie und einer Auflösung von 25 µm Pixelgröße durchzuführen wenn von vornherein schon klar ist, dass die Anlage Teile im Sekundentakt verarbeiten muss.

Die vorliegenden dokumentierten Messergebnisse werden anhand der ausgewerteten Röntgenbilder der bekannten Musterteile zusammen mit dem Kunden eingehend besprochen.

### 4. Visuell oder ADR?

Falls es sich um eine automatische Fehlererkennung (ADR) handelt, muss an dieser Stelle unbedingt das Thema Pseudoausschussrate und Grenzfehler erörtert und dokumentiert werden. Pseudoausschuss sind Fehlentscheidungen des ADR Systems, vornehmlich durch Eigenstruktur der Teile oder Greifer verursacht. Grenzfehler sind Fehler, die direkt an der Entscheidungsgrenze der Fehlerspezifikation liegen. Diese Fehler können bei mehrmaligem Anlagendurchlauf zu 50 % als Gut oder Ausschuss detektiert werden.

Bei visuellen Prüfplätzen fallen die oben genannten Randbedingungen weg. Dort geht es nur um die visuelle Erkennbarkeit der interessierenden Details. Dabei ist die Komponente Mensch einerseits als Unsicherheitsfaktor, andererseits aber auch als intelligenter, selbstlernender Anlagenbestandteil zu verstehen.

Die Unsicherheit besteht zum Einem in der „Exemplarstreuung“, d.h. Operator A entscheidet eventuell anders als Operator B und zum Anderem in der Varianz der Entscheidung durch den gleichen Operator. Als Faktoren dafür sind exemplarisch genannt: Ablenkung, Müdigkeit, Konzentration, Druck durch Akkordvorgaben...

### 5. Auswahl der Mechanik

Die Auswahl der Mechanik wird durch verschiedene Randbedingungen beeinflusst. Je nach Anwendung kommen in Frage:

- Keine Maschine - Freiluftaufnahme/Sperrbereich
- Nur Aufnahmeschrank mit statischem Teilehalter
- Durchlaufanlage z.B. für eine Zeilenanwendung
- N-Achs-Manipulator mit Handhabung des Teiles oder des bildgebenden Systems.
- Roboter für Teilehandling.

Die größten Einflüsse entfallen bei der Wahl der Mechanik auf:

- Positioniergeschwindigkeit
- Positioniergenauigkeit
- Prüfung in Bewegung
- Teilgewicht
- Teilewechselzeiten
- Visueller Prüfplatz oder ADR

## 6. Angebot

Alle vorliegenden Betrachtungen, speziell das Ergebnis der Applikation und die Liste der Prüfteile sind als Anlage zum Angebot zu sehen. Diese werden automatisch Bestandteil des Auftrages. In diesem Bereich werden erfahrungsgemäß am Markt die meisten Fehler gemacht. Bei visuellen Prüfplätzen ist dieser Punkt nicht ganz so kritisch, weil Fehlererkennbarkeiten im wesentlichen von dem Operator abhängen, sofern die Strahler-Detektoreinheit (Fokusgröße, Strom, Hochspannung) die geforderten Auflösungen und Durchdringungen erbringen.

Bei vollautomatischen Prüfplätzen können Erwartungen und Realitäten unter Umständen weiter auseinander klaffen. Es muss schon während der Angebotsphase klar sein, dass es Pseudoausschussraten > 0 geben kann und dass eine ADR-Anlage durch geschultes Fachpersonal betreut werden muss.

Weiterhin müssen die Abnahmekriterien für diese Anlage schon in der Angebotsphase klar definiert sein, um späteren Differenzen vorzubeugen. Dort sollte u.a. beschrieben sein:

- Anzahl der Prüfteile für die Abnahme
- Wieviel % Pseudoausschuss ist erlaubt ?
- Wie definieren sich Grenzfehler ?
- Wie wurden echte Ausschussteile durch Operator ermittelt ?
- Wieviel Schlupf „echter“ Ausschuss als Gut ist erlaubt?
- Anlagenverfügbarkeit
- Taktzeit inkl. Teilwechsel
- Taktzeit von Position zu Position
- In welchen Zustand befindet sich das Prüfteil (Gießgrat, Späne ....)

## 7. Auftrag

Entsprechend dem Angebot sollte der Auftrag erteilt werden. Es ist sinnvoll schon während der Auftragsabarbeitung Projektmanager auf Käufer und Verkäuferseite zu benennen, um Fragen und Anforderungen möglichst ohne Zeitverzug klären zu können. Denn selbst bei bester Vorbereitung kommt es immer wieder zu bisher nicht betrachteten Problemstellungen.

## 8. Auslieferung

Sinnvoll ist eine Vorabnahme der Anlage beim Hersteller. Dies ist leider nicht immer möglich, da z.B. der Strahlenschutz erst beim Endkunden realisiert wird oder die Anlage in einem verketteten Gesamtsystem montiert wird.

## 9. Abnahme entsprechend Lastenheft

Die Abnahme wird nach der im Angebot definierten Abnahmeprozedur durchgeführt. Hier zeigt sich in wie weit sich der Verkäufer, aber auch der Käufer mit der Anlagenproblematik im Vorfeld auseinandergesetzt haben.

## 10. Schulung

Eine umfassende Schulung ist der letzte Schritt zum erfolgreichen Anlagenbetrieb. Eine Schulung ist nicht nur eine Bringschuld des Anlagenlieferanten. Es ist ebenso der Kunde gefordert, indem er die Teilnehmer sorgfältig auswählt. Gerade bei ADR-Anlagen muss dem Betreiber der Anlage klar sein, dass der Operator in der Lage sein muss theoretische Gegebenheiten zu erfassen und umzusetzen. Ein DR2-Röntgenkurs sollte die Grundvoraussetzung sein.

Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass der Master-Operator auch Zeit und genug Kompetenzen erhält, um produktionstechnische Randbedingungen zu ändern. D.h. er muss auch vorgelagerte Verarbeitungsschritte durch Weisung beeinflussen können (z.B. Veränderung von Gießstempeln), um die Materialzufuhr zu optimieren.

Fehlt dem Master-Operator diese Befugnis baut sich sehr schnell Frustration auf, die meistens nach kurzer Zeit zu einem Verlust des Mitarbeiters führt (Versetzung, Kündigung). Der wirtschaftliche Schaden ist immens. Er trifft meistens Käufer und Verkäufer gleichermaßen. Der Käufer wird die Position des Master-Operators mit einem angelernten Mitarbeiter neu besetzen. Damit beginnt die gesamte Lernkurve wieder von vorn. Der Verkäufer muss massiv personelle Unterstützung geben (Nachschulung), um die Anlage optimal zu betreuen.

## 11. After Sales Service

In der Zeit nach der Inbetriebnahme sollte der Verkäufer einen kompetenten Service bereitstellen. Dazu gehört natürlich die Wartung der Anlagenkomponenten. Genauso wichtig ist es, den Benutzern stets Hilfestellung in der Bedienung der Anlage geben zu können. Der Käufer kann in der vernetzten Welt eine internetbasierte Onlinehilfe erwarten. D.h. durch Internetkommunikation lassen sich Röntgenbilder, Fehlerprotokolle und Desktopbewegungen in Echtzeit austauschen. Damit ist eine zeitnahe Fehlerbehebung bzw. eine Nachschulung gewährleistet.

Die vorstehenden Punkte behandeln die Erstellung einer Röntgensystemlösung über den gesamten Projektverlauf. Nachfolgend werden zwei Projekte beispielhaft aufgeführt.

### Projekt A: Vom Film zur Digitaltechnik

Kunde A führt seit Jahren Stichprobenuntersuchungen an seinen Prüfteilen durch. Er hat einen Aufnahmeschrank mit Röntgenröhre, Teiletblett und Filmhalter.

Der Wunsch ist, den Film durch eine chemielose Technologie zu ersetzen, das Budget ist begrenzt. Die Röntgenröhre und der Generator sind noch intakt und nicht abgeschrieben.

#### Lösung:

Wir bieten dem Kunden ein CR-System XplusCR an. Damit kann er bei Weiterverwendung seiner vorhandenen Komponenten (Röhre, Generator, Schrank) auf die chemielose CR-Technik umsteigen. Nach einer Übergangszeit wird der Kunde unter Verwendung eines Zeilendetektors auf eine 100%-Prüfung umsatteln. Das XplusCR kann dann als XplusLDA (für Zeilenkamera) weiterverwendet werden. Hier wird klar, wie nützlich es ist, wenn die verwendete Bildverarbeitung mit allen gängigen Technologien zusammenarbeitet.

### Projekt B: Mobile CR – Lösung für die Entschärfung

Kunde B (Bundespolizei) setzt derzeit Polaroidfilm zur Untersuchung von Fundgepäckstücken ein. Diese Filme werden hinter dem zu untersuchenden Gepäckstück platziert. Ein tragbare Blitzröhre (Typ Golden) belichtet den Film. Nach einigen Minuten kann der Film vom Entschärfer begutachtet werden. Da die Polaroidfilme nicht mehr hergestellt werden, musste eine neue Technologie her.

#### Lösung:

Mit dem XplusSecurity bieten wir dem Kunden ein spezielles System für die Entschärfungsaufgabe. Die gelieferte Softwarelösung entstand in enger Kommunikation mit



den zukünftigen Nutzern. Es wurden zwei Workshops in den Räumen der VisiConsult abgehalten, um eine optimale Lösung für die Bundespolizei zu erarbeiten. Das Ergebnis der Workshops war das Pflichtenheft für die Realisierung der Software/Hardwarelösung. Die Durchlaufzeit dieses Projektes, von der Definition bis zur Auslieferung, betrug weniger als drei Monate.

#### Zusammenfassung:

Der Kunde kann heute bei der richtigen Auswahl des Anbieters nicht nur Systeme „von der Stange“ erwarten, sondern wird auch schon vor Grundsteinlegung des Systems in die Planungen und Risikobetrachtungen einbezogen.

Durch die Möglichkeit mit einem Bildverarbeitungssystem alle gängigen Röntgendetektoren zu betreiben, ergibt sich erstmalig eine Wiederverwendbarkeit von Softwaresystemen beim Wechsel des Detektors.

#### Über den Autor

Dipl. Ing. Hajo Schulenburg, Jahrgang 1961, absolvierte eine Lehre als Energieanlagenelektroniker und studierte anschließend technische Informatik an der FH Lübeck.

Von 1992 – 2002 war er für die Bildverarbeitung der Firma Rich. Seifert Ahrensburg verantwortlich.

Seit 2003 entwickelt und vertreibt er als Geschäftsführer der VISICONSULT in Lübeck Bildverarbeitungssysteme für die industrielle Röntgentechnik.

E-mail: [h.schulenburg@visiconsult.de](mailto:h.schulenburg@visiconsult.de)