48. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium
Technische Universität Ilmenau
22.-25. September 2003

Dr.-Ing. S. Rauer / Dipl.-Ing. A. Graf

BV-System zur visuellen Qualitätskontrolle in der Brikettfertigung

Die RWE Rheinbraun AG, bedeutender Hersteller von Braunkohlebriketts, suchte nach einem vollautomatischen Inspektionssystem für Brikettbündel. Das Inspektionssystem wurde von uns in einem Zeitraum von zwölf Wochen entwickelt und aufgebaut. RWE Rheinbraun prüft derzeit ca. 1000 Pakete pro Stunde. Die Linie fördert die Brikettpakete mit einer Geschwindigkeit von 0,6 m/s durch die Prüfanlage. Das Auswerten eines Paketes dauert etwa 700 ms.
Die vom Kunden an die Inspektionsanlage gestellten Erwartungen wurden vollständig erfüllt. Die Inspektionszelle (Bild 1.1) hilft RWE Rheinbraun die Qualität der Brikettfertigung zu quantifizieren und bringt Transparenz in den technologischen Ablauf. Ziel des Anwenders ist die weitere Vervollkommnung der Technologie und die Sortierung der Brikettbündel in verschiedene Qualitätsklassen.

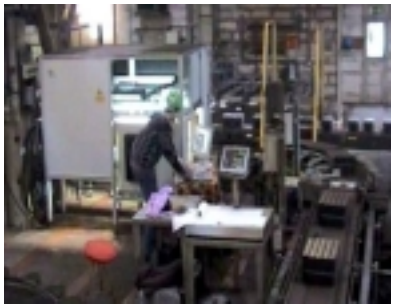

Bild 1.1: Installation der Inspektionszelle in der Produktionshalle
Bild 1.2: Umhausung für eine Kamera, Laser für die Linienprojektion
Bild 1.3: Visualisierung des Prüfergebnisse auf dem Monitor des Master-PC’s

Messaufgabe

Nach dem Pressen werden die Einzelbriketts geschichtet, gebunden und mittels Transportbändern dem Palettierer zugeführt. Vor dem Palettierer sind die Pakete hinsichtlich folgender Fehler zu inspizieren:
- ausgebrochene, fehlende und verdrehte Brikettköpfe auf der Paketoberseite,
- abgebrochene Brikettköpfe in der unteren Paketumrandung,
- schräg sitzende Umfassungsbänder.

Die in den Produktionsprozess zu integrierende Inspektionszelle musste sich für die rauen Umgebungsbedingungen, im Wesentlichen allgegenwärtiger Kohlenstaub (Bild 1.2), in der Brikettfertigung eignen und im 3-schichtigen Produktionsbetrieb störungsfrei laufen. Eine wichtige, zu berücksichtigende Produkteigenschaft war das stark differierende Reflexionsverhalten der Glanzhaut auf den Brikettköpfen. Je nach Formenverschleiß und Transportbeanspruchung reichte deren Aussehen von stark glänzend bis matt. Das

Beleuchtungskonzept musste diese große Varianz der Oberflächeneigenschaften berücksichtigen.

Inspektionszelle

Ein Grundgestell aus Aluminiumprofil nimmt die Messtechnik auf. Gegen Kohlenstaub von außen und Fremdlichteinflüsse (Hallenbeleuchtung, Tageslicht) schirmt eine Verkleidung mit Verbundplatten ab. Zwei Sichtfenster aus getönten Acrylglasscheiben bieten einen Einblick in die Messzelle. Der Verschmutzungsgrad kann visuell eingeschätzt werden. Störungen durch verkantete Pakete werden schnell erkannt. Der Schaltschrank für die benötigte Rechentechnik und Elektronik wurde in die Zelle integriert. Umgebungstemperaturen von 30°C im Sommer erfordern die Kühlung des Schrankes. Zum Einsatz kam ein Wärmetauscher, dessen Zweikreiskühlsystem das Eindringen von kohlenstaubhaltiger Luft in den Schaltschrank nicht zulässt.

Bildverarbeitungssystem

Fünf Matrixkameras (Bild 2) erfassen folgende Regionen des Brikettbündels: Kamera 1 betrachtet die Oberseite. Kamera 2 und 3 nehmen Bilder von den langen Seitenflächen auf. In allen drei Ansichten erfolgt die Beleuchtung im diffusen Auflicht mit Leuchtstofflampen (Brandschutzklasse FF).
Um die Ausbrüche in den Außenlagen der Unterseite des Pakets zu finden, wird eine das Brikettpaket umfassende Laserlinie (Laserschutzklasse 3R) auf das Paket projiziert. Die zugehörigen Kameras 4 und 5 sehen Ausbrüche als Unterbrechungen der Laserprojektion.
Zur Anwendung kommen moderne, in staubdichten Schutzgehäusen montierte FireWire-Kameras. Schutzscheiben verschließen die Sichtfenster der Kameras. Zur Kühlung und um das Eindringen von Kohlenstaub zu verhindern, werden die Kameragehäuse von Druckluft durchspült.
Eine Lichtschranke signalisiert ein im Messbereich eingetroffenes Brikettbündel und löst die synchrone Bildaufnahme aller Kameras aus. Das Bildverarbeitungssystem umfasst zwei leistungsfähige Rechner, ausgerüstet mit 2,2 GHz-Prozessoren. Digitale Ein- und Ausgänge sichern einen schnellen Informationsaustausch mit der Steuerung der Brikettlinie.

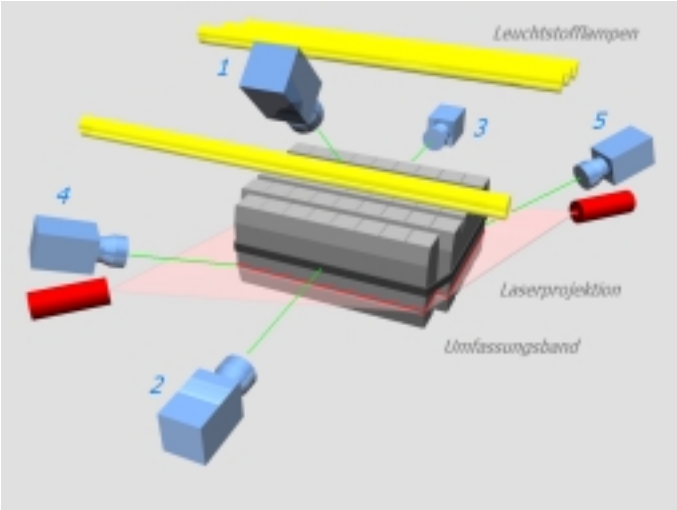

Bild 2: Anordnungen der Kameras und Lichtquellen in der Prüfzelle

Software

Die Software wurde mit Microsoft Visual C++ 6.0 für das Betriebssystem Microsoft Windows 2000 entwickelt. Sie umfasst die Hardwaretreiber, eine Nutzerverwaltung, eine Ergebnisvisualisierung und –protokollierung sowie die Steuerung des zeitlichen Ablaufs der Prüfungen. Ein Statistikmodul sammelt die Daten über die Gesamtheit der geprüften Brikettpakete und die gefundenen Fehler. Die grafische Darstellung deren Häufigkeitsverteilung erlaubt einen schnellen Überblick über die Qualität der Fertigung.
Für jede Prüfaufgabe existieren spezifische Algorithmenmodule zur Bewertung der aufgenommenen Bilder. Der Algorithmus zur Prüfung der Oberseite (Kamera 1, Bild 3.1) separiert die einzelnen Briketts, rekonstruiert das Paketraster und bewertet die Brikettköpfe. Im Ergebnis können verdrehte, ausgebrochene und fehlende Briketts detektiert werden. Den Abschluss der Auswertung bildet die Visualisierung der Ergebnisse (Bild 1.3). Das gefundene Brikettraster wird in das Kamerabild eingezeichnet und fehlerhafte Köpfe werden gekennzeichnet.
Die Auswertung der Bilder der seitlichen Kameras 2 und 3 (Bild 3.2) liefert die Lage der Oberkante des Umfassungsbandes. Die Software berechnet die Geradenparameter und überprüft die Winkelabweichung gegenüber der Normlage.

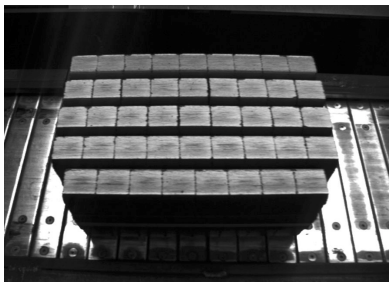
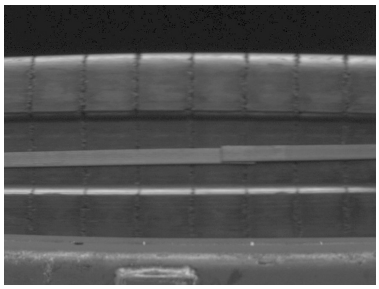

Bild 3.1: Messszenerie Kamera 1, Oberseite
Bild 3.2: Messszenerie Kamera 2, Umfassungsband
Bild 3.3: Messszenerie Kamera 4, Unterkante, Projektion der Laserlinie

Die Erkennung von fehlenden Briketts an der Unterseite eines Brikettpaketes beruht auf der Detektion von Unterbrechungen der projizierten Laserlinie mit Hilfe von Kamera 4 und 5 (Bild 3.3). Der Algorithmus bewertet die Projektion als Gerade, die in einem bestimmten Winkel und innerhalb einer festgelegten Schrittweite fortgesetzt werden muss. Aus der Länge der gefundenen, unterbrechungsfreien Geraden ersieht man, ob eine Brikettreihe vollständig besetzt ist oder nicht.

Autorenangaben:
Dr.-Ing. Steffen Rauer
Gesellschaft für Bild- und Signalverarbeitung mbH
Gustav-Kirchhoff-Str. 5
D-98693 Ilmenau
Tel.: +49 / 3677 / 2010311
Fax: +49 / 3677 / 2010302
E-mail: steffen.rauer@gbs-ilmenau.de

Dipl.-Ing. Axel Graf
Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung e.V.
Gustav-Kirchhoff-Str. 5
D-98693 Ilmenau
Tel.: +49 / 3677 / 2010305
Fax: +49 / 3677 / 2010302
E-mail: axel.graf@zbs-ilmenau.de