

# Vollautomatische Inspektionszelle für Brikettpakete

K.-H.Franke, A.Graf, D.Kollhoff, R.Jahn, R.Nestler, S.Rauer

Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung e.V.  
Gesellschaft für Bild- und Signalverarbeitung mbH  
Gustav-Kirchhoff-Str. 5, 98693 Ilmenau  
[www.zbs-ilmenau.de](http://www.zbs-ilmenau.de), [www.gbs-ilmenau.de](http://www.gbs-ilmenau.de)

RWE Rheinbraun, bedeutender Hersteller von Braunkohlenbriketts, suchte nach einem vollautomatischen, direkt in der Produktion einsetzbaren Inspektionssystem für Brikettbündel. Die klaren Vorstellungen des Kunden von der Prüfaufgabe und die Bereitstellung eines repräsentativen Spektrums von Gut- und Fehlermustern ermöglichten es uns, ein präzises Angebot für die Lösung der gestellten Aufgabe vorzulegen. Der uns, der Gesellschaft für Bild- und Signalverarbeitung Ilmenau, erteilte Auftrag, erforderte dann die Anwendung und Verknüpfung unseres komplexen Wissens über Beleuchtungstechniken, Kamerahardware sowie Bild- und Signalverarbeitungsalgorithmen. Die enge Zusammenarbeit mit RWE während der Auftragsbearbeitung wies frühzeitig auf auftretende Probleme hin und ermöglichte uns ein schnelles Reagieren. Dies findet sein Ausdruck auch in einer sehr kurzen Realisierungszeit.

## 1. Die Messaufgabe

Nach dem Pressen werden Einzelbriketts zu Paketen geschnürt und mittels Transportbändern einem Palettierer zugeführt. Vor dem Palettierer sind die Pakete hinsichtlich der folgenden Fehler zu inspizieren:

- ausgebrochene Brikettköpfe auf der Paketoberseite,
- abgebrochene Brikettköpfe in der unteren Berandung des Brikettpaketes,
- innerhalb des Verbundes verdrehte oder fehlende Briketts,
- schräg sitzende Umfassungsbänder.

Die in den Produktionsprozess zu integrierende Inspektionszelle muss den rauen Umgebungsbedingungen in der Brikettfertigung (allgegenwärtiger Kohlenstaub) widerstehen und im permanenten Produktionsbetrieb störungsfrei laufen. Eine der zu überwindenden Hauptschwierigkeiten war die stark differierenden Reflexionseigenschaften der beim Pressen entstehenden Glanzhaut auf den Brikettköpfen. Je nach Formenverschleiß und Transportbeanspruchung kann die Glanzhaut stark reflektierend oder stumpf sein. Das Beleuchtungskonzept musste diese große Varianz der Oberflächeneigenschaften berücksichtigen.

## 2. Die Inspektionszelle

Die benötigte Messtechnik wurde in ein Gestell aus Aluminiumprofil integriert. Fremdlichteinflüsse (Hallenbeleuchtung, Sonnenlicht durch Oberlichter und Fenster) schirmt eine Verkleidung mit Verbundplatten ab. Die Verkleidung dient weiterhin als Sichtschutz für die installierten Laser. Zwei Sichtfenster aus blau getönten Acrylglasscheiben bieten einen Einblick in die Messzelle. Der Verschmutzungsgrad kann auf einen Blick eingeschätzt werden, Störungen durch verkantete Pakete werden schnell erkannt. Im Inneren der Zelle montierte, abgeschrägte Blechabdeckungen minimieren die Verschmutzungen von Kameras und Lasern und wirken gleichzeitig als Lichtfallen für die Laserstrahlen.

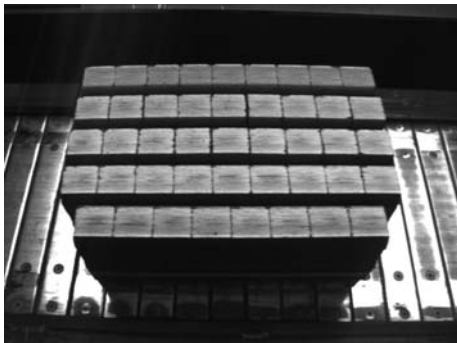
Der Schaltschrank für die benötigte Rechentechnik und Elektronik wurde in die Zelle integriert. Bedienelemente wurden auf ein Minimum beschränkt. Sommerliche Umgebungstemperaturen von 30°C erfordern die Kühlung des Schrankes. Zum Einsatz kam ein Wärmetauscher, dessen Zweikreiskühlsystem das Eindringen von mit Kohlenstaub belasteter Luft in den Schaltschrank nicht zulässt.



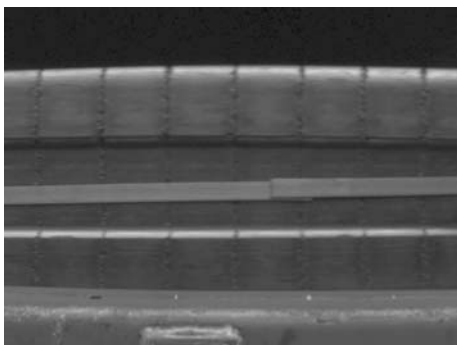
*Einrichten der Inspektionszelle in der Produktionshalle*

### **3. Das Konzept des Bildverarbeitungssystems**

Wir entwarfen ein auf 5 Matrixkameras basierendes Bildverarbeitungssystem. Die Kameras erfassen die folgenden Regionen des Brikettbündels: Kamera 1 betrachtet das Paket unter einem Winkel von zur Normalen der Oberseite. Kamera 2 und 3 nehmen zur Beurteilung der Lage des Umfassungsbandes Bilder von den langen Seitenflächen der Brikettpakete auf. Beiden Kameras sind dazu waagrecht, auf die Mitte der Seitenflächen ausgerichtet. In allen drei Ansichten erfolgt die Beleuchtung im diffusen Auflicht mit Leuchtstofflampen.

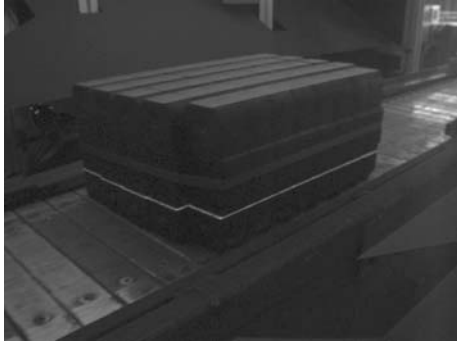


*Draufsicht Brikettbündel*



*Seitenansicht Brikettbündel - Umfassungsband*

Um die Ausbrüche in den Außenlagen der Unterseite des Pakets zu finden, wird eine das Brikettpaket umfassende Laserlinie auf das Paket projiziert. Die Projektion geschieht waagrecht mit zwei gegenüberliegenden Lasern diagonal auf die Ecken des Paketes. Die zugehörigen Kameras 4 und 5 sind oberhalb der Laser montiert und betrachten die Pakete unter einem Winkel von ca. 45°. In der Projektion der Laserlinien werden infolge der Betrachtungsgeometrie Ausbrüche als Unterbrechungen des Linienvverlaufs detektiert.



*Ansicht Brikettbündel – Laserkamera*

## 4. Die Hardware

Zur Anwendung kommen moderne FireWire-Kameras mit Standard-VGA-Auflösung. Diese sind in staubdichten Schutzgehäusen montiert. Schutzscheiben verschließen die Sichtfenster der Kameras. Die Kameras zur Beobachtung der Laserprojektion erhielten angepasste Spektralfilter, um die Einflüsse der Auflichtbeleuchtung zu reduzieren. Die Kameragehäuse werden von Druckluft durchspült, zur Kühlung und um das Eindringen von Kohlenstaub zu verhindern. Weiterhin schützen die Gehäuse die Optiken und Kameras vor mechanischen Beschädigungen.

Die Installation einer Lichtschranke ermöglicht die synchrone Bildaufnahme aller Kameras und eine nachfolgende Initiierung aller notwendigen Teilschritte der Prüfung.

Das Rechnersystem umfasst zwei mit Standardkomponenten ausgestattete PCs. Diese sind weiterhin zur Überwachung der Software mit Watchdog-Karten, für eine Fernwartung und -parametrierung mit Modemanschluss sowie digitalen E/A-Karten zum Signalisieren der Fehler an die Werks-SPS ausgerüstet und mittels eines lokalen Netzwerkes miteinander verbunden. Zusammen mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung sind diese in einem staubdichten Schaltschrank untergebracht. Der Anschluss eines Monitors und einer Tastatur zu Wartungszwecken ist über eine staubdichte Klemmdose möglich. Der Zugriff auf den jeweiligen Rechner geschieht mit einem elektronischen Terminalumschalter.



*Kamera Umfassungsband, Laser*

## 5. Die Software

### 5.1 Interface

Die Software wurde mit Microsoft Visual C++ 6.0 für das Betriebssystem Microsoft Windows 2000 entwickelt. Sie realisiert das Zusammenspiel der Hardware, eine Nutzerverwaltung und -interaktion, eine Ergebnisvisualisierung und -protokollierung sowie die Steuerung des zeitlichen Ablaufs der Prüfungen. Zu der einzubindenden Hardware gehören im Wesentlichen die Kameras und die digitale E/A-Karte. Moderne FireWire-Kameras gestatten eine schnelle Integration in die Applikation. Die Möglichkeit der softwaregesteuerten Parametrierung der Kamerafunktionen vereinfacht die Inbetriebnahme erheblich. Die optoentkoppelten Ein- und Ausgänge der Schnittstellenkarte gewährleisten einen robusten und schnellen Informationsaustausch zwischen dem Bildverarbeitungssystem und der Peripherie. Die zur Softwareausstattung gehörende

Nutzerverwaltung selektiert in Nutzer mit administrativen Rechten und Bedienpersonal mit eingeschränktem Handlungsspielraum. Alle von dem Bildverarbeitungssystem registrierten äußeren Signale und durchgeführten Aktionen werden in für Diagnosezwecke protokolliert. Für jede Prüfaufgabe existieren spezifische Algorithmenmodule zur Bewertung der aufgenommenen Bilder. Ein Statistikmodul sammelt die Daten über den Umfang der geprüften Brikettpakete und die gefundenen Fehler und klassifiziert diese.

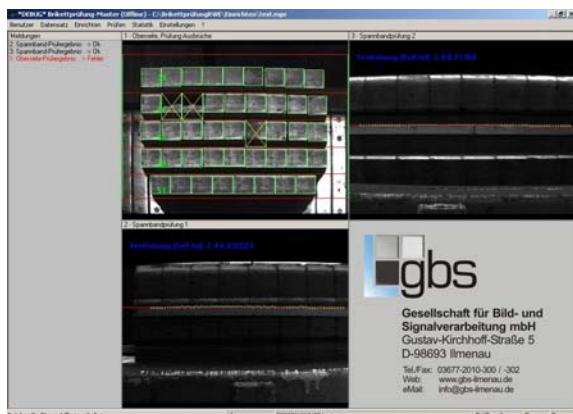
## 5.2 Prüfablauf Brikettobenseite

Der Algorithmus für die Oberseite umfasst folgende Funktionsblöcke:

- Geometrische Bildkorrektur,
- Extraktion der Brikettreihen und Separierung der Briketts,
- Rekonstruktion des Brikettrasters,
- Beurteilung des Brikettrasters.

Die Beurteilung des Brikettpaketes beinhaltet die Bewertung aller Brikettköpfe. Im Ergebnis können verdrehte und fehlende Briketts detektiert werden. Das Auszählen der Fläche der Brikettköpfe dient dazu, ausgebrochene Brikettköpfe zu finden. Ist ein vorgegebener Prozentsatz der Fläche eines Brikettkopfes dunkel, ist das Brikett als schlecht zu bewerten.

Den Abschluss der Auswertung bildet die Visualisierung der Bewertung des Brikettpaketes. Dazu wird das gefundene Raster im Bild eingezeichnet und fehlerhafte Köpfe gekennzeichnet.



Monitor PC – Oberseite / Umfassungsband

## 5.3 Prüfablauf Umfassungsband

Die langen Seitenflächen der Brikettpakete nehmen Kamera 2 und 3 auf. Ein gewählter Bildausschnitt kennzeichnet den Erwartungsbereich für das Umfassungsband. Innerhalb dieses Ausschnitts wird durch Auswertung des vertikalen Gradienten die Position der oberen Kante des Umfassungsbandes gefunden. Ein adaptiver Geradenausgleich eliminiert mögliche Ausreißer. Die Visualisierung zeichnet die gefundenen Koordinaten und die Gerade ein. Die Winkelabweichung gegenüber der Normlage wird signalisiert. Überschreitet der gemessene Istwinkel die vorgegebenen Toleranz, signalisiert das Programm einen Fehler.



Projizierte Laserlinie

## 5.4 Prüfablauf Brikettunterseite – Außenlagen

Das Prinzip zur Erkennung von fehlenden Briketts an der Unterseite eines Brikettpaketes beruht auf der Erkennung von Unterbrechungen der projizierten Laserlinie mit Hilfe von Kamera 4 und 5. Schwierigstes Problem dabei ist die Beurteilung der jeweils letzten Kohle in den Brikettreihen. Der Algorithmus baut sich für beide Ansichten aus folgenden Schritten auf:

- Ermittlung der Geradenparameter der projizierten Linienabschnitte auf den Längs- und Stirnseite des Paketes,
- Geometrische Transformation des Bildeinzuges in eine Normlage,
- Start- und Endpunktauswertung der Geradenabschnitte,
- Auswertung der Längenverhältnisse.

In dem vorbereiteten Bild beginnt ein Suchalgorithmus, vom Schnittpunkt der beiden Geraden aus die Endpunkte beider Geraden zu suchen. Ist eines der vorgegebenen Suchkriterien nicht erfüllt bricht der Algorithmus ab. Die Auswertung der Geradenlänge zeigt, ob eine Brikettreihe vollständig besetzt ist oder nicht.

Die Sollwerte für die Geradenlängen werden aus den Messwerten der ersten 100 inspizierten Pakete abgeleitet. Dies ermöglicht es, ohne aufwendige mechanische Kalibrierung der Kameraposition vergleichbare Soll- und Istwerte zu erlangen. Voraussetzung ist eine reproduzierbare Position der Pakete bei der Bildaufnahme. Diese wird einerseits durch Nutzung der Triggerlichtschranke und andererseits durch Führungsschienen, die nur eine geringfügige Verdrehung der Pakete zulassen, gewährleistet.



Monitorscreen PC 2 – untere Paketumrandung

## 6. Zusammenfassung

Das Inspektionssystem wurde in einem Zeitraum von 10 Wochen entwickelt und aufgebaut. Die Installation und Inbetriebnahme in der Produktionshalle der Firma RWE dauerte 1,5 Wochen. Derzeit werden ca. 1000 Pakete / Stunde inspiziert. Die Linie fördert mit einer Geschwindigkeit von 0,6 m/s Brikettpakete durch die Prüfanlage. Die Auswertung eines Paketes dauert ca. 700ms. Das vorgestellte Prinzip eignet sich in aufgabenangepassten Systemen unter Kombination von Standardmodulen und –komponenten von Hard- und Software auch für andere Aufgaben der Verpackungskontrolle.