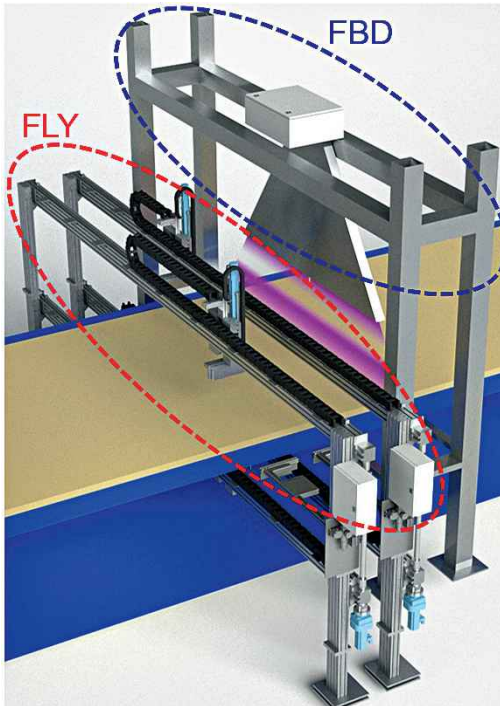
Einsatz von EWS-Hochleistungs-Röntgenmesstechnik in der Formstraße von MDF & Co.

Abb. 1: „Eco Scan Neo“ besteht aus den Röntgenscannern „Eco Scan FLY“ (Flächengewichtsmessung) und „Eco Scan FBD“ (Fremdkörpererkennung)

Figure 1: *“Eco Scan Neo“ consists of the X-ray scanners “Eco Scan FLY“ (area weight measurement) and “Eco Scan FBD“ (foreign body detection)*



Best Practice

Fremdkörper	Größe [Kantenlänge Würfel]	Kontrast	Signalverhältnis zur Matte
Stahl	3 mm	sehr hoch	+550 %
Aluminium	3 mm	hoch	+170 %
Gummi	3 mm	mittel	+63 %
Plastik	3 mm	gering	+33 %
Beispiel: HDF mit 5,7 kg/m² bei 600 mm/s | ±15 % (Max./Min.) reguläre Schwankung			

Tabelle 1: Beispiel für die Fremdkörpererkennung und die entsprechenden Kontrastverhältnisse im Messbild

Table 1: *Examples for detectable foreign bodies with steel, aluminum, rubber, and plastic on a fiber mat (HDF) resulting in very high, high, medium, and low image contrast (last column)*

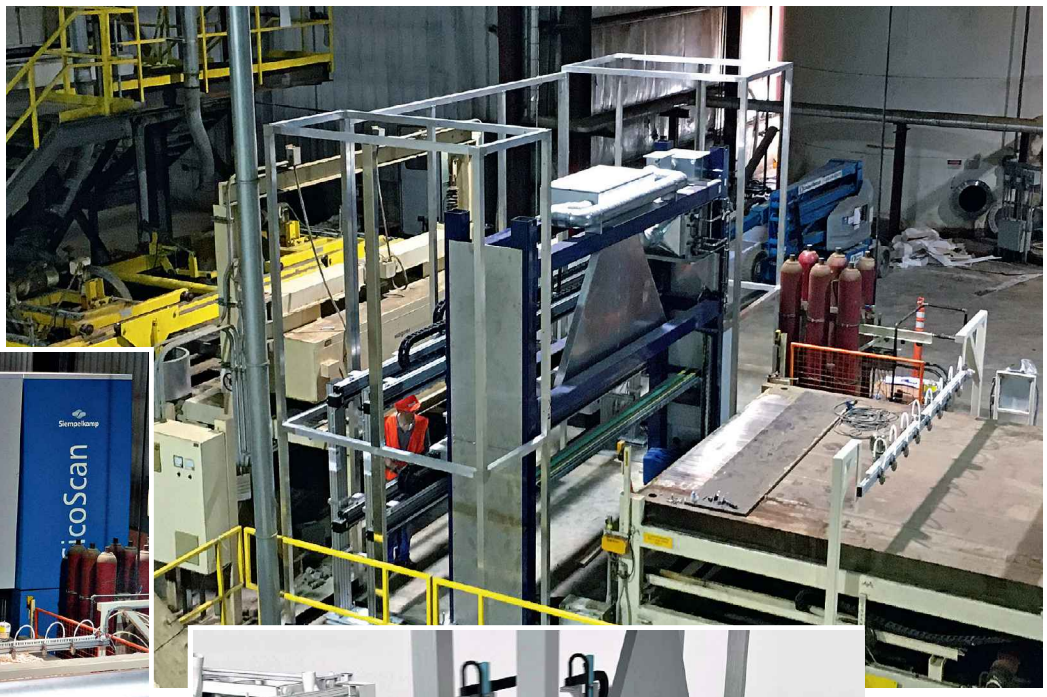
Von Konrad Solbrig, Leiter Technologie Holzwerkstoffe der Electronic Wood Systems GmbH, Hameln

Den Prototypen ans Laufen bringen, dabei Optimierungen ableiten und umsetzen sowie danach die ersten regulären Installationen in Betrieb nehmen – das sind nach der Entwicklung der Anlagen nicht nur bei Messsystemen die besonders spannenden Phasen im Projektverlauf. Nach der Vorstellung des „Eco Scan Neo“ auf der „Ligna 2017“ wurde der innovative Mattenscanner mit den zwei Funktionen „hochauflösende Flächengewichtsmessung und Fremdkörpererkennung“ bereits in mehreren Holzwerkstoffwerken installiert. Das System folgt den wesentlichen Grundsätzen bei der Entwicklung von Röntgenmesstechnik – einer davon ist Aufgabenorientierung. Der Autor verdeutlichte die Zusammenhänge im Vorjahr an dieser Stelle (vgl. MDF-Magazin 2017, Seite 38 ff). Im nachfolgenden Artikel berichtet er von den Erfahrungen mit dem „Eco Scan Neo“ in der Praxis und gibt dabei auch einen Einblick in den Entwicklungsprozess.

Am Anfang des Projektes

Abb. 2: Konzept und Umsetzung: Die Teilsysteme des „Eco Scan Neo“ im virtuellen Modell (unten rechts), bei der Installation (oben rechts) und im Betrieb in einer OSB-Linie (unten).

Figure 2: *Concept and realization: The components of the “Eco Scan Neo“ as virtual model (botton right) as well as during installation (upper right) and operation in an OSB production line (bottom)*



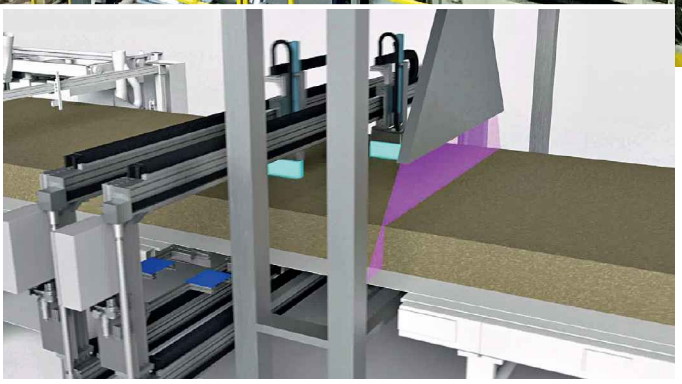


Tabelle 2: Messaufgaben der Teilsysteme des „Eco Scan Neo“ in Abhängigkeit von den Anforderungen der Holzwerkstofftypen

Table 2: *Measuring tasks of area weight measurement (“Eco Scan FLY“) and foreign body detection (“Eco Scan FBD“) highly depend on individual panel type requirements considering homogeneity and foreign body abundance*

Holzwerkstoff	MDF	OSB
Homogenität		
Fremdkörper		
Messaufgabe		
EcoScan FLY	▪ Querprofil mit Verteilung ▪ Längstrend als Absolutwert für Regelung	▪ Querprofil gemittelt ▪ Längstrend für mittleres Mattengewicht
EcoScan FBD	▪ Kleine Leimklümpchen in leichter Matte bei hohem Vorschub ▪ Metall in allen Größen	▪ Leim-/Harzklumpen und Äste in inhomogener Matte ▪ Metall und Stein ≥ 7 mm

„Eco Scan Neo“ stand der Entwicklungsauftrag für ein innovatives Röntgensystem, das in Kooperation zwischen den Partnern Electronic Wood Systems (EWS) und dem Krefelder Pressenspezialist Siempelkamp entstehen sollte. Der Hamelner Hersteller für Prozessmesstechnik EWS kann auf langjährige Erfahrungen mit Röntgensystemen in der internationalen Holzwerkstoffindustrie zurückblicken. Dazu gehören auch die integrierten Messsysteme der „Sico Scan“-Familie von Siempelkamp. Man hat dabei gelernt, worauf es ankommt und wo die physikalischen Grenzen sind (vgl. MDF-Magazin 2017). Letzteres zeigte insbesondere die grundlegende und zugleich anwendungsnahe Forschung der letzten sieben Jahre von EWS in Kooperation mit der Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Lemgo sowie der Universität Hamburg (vgl. Solbrig et al. 2014, 2015). Gleichzeitig wurde aber auch das Potenzial der Röntgentechnik für die Erfüllung bestimmter Messaufgaben bei expliziter Auslegung der Systeme dafür deutlich.

Mit der „Multi Energy“-Technologie von EWS und den zugehörigen Röntgenkomponenten erfolgt beispielsweise bei der Flächengewichtsmessung die gezielte Wahl der Strahlungsenergie und Beeinflussung der Durchdringungseigenschaften passend für den jeweiligen Flächengewichtsbereich des zu messenden Produktes.

Anwenderfreundliche, zuverlässige, industrietaugliche Messsysteme

Für den „Eco Scan Neo“ wurde diese Technologie weiterentwickelt – insbesondere hinsichtlich der Anpassung der Röntgenenergie und des zum Einsatz kommenden Detektors. Vom bestehenden High-Speed-Detector (HSD) wurde eine neue Variante entwickelt – noch schneller und effizienter in der Signalumwandlung und damit noch sensibler für geringe Flächengewichtsänderungen bei hoher Messgeschwindigkeit. Bei der Entwicklung von Röntgentechnik pflegt EWS eine langjährige Ko-

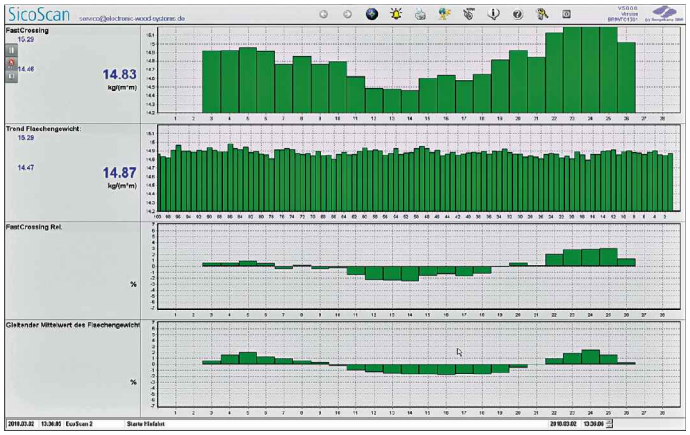


Abb. 3: Visualisierung der Messwerte des „Eco Scan FLY“ am Beispiel von MDF mit Querprofil (oben) und Längstrend (2. v. oben) als Absolutwerte des Flächengewichts sowie relativen Darstellungen des Querprofils (berechnet in Bezug auf den aktuellen Scan) eines Querscans (2. v. unten) und als gleitender Mittelwert über 10 oder mehr Traversierungen (unten)

Figure 3: Visualization of “Eco Scan FLY“ measuring results from MDF as bar charts with cross profile (absolute values combined from both traversing measuring heads, top) and longitudinal trend (mat-crossing average, 2nd from top) as well as relative cross profiles (calculated toward current mat-crossing average) from single scan (2nd from bottom) and moving average from 10 or more crossings (bottom)

Abb. 4: Visualisierung der Fremdkörpererkennung des „Eco Scan FBD“ mit Beispielen für erzielte Kontrastwerte

Figure 4: Visualization of “Eco Scan FBD“ foreign body detection, exemplary screens with resulting image contrast of a snap ring and small plastic particle on MDF mat and a typical resin lump in OSB production (bottom)

operation mit dem Forschungspartner Force Technology, Kopenhagen. Die dänischen Kollegen waren auch bei der Entwicklung der Fremdkörpererkennung des „Eco Scan Neo“ maßgeblich beteiligt. Die Details werden im Folgenden erläutert. Bei der Messtechnikentwicklung müssen die Anforderungen des Endkunden, die Besonderheiten der Messaufgabe, die Einsatzbedingungen sowie das Zusammenspiel der ausgewählten Komponenten gleichermaßen berücksichtigt werden. Durch die enge Verbindung der Elektronikspezialisten und der hauseigenen Holzwerkstofftechnologie bei EWS gelingt es, anwenderfreundliche, zuverlässige und (Holzwerkstoff-) industrietaugliche Messsysteme für die jeweilige Anwendung erfolgreich zu entwickeln – so auch den „Eco Scan Neo“ als Mattenscanner in der Formstraße von MDF & Co.

Ein Mattenscanner, zwei Funktionen

Auch bei der Messtechnik gibt es keine „Eierlegende Wollmilchsau“. Die Gestaltung der Systeme erfolgt gemäß der Messaufgabe und den Einsatzbedingungen an der jeweiligen Stelle im Prozess. Bei einem Mattenscanner kommen mit der Flächengewichtsmessung und Fremdkörpererkennung an gleicher Stelle zwei Aufgaben zusammen, die jedoch grundverschieden sind. Folgerichtig wurde bei der Entwicklung des „Eco Scan Neo“ jeder Messaufgabe ein eigenes Teilsystem zugeordnet, deren Auslegung wiederum vollkommen unabhängig voneinander erfolgen kann, um den Anforderungen kompromisslos gerecht zu werden. Während die Flächengewichtsmessung generell mit niedriger und an den Messbereich angepasster Röntgenenergie arbeitet, ist zur Fremdkörpererkennung hohe Röntgenleistung erforderlich.
„Eco Scan Neo“ ist ein Messsystem zur hochgenauen Flächengewichtsmessung und zur Erkennung metallischer und nicht-metallischer Fremdkörper. Das System (Abb. 1) besteht aus den beiden Röntgenscannern „Eco Scan FLY“ (Flächengewichtsmessung) sowie „Eco Scan FBD“ (Fremdkörpererkennung) und ist für die Installation in der Formstraße (nach der Vorpresse) bestimmt. „Eco Scan FLY“ traversiert mit den zwei „fliegenden Messköpfen“ über der Matte und ermittelt das Flächengewicht in kg/m². Der Mittelwert einer Anzahl von Überfahrten wird zur Kompensation systematischer Messwertabweichung der vorhandenen Flächengewichtswaage verwendet.
Das stellt eine engere Toleranz der Plattendichte sicher. Durch eine optionale Steuerung der Formung wird die Streuverteilung optimiert. „Eco Scan FBD“ scannt die Matte flächendeckend und erkennt Fremdkörper, um diese anschließend auszuschleusen. Der Fremdkörperscanner dient zur Schonung des Stahlbandes, Vermeidung von Kundenreklamationen und zur Reduktion von Ausschuss im weiteren Veredelungsprozess.

Hochgenaue Flächengewichtsmessung

Welche Parameter sind bei der Flächengewichtsverteilung für den Technologen von Interesse? Welche Messdaten sind für die Regelung der Formstation (z. B. MDF) erforderlich? Diese Fragen werden meist beantwortet mit:

- ein valides Querprofil mit unverfälschten Werten auch am Mattenrand und
- eine Überwachung von periodischen Flächengewichtsschwankungen in Produktionsrichtung.

Es geht also um systematische Streufehler, auf die auch mit der Prozesssteuerung Einfluss genommen werden kann. Hierbei konnte aus der Erfahrung mit den Mattenformungsprozessen eine Aktualisierungsrate des Querprofils von ca. 3 s als vernünftige Zielgröße abgeleitet werden. Zufällige Streufehler hingegen in Form von punktuellen Flächengewichtsschwankungen können mitunter gar nicht systematisch im Streuprozess beeinflusst werden. Deren Erfassung ist jedoch aus statistischer Sicht auch mit traversierenden Flächengewichtsmesssystemen gegeben, da der gescannte Bereich eine Stichprobe des Gesamtprozesses darstellt. Für einen hinreichend langen Betrachtungszeitraum liefert die Standardabweichung der Stichprobe eine signifikante Aussage über die Streubreite des Gesamtprozesses. Als weitere Anforderung für die Flächengewichtsmessung wurde die sichere Überwachung einer Toleranz des Flächengewichts im Prozess von +/-2,5 % definiert, woraus wiederum die Genauigkeit des Messsystems (im Sinne der sicheren Unterscheidung von Messwerten) abgeleitet werden kann, die gemäß der üblichen Faustformel um den Faktor fünf besser sein muss. Die Realisierung der Flächengewichtsmessung im Endlosstrang der Holzwerkstoffmatte ist nur mithilfe eines traversierenden Messsystems technisch vernünftig möglich. Ein nah an der Matte traversierender Messkopf ermöglicht die senkrechte Durchstrahlung der Matte ohne geometrischen Fehler. Eine feine Energieanpassung der Röntgenenergie auf niedrigem Leistungsniveau bei möglichst kleinem Abstand von Röntgenröhre zu Detektor sowie regelmäßige Leermessungen außerhalb des Materials führen zur Kompensation zahlreicher Einflussfaktoren. Damit wird vieles vermieden, was eine präzise Absolutmessung der Flächengewichtsverteilung verfälscht. Die Traversiergeschwindigkeit für eine schnelle Aktualisierung des Querprofils wird wiederum durch die erforderliche Messzeit des Röntgendetektors limitiert. Das minimiert die Messunsicherheit und liefert eine hohe Messwertauflösung – vergleichbar mit der Belichtungszeit bei einer Kamera, damit man auch bei wenig Licht ein klares Foto erhält.

Die Abstimmung zwischen den genannten Anforderungen und den physikalisch-technischen Möglichkeiten führte schließlich zur Umsetzung der Entwicklung des „Eco Scan FLY“ mit den „fliegenden Messköpfen“. An zwei Messrahmen ist jeweils ein traversierender Messkopf montiert. Jeder Messkopf besteht aus einer Röntgenröhre sowie dem gegenüberliegenden Detektor (HSD) und ist ausgelegt für geringe Röntgenleistung. Die Messköpfe verfahren synchronisiert in entgegengesetzter Richtung und zeichnen permanent Messdaten auf. Eine Kombination der Daten beider Messköpfe liefert das Querprofil der Flächengewichtsverteilung im schnellen Takt. Periodische, automatisch durchgeführte Kalibrierungen kompensieren systematische

Abb. 5: Messbilder des „Eco Scan FBD“ unterstützen Wartung und Instandhaltung bei der Ursachenforschung, z. B. abgeschälte Eisenspäne aus einem Bunker

Figure 5: „Eco Scan FBD“ X-ray images support maintenance to find reasons for foreign body in the process, e. g. peeled iron chip from a bunker

Einflüsse auf die Messergebnisse. Gewichtsschwankungen des Formbandes werden positionsgenau ermittelt und im Messwert berücksichtigt. Dünne Platten mit hoher Produktionsgeschwindigkeit werden schneller abgescannt als dicke Platten. Um über das große Spektrum produzierter Flächengewichte einen gleichbleibend hohen Kontrast zu gewährleisten, wird die Röntgenenergie automatisch angepasst („Multi Energy-Technologie“).

Die Eigenschaften des „Eco Scan FLY“ zusammengefasst:

- Geometrische Auflösung quer zur Matte = 100 mm
- Messwertauflösung = +/-0,5 % des Rezeptwertes
- Variable Traversiergeschwindigkeit in Abhängigkeit des Flächengewichtes
- Zeit für Scannen der Mattenbreite ≥ 2,5 s (bei 8 Fuß Mattenbreite)
- Kompensation der Gewichtsschwankungen des Formbandes
- Kompensation systematischer Messwerteinflüsse durch periodische Kalibrierungen

Zuverlässige Fremdkörpererkennung

Was wird bei der Holzwerkstoffproduktion als Fremdkörper angesehen und bei welchen Bedingungen muss dieser erkannt werden? Die Bandbreite der Antworten ist enorm, lässt sich aber – fernab existierender Mythen –- anwendungsnah zusammenfassen:

- Alles, was nicht in die Matte gehört und
- zu Beeinträchtigungen und Schäden in den folgenden Prozessen führen kann oder aber auch
- ernstzunehmenden Einfluss auf die Qualität des Endproduktes hat.

In erster Linie geht es beim Einsatz einer Fremdkörpererkennung in der Formstraße um die Schonung des Stahlbandes der Heißpresse indem kritische Fremdkörper über den Reject ausgeschleust werden und gar nicht erst in die Presse gelangen. In welchem Ausmaß dieses Ziel verfolgt wird, hängt maßgeblich vom Holzwerkstofftyp ab. Die Praxisanforderungen an die Datenaufnahme und die dafür erforderlichen Komponenten des Röntgenscanners werden maßgeblich durch hohe Produktionsgeschwindigkeiten und ein großes Produktspektrum (Flächengewichtsspanne) sowie mitunter hohe Flächengewichtsschwankungen mit lokalen Inhomogenitäten vorgegeben. Neben den Prozessbedingungen besteht für Entwickler und Programmie-

Best Practice - Application of high-performance X-ray mat inspection in the forming line made by EWS

Measuring tasks in panel production are versatile and challenging. The like applies to the development of reliable measuring and control systems. There is, however, a certain fascination during such projects, to get the prototype up and running, to carry out optimisations in cooperation with the customer, and to perform the first regular installations. After introduction of the new flagship device “Eco Scan Neo“ for mat inspection, EWS has now gained good practical experience with installations in MDF and OSB forming lines.
“Eco Scan Neo“ was developed by EWS in cooperation with Siempelkamp, Germany. It is an innovative X-ray system for high-precision area weight measurement plus intelligent detection of foreign bodies by individual units.
For area weight measurement by the flying-heads scanner “Eco Scan FLY“, two low-power X-ray units with high-speed detector travel synchronised cross-wise over the mat (8 ft cross-scan each 2.5 s). Consistently high measuring resolution (+/-0.5 % mat weight) is accomplished by EWS‘ advanced MultiEnergy X-ray Technology. Results are displayed as both cross profile with focus on mat edges as well as longitudinal trend with average mat weight. In OSB production, the moving average cross profile is a helpful instrument to manually optimise material distribution. In MDF production, “Eco Scan FLY“ is part of Siempelkamp’s “Eco Former MDF“ and provides actual values for mat forming automation. Aiming at automated homogenisation of area weight distribution, the system facilitates improvements of panel quality as well as savings in material, energy, and labour.
The foreign body detection device “Eco Scan FBD“ comes with fundamentally different design. A high-power X-ray fan beam covers the complete mat hitting a full-width line detector. Fine geometrical resolution facilitates detection of foreign bodies down to 1.6 mm within milliseconds. The foreign body scanner is an X-ray imaging system. Intelligent algorithms evaluate the continuously acquired images considering the contrast between regular mat variations and signal peaks from foreign bodies. Individual detection and reject limits can be adjusted for both metal and other non-metal high-density objects. Practical experience with foreign body detection is versatile and the challenges highly depend on panel type. For steel belt protection in OSB production, “Eco Scan FBD“ has primarily to ensure reject of resin lumps in respectively inhomogeneous mats. In an MDF line, the device is faced to find small resin lumps or rubber particles in thin-panel fibre mats at high feed speed. Metal detection of all sizes must be ensured under all conditions.
“Eco Scan Neo“ has great potential for future-proof panel production either as upgrade system or integrated in new production lines. As common in fully-automated plants, “Eco Scan Neo“ is fully-integrated and requires minimised operator interaction.

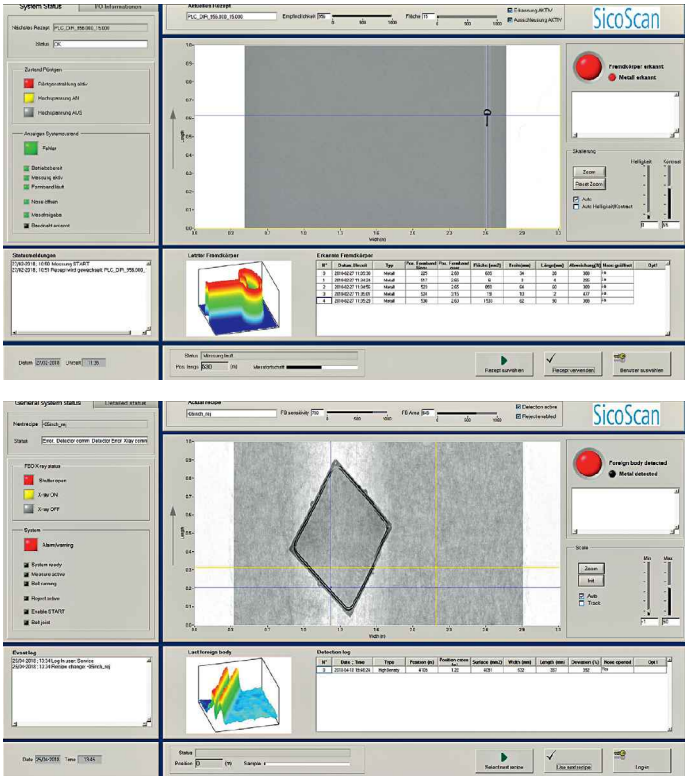


Abb. 6: Aus der Rubrik „kuriose Fremdkörper“: Schaltschrankschlüssel auf einer Fasermatte (oben) und eine vollständige Klappe aus einer OSB-Formstraße (OSB)

Figure 6: Funky foreign bodies like cabinet keys (top) or complete doors (bottom) also occur

rer bei der Fremdkörpererkennung eine der wesentlichen Herausforderungen darin, keine Fremdkörper zu erkennen, also Fehlerkennungen zu vermeiden. Der Fremdkörperscanner soll Entscheidungen treffen, ob es sich um einen Fremdkörper handelt oder eben nicht, sondern etwa um zulässige Produktunregelmäßigkeiten. Es gibt aber auch technische Ursachen für Signale oder Erscheinungen im Messbild, die den Anschein eines Fremdkörpers haben, aber keiner sind – z. B. die Extrema des Signalrauschens eines einzelnen Pixels. Die Entscheidungsgewalt steckt also im entwickelten Algorithmus, wobei der Anwender für die Festlegung der Entscheidungskriterien verantwortlich ist.
Die Definition der Erkennungsgrenzen für die jeweiligen Fremdkörper ist individuell vorzunehmen und erfolgt durch Teaching des „Eco Scan FBD“ auf definierte Fremdkörper bei verschiedenen Produktionsbedingungen. Das kann nicht durch theoretische Berechnung, sondern nur durch praktische Durchführung erfolgen. Die Größenordnung der Grenzwerte ist bekannt, muss aber im Detail an die jeweiligen Produktionsbedingungen und Wünsche des Kunden angepasst werden. Hierbei ist anfangs die Unterstützung durch einen EWS-Technologen vorgesehen. Es werden Fremdkörper mit einigen Wiederholungen aufgelegt und die Signalunterschiede im Messbild bestimmt. Gesicherte Grenzwerte lassen sich anhand der unteren 5 %-Quantile der jeweiligen Stichprobe ableiten. Nach Eingabe der Parameter erfolgt die Verifizierung der Einstellungen durch erneute Aufgabe der spezifizierten Fremdkörper.
Der Fremdkörperscanner „Eco Scan FBD“ führt also keine Flächengewichtsmes-

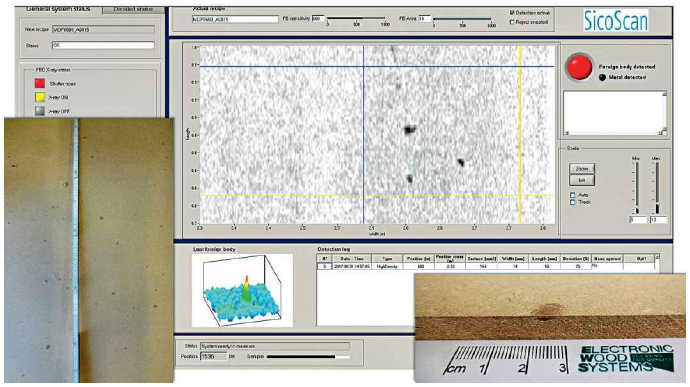
sung durch. Es werden fortlaufende Röntgenbilder der Matte aufgenommen. Zwei Röntgenröhren sind oberhalb der Matte angebracht und beleuchten die komplette Formbandbreite. Eine mechanische Vorrichtung begrenzt die Röntgenstrahlung auf den Messbereich. Unterhalb des Formbandes befindet sich eine Detektorzeile, bestehend aus tausenden einzelner Detektoren. Nach der Aufnahme eines Röntgenbildes mit voller Breite und einem Meter Produktionslänge wird es innerhalb weniger Millisekunden auf Fremdkörper untersucht. Intelligenten Algorithmen werten in diesen Bildern das Verhältnis (Kontrast) aus zwischen normalen Schwankungen in der Matte und der Signalveränderung durch einen Fremdkörper. Der Bediener stellt (per Rezeptwert) die Schwellwerte ein, die zur Ausschleusung der Fremdkörper führen sollen. Die Eigenschaften des „Eco Scan FBD“ zusammengefasst sind:

- Geometrische Auflösung quer zur Matte ≥ 1,6 mm
- Zeit für Scannen der Mattenbreite = 2 ms
- Kompensation von Schwankungen und Messeinflüssen durch relative Signalauswertung
- Erkennbare Fremdkörper: metallisch und nicht-metallisch mit Größen in Abhängigkeit der Prozessbedingungen, Beispiel siehe Tabelle 1 mit abgeleiteten Grenzwerten (Signalverhältnis zum Mittelwert der erfassten Matte von 1 m Länge).

Die Leistungsfähigkeit eines Messsystems muss die gestellten Anforderungen in einen gewissen Grad übersteigen und gleichzeitig eine individuelle Anpassungsmöglichkeit bieten. Hier lehrt uns jedoch der griechische Philosoph Aristoteles (384 – 322 v. Chr.): *„Der Gebildete treibt die Genauigkeit nicht weiter, als es der Natur der Sache entspricht.“*

Abb. 7: Erkennung nicht-metallischer Fremdkörper: nicht immer sicherheitsrelevant, aber aus Sicht der Qualitätssicherung von Interesse, beispielsweise ein gehäuftes Auftreten von Leimklümpchen in MDF

Figure 7: Detection non-metal foreign bodies: no security issue but relevant for quality assurance like mass occurrence of small resin lumps in MDF



Von der Theorie zur Praxis

Bei der Entwicklung des „Eco Scan Neo“ lag der Fokus auf dem Einsatz im MDF-Prozess, wo auch der Prototyp installiert und erprobt wurde. Der Mattenscanner kann aber auch im Formstrang anderer Holzwerkstofftypen Anwendung finden. So blickt EWS nunmehr auf erfolgreiche Installationen in MDF- und OSB-Fertigungslinien zurück (Abb. 1 und Abb. 2). Diese Holzwerkstofftypen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Eigenschaften, Produktionsvorgang und -bedingungen. Gleiches gilt für die Messaufgaben des Mattenscanners. Klar, es müssen in beiden Fällen das Flächengewicht gemessen und Fremdkörper erkannt werden. Im Detail werden jedoch unterschiedliche Anforderungen an die Erfüllung der Messaufgabe gestellt – sowohl vom Anwender als auch vom Produkt und den Prozessbedingungen selbst, wie Tabelle 2 zusammenfasst.

Für die Flächengewichtsmessung zeigt Abb. 3 die Visualisierung der Messwerte des „Eco Scan FLY“ am Beispiel von MDF. Aufgrund größerer Matteninhomogenität bei OSB variieren die gemessenen Querprofile teils erheblich zwischen den einzelnen Scans. Deshalb richten die Anlagenbediener ihre Aufmerksamkeit eher auf die geglättete Anzeige mit einer Mittelung des relativen Querprofils aus 10…20 Traversierungen. MDF ist deutlich homogener, weshalb auch die einzelnen Querprofile mit hoher Aktualisierungsrate von Interesse sind. Alle Messwerte fließen in die Regelung des „Eco Former MDF“ (siehe unten). Auf solch homogenen Fasermatten ist selbst die Erkennung kleiner nicht-metallischer Fremdkörper bei großen Plattendicken möglich (Abb. 4 Mitte). Im Praxisbetrieb werden diese jedoch meist gar nicht ausgeschleust, da sie keine Gefahr für das Stahlband darstellen. In den Messbildern des „Eco Scan FBD“ einer OSB-Matte (Abb. 4 unten) hat es der Auswertealgorithmus mit bis zu +/-150 % und mehr als maximale Schwankungsbreite zwischen den Pixelwerten zu tun. Hier hat sich bewährt, Fremdkörper anhand ihrer Ausdehnung von regulären (eher geometrisch kleinen) Inhomogenitäten zu unterscheiden und nur solche mit einer Mindestfläche von etwa 20 x 20 mm² auszuschleusen.

Im Praxiseinsatz des „Eco Scan FLY“ hat sich zudem die Vollintegration des Messsystems in die Prozessautomatisierung und die Rezeptanbindung bewährt. Hier hat der Anlagenbediener ohnehin bei EWS-Messtechnik mit OPC-Schnittstelle und allen „Sico Scan“-Systemen keine Notwendigkeit einzugreifen. Die Anpassung der Röntgenenergie und weiterer Einstellungen erfolgt vollautomatisch. Schlussendlich wird auch die Anzeige passend skaliert. Und genau hierbei gab es anfänglich in der Praxis Diskrepanzen, weil Abweichungen im Flächengewicht zwischen der Anzeige der Bandwaage und den Messwerten (Mittelwert) des „Eco Scan FLY“ vorlagen. Der bestehenden Bandwaage wird natürlich von jeher vertraut. Die Anzeige entspricht schließlich auch dem Soll-Wert im Rezept, da hierüber das Mattengewicht geregelt wird.

Fehlereliminierung und Feinabstimmung

Nun ereignete sich aber der Fall, dass das Flächengewicht der Matte (scheinbar) geringer war, als das der fertigen Platte (durch Laborschnitt ermittelt). Der Vergleich zwischen Röntgenmessung und Laborschnitt war unter Berücksichtigung von Feuchteverlust und Mattenquerdehnung jedoch stimmig. In der Tat kann es, insbesondere wenn die Kalibrierung der Waage mit leerem Band länger zurückliegt, zu Abweichungen kommen. Weiterhin beeinflusst die Bandspannung das Wiegeergebnis, die sich wiederum mit der Beladung des Bandes ändert, also bei steigendem Flächengewicht zunimmt, wo auch die größten Abweichungen zwischen Bandwaage und „Eco Scan FLY“ beobachtet und nachgewiesen wurden. Nun kann (optional) das vom „Eco Scan FLY“ gemessene mittlere Flächengewicht zur Bandwaage zurückgeführt werden, um die Ausgabewerte der Bandwaage bei Bedarf

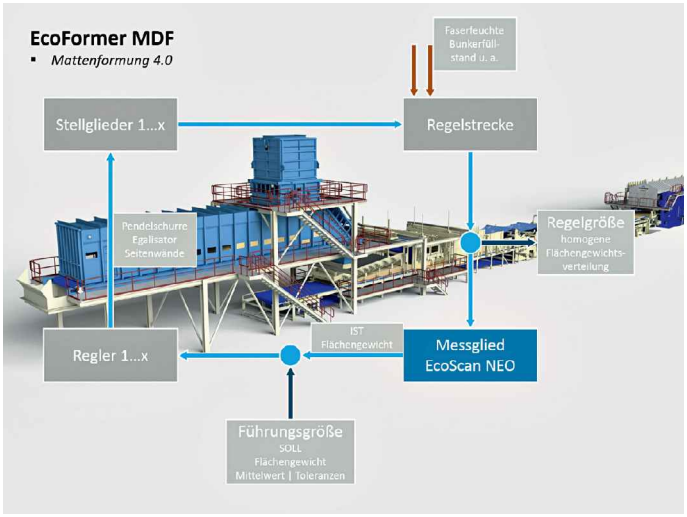


Abb 8: „Eco Former MDF" - Automatisierung der Mattenformung zur Erzeugung einer homogenen Streuverteilung mit dem „Eco Scan Neo" als Messglied im Regelkreis

***Figure 8:** "Eco Former MDF" - mat forming automation for homogeneous area weight distribution powered by "Eco Scan Neo" as measuring system in the control loop*

mit einem entsprechenden Offset in der Formstraßen-SPS zu korrigieren. Aber auch innerhalb des Messsystems bedarf es einer exakten Abstimmung der beiden Traversen des „Eco Scan FLY" zueinander, deren Messwerte schließlich kombiniert in der Anzeige auftauchen. Dabei besteht das angezeigte Querprofil in der linken bzw. rechten Hälfte der Matte jeweils aus den Daten von Traverse 1 oder 2, was dem Anwender natürlich nicht auffallen soll. Um eine Übereinstimmung der Traversen zueinander und gleichzeitig den richtigen Absolutwert zu erzielen, werden bei Inbetriebnahme die Röntgensysteme der beiden Messköpfe feinjustiert. Dieser Energieabgleich folgt einem festgelegten Procedere mit engen Toleranzen. Auch hier ist das Konzept aufgegangen und die Messwerte sind nachweislich richtig. Zudem zeigt die Erfahrung, dass eine wiederholte Nachjustierung nur bedingt erforderlich ist. Trotzdem soll der Energieabgleich künftig durch eine kompakte, aber in der Entwicklung von Hard- und Software aufwendige Erweiterung des Röntgensystems vollautomatisch erfolgen, was die Serviceeinsätze vor Ort reduziert. Darüber hinaus gibt es kaum mehr mitunter kuriose Beispiele vom Praxiseinsatz der fliegenden Messköpfe zur Flächengewichtsmessung zu berichten, wie im Folgenden zum Fremdkörperscanner. Die Kinderkrankheiten des Prototypen wurden behoben und nun läuft das System zuverlässig und liefert valide Messwerte für die Flächengewichtsverteilung (Abb. 3). Und das bis ganz nah an den Mattenrand! Dieser ist bei einer vorverdichteten und besäumten MDF-Matte quasi scharfkantig ausgeprägt und von besonderem Interesse für den Technologen. Bei der Röntgenmessung müssen hier lediglich in einem Bereich von ca. 25 mm auf beiden Seiten die Messwerte verworfen werden, da sie durch den Messvorgang selbst unkorrigierbar verfälscht sein können. Obwohl bei den fliegenden Messköpfen im Gegensatz zum „Eco Scan FBD" (breiter Fächerstrahl) ein eng begrenzter Strahl die Matte senkrecht durchstrahlt, tritt in seinem Umfeld Streustrahlung auf, die zwar regulärer Bestandteil des Messsignals ist und bei der Kalibrierung berücksichtigt wird, deren Intensität jedoch direkt am Mattenrand undefinierbar abnimmt. In der Praxis ist dieser schmale Randbereich zweifelsohne zu verkraften, da er ohnehin am Ende an der Platte besäumt wird. Bei OSB ist zu beachten, dass der besäumte Mattenrand weniger scharf ausgeprägt ist und hier mehr loses Material vorzufinden ist. Entsprechend wird mitunter auch die Plattenkante etwas großzügiger besäumt.

Zuverlässige, aussagefähige Fremdkörpererkennung

Im Praxiseinsatz des „Eco Scan FBD" hat sich gezeigt, dass die Justierung der Erkennungs-Empfindlichkeit durch die Wahl der entsprechenden Einstellungen (Kontrast und Fläche) immer eine Gradwanderung ist. Denn, wenn ein Fremdkörper erkannt wird, geht die Nase auf. Daraus resultierende Abwägung zwischen Sicherheit und Produktivität sorgen in der Praxis beim Holzwerkstoffhersteller gewiss für genügend Diskussionsstoff zwischen den jeweiligen Abteilungen. Die Messbilder des Fremdkörperscanners stellen aber auch eine Bereicherung für Wartung und Instandhaltung dar. Dank der hohen geometrischen Auflösung unterstützt die angezeigte Form und (mitunter wiederkehrende) Position von Fremdkörpern bei der Ursachenforschung. Im Beispiel in Abb. 5 handelt es sich um regelmäßig abgeschälte Eisenspäne aus einem Bunker. Eher selten tauchen auch kuriose Fremdkörper wie Werkzeuge oder gut erkennbare, vollständige Anlagenkomponenten, wie Klappen oder Türen aus den Streuköpfen (Abb. 6) auf.
Die Fremdkörpererkennung ist jedoch nicht nur sicherheitsrelevant und zur Stahlbandschonung erforderlich, auch aus Sicht der Qualitätssicherung besteht hierfür ein gewisser Bedarf. Klar, Metall möchte niemand in der fertigen Platte haben. Auch wenn sie mitunter die Stahlbänder der Heißpresse nicht beschädigen würden, können selbst kleine metallische Fremdkörper – insbesondere Stahl – an den Säge- und Bohraggregaten des Endkunden oder auch im eigenen Plattenzuschnitt zu Schäden oder zumindest erhöhtem Verschleiß führen. Aber auch an der Erkennung nicht-metallischer Fremdkörper hat die Qualitätssicherung Interesse, wenn beispielsweise ein gehäuftes Auftreten von Leimklümpchen (Abb. 7) festzustellen ist. Diese können dann bei der fertigen Platte in der Oberfläche oder auch im Bereich von Schmalfläche und Profilierungen zum Vorschein kommen und dort ein modifiziertes Verhalten gegenüber den Beschichtungsstoffen nach sich ziehen.
Auch Gummi kann bei entsprechender Einstellung der Empfindlichkeitsschwelle für nicht-metallische Fremdkörper je nach aktuellem Flächengewicht gut erkannt werden (siehe Beispiel in Tabelle 1). Gummiteilchen können in den nachfolgenden Veredelungsschritten zu Reklamationen führen, wenn sie beim Schleifen aus der Oberfläche gerissen werden und dabei Löcher hinterlassen. Beide Fälle erfordern nicht unbedingt eine Ausschleusung der erkannten Fremdkörper (da nicht sicherheitskritisch). Welcher Produktionsleiter ist schon an einer Produktionsunterbrechung wegen eines Gummi-Partikels interessiert? Das Reject-Signal kann aber in den Einstellungen (Rezept) für diesen Typ deaktiviert und lediglich die Anzeige beobachtet und genutzt werden, um bei Auftreten der Phänomene den (hoffentlich bekannten) Ursachen nachzugehen und diese abzustellen.
Schlussendlich ist bei der Fremdkörpererkennung jedoch die mögliche Unterscheidung von Materialien

kritisch zu diskutieren. Man nehme als Sonderfall zwei Stücke Metall mit gleicher Länge und Breite. Ein sehr dünnes Stück Eisen (mitunter unkritisch in der Presse) ist von einem sehr dicken Stück Aluminium anhand des Signalunterschiedes im Messbild nicht zu unterscheiden. Kann es auch gar nicht, das erlaubt die Physik nicht, die sich bekanntlich nicht betrügen lässt. Beide exemplarischen Fremdkörper erzeugen die gleiche Schwächung der Röntgenstrahlung. Das ist bei der Festlegung der Grenzwerte abzuwägen. Metall ist andererseits in der Regel jedoch sehr gut von nicht-metallischen Fremdkörpern (Leimklumpen oder Kunststoff) zu unterscheiden, wie Tabelle 1 zeigt. Gummi liegt irgendwo dazwischen, wobei die chemische Zusammensetzung der nicht-metallischen Stoffe – also welche chemischen Elemente zu welchen Anteilen enthalten sind – maßgeblich ist.

Nachweis der Leistungsfähigkeit – nützliche, komfortable Vollintegration

Ein Messsystem gilt im Allgemeinen als abgenommen, wenn dessen spezifizierte Messaufgabe zuverlässig und wiederholbar erfüllt wird und dies mit einem vereinbarten Verfahren nachgewiesen wurde. Bei der Fremdkörpererkennung erscheint dabei das Vorgehen nahezu trivial: Fremdkörper in der Matte erkannt? Ja oder Nein? Da gibt es kein „vielleicht", also keine Grauzonen. Bei der Durchführung der Abnahme des „Eco Scan FBD" nach vorgegebenem Procedere kommen vordefinierte Fremdkörper gemäß den kundenindividuellen Spezifikationen zum Einsatz. Nach Einstellung der Grenzwerte für die Erkennung werden die Fremdkörper bei den jeweiligen Prozessbedingungen an beliebiger Stelle auf die Matte aufgebracht und müssen wiederholt erkannt und ausgeschleust werden. Bei der Flächengewichtsmessung sind das Procedere und die Rahmenbedingungen umfangreicher. Die Durchführung der Abnahmemessungen für den „Eco Scan FLY" im Vergleich zu Referenzmessungen des Flächengewichtes im Labor umfasst zwei Schritte, deren Toleranzen sich jeweils nach den spezifizierten Eigenschaften richten. Das System soll schließlich genaue Absolutwerte und ein präzises Querprofil liefern, was beides auch explizit nachgewiesen werden muss. Dies geschieht durch Überprüfung der:

1. Absolutwerte als Mittelwert des Flächengewichts über die Produktionsbreite an Streifen aus Holzfaserdämmstoffen und
2. relativen Abweichungen je Segment zum Mittelwert des Flächengewichts über die Produktionsbreite an fertigen Platten des Kunden.

Die gewählten Plattenmuster erlauben genaue Referenzmessungen, was an der losen Partikelmatte im Formstrang nicht möglich ist. Details für alle Abnahmeschritte des „Eco Scan Neo" liegen allen Beteiligten ausführlich beschrieben im entsprechenden „EWS Standard Operating Procedure (SOP)" vor.
Durch umfassende Integrati-

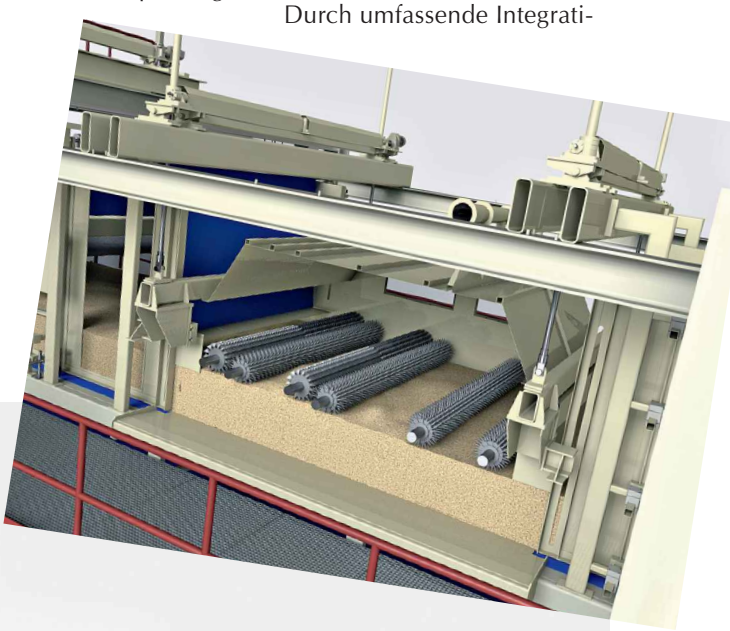


Abbildung 9: „Eco Former MDF" erzeugt durch gezieltes Zusammenwirken der regelbaren Komponenten der MDF-Formstraße eine homogene Fasermatte mit gewünschtem Querprofil mithilfe der Stellglieder Pendelschurre (unten) und Egalisator (rechts) sowie Seitenwände der Vorpresse

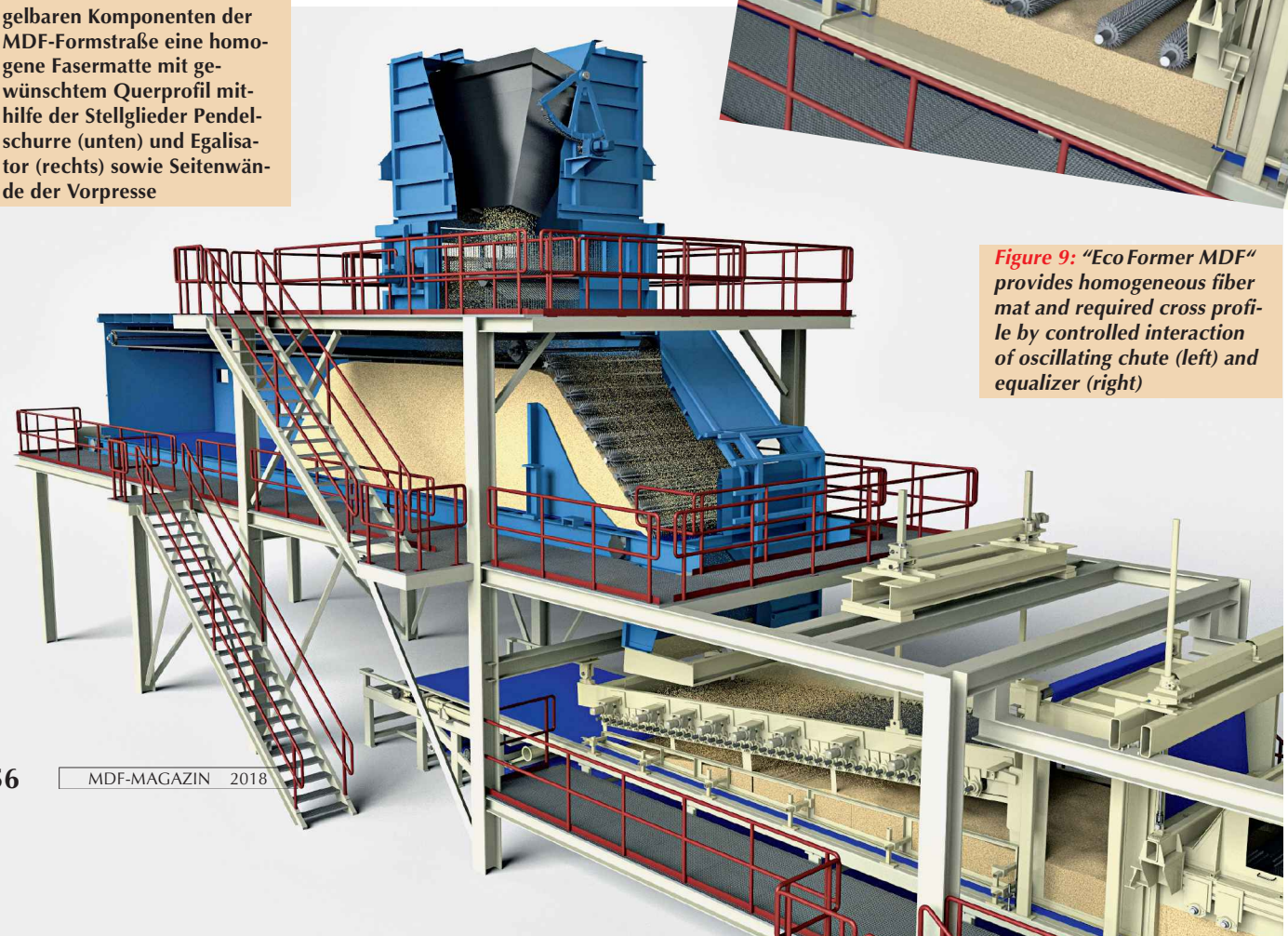


Figure 9: "Eco Former MDF" provides homogeneous fiber mat and required cross profile by controlled interaction of oscillating chute (left) and equalizer (right)

on der Messsysteme von EWS in die Prozessautomatisierung soll sich der Anwender im alltäglichen Produktionsbetrieb in erster Linie auf die jeweiligen Messergebnisse konzentrieren können. Eingangsseitig sorgt auch beim „Eco Scan Neo“ die etablierte Rückwärtsintegration im „Sico Scan“-Standard durch Anbindung an Rezeptverwaltung, Sicherheitskreis und Freigabesignale dafür, dass für einen einwandfreien Messbetrieb kein direktes Eingreifen der Bediener erforderlich ist. Durch den Energieabgleich ist der „Eco Scan FLY“ in allen Messbereichen mit den passenden Röntgeneinstellungen vorjustiert, um genaue Flächengewichtsmesswerte zu liefern. Die Wahl der voreingestellten Messbereiche erfolgt auf Basis des vorliegenden Soll-Flächengewichtes. Der Fremdkörperscanner „Eco Scan FBD“ erhält über das aktuelle Rezept die vordefinierten Grenzwerte für die Erkennung, da sich diese für die einzelnen Produkte des Kunden mitunter im Detail deutlich unterscheiden.
Auf der Ausgabeseite sind die Messergebnisse des „Eco Scan Neo“ vielfältig und je nach Bedarf und Möglichkeit verwendbar. Die Anbindung an die intelligente Leittechnik „ProdI Q®“ erlaubt eine statistische Auswertung und die Darstellung auf verschiedensten HMI-Oberflächen. Für eine gelungene Vorwärtsintegration wurden die bekannten „Sico Scan“-Schnittstellen-Spezifikationen beispielsweise um Reject-Signale sowie Datentable für die erkannten Fremdkörper sowie alle Werte der Flächengewichtsmessung erweitert. Letztere finden Anwendung bei der Rückführung auf die Bandwaage oder weitere Einbindung in die Regelung der Mattenformung mithilfe des „Eco Former MDF“.

Mattenformung 4.0 mit „Eco Former MDF“

Siempelkamp schafft mit dem „Eco Fromer MDF“ einen bedeutenden Fortschritt in der Automatisierung der Mattenformung zur Erzeugung einer homogenen Streuverteilung bei der MDF-Produktion. Das System ermittelt die Flächengewichtsverteilung der Fasermatte mit dem „Eco Scan Neo“ als integrierten Istwertgeber. Eine Vergleichmäßigung der Flächengewichtsverteilung wird durch automatische Eingriffe in den Produktionsprozess mit weiteren elektro-mechanischen Komponenten erzielt. Mit dem „Eco Former MDF“ gelingt dem Betreiber die Herstellung einer homogenen Materialverteilung, so dass die Varianz in der Streuung minimiert wird und dadurch Materialeinsparungen realisiert werden können.
Das Gesamtsystem umfasst dabei den „Eco Scan Neo“ als Messglied mit Flächengewichtsmessung und Fremdkörpererkennung, sowie einen Regelkreis (Abb. 8) mit automatisierten Stellgliedern in der Formstraße. Der „Eco Former MDF“ kann also durch gezieltes Zusammenwirken der regelbaren Komponenten der Streustation vor der Vorpresse eine homogene Fasermatte mit gewünschtem Querprofil erzeugen. Als wesentliche Stellglieder wurden hierfür Egalisator und Pendelschurre (Abb. 9) sowie die Seitenwände der Vorpresse identifiziert. Nicht nur die erfahrenen Technologen wissen, „die Querverteilung wird im Streubunker gemacht“.
Dabei kann nunmehr anhand Bewegungskurve und Verweilzeiten der Pendelschurre die Befüllung gesteuert werden. Der Egalisator als innovative Komponente einer modernen Streustation vergleichmäßigt das Ergebnis. Zwei von dessen Verteilwalzen (von insgesamt sechs) haben schräge Scheiben, die jeweils nach innen oder außen angewinkelt sind und damit das Fasermaterial zur Mitte bzw. zum Rand der Matte transportieren können. Durch Abstimmung der Drehzahl beider Walzen zueinander wird die gewünschte Querverteilung erzeugt.
Mit den Seitenwänden der Vorpresse wird bekanntlich eine weitere Randüberschüttung herbeigeführt, was nun auch nicht mehr per Hand justiert werden muss. Im Regelprozess (Abb. 8) wird anhand der Messwerte des „Eco Scan FLY“ der Ist-Zustand der Flächengewichtsverteilung ermittelt. Ein Algorithmus gleicht diesen mit den Soll-Werten der Rezeptur (Mittelwert und Toleranzen = Führungsgröße) ab und ermittelt unter Berücksichtigung der Störgrößen die Einstellung der Stellglieder.
Die Automatisierung der Mattenformung mittels „Eco Former MDF“ verfolgt die Philosophie, eine gute Fasermatte von Anfang an zu erzeugen, also die Ursachen für systematische Streufehler zu beheben, anstatt in das Ergebnis – die fertige Matte – einzugreifen. Bei Neuanlagen von Siempelkamp ist der „Eco Former MDF“ als optionale Ausstattung verfügbar. Bestehende MDF-Formstraßen, die bereits den Egalisator enthalten, sind meist problemlos nachrüstbar. Für Produktionsanlagen älterer Generation sind die individuellen Lösungsmöglichkeiten zu prüfen.

Validierung im Dauereinsatz

Schließlich……macht jeder das, was er kann. Nicht zuletzt im Praxiseinsatz des „Eco Scan Neo“ hat sich gezeigt, dass das Konzept mit der vollständigen Trennung von Flächengewichtsmessung und Fremdkörpererkennung zielführend war. Die Messaufgaben werden von den Teilsystemen jeweils zuverlässig erfüllt. Dementsprechenden können sowohl die fliegenden Messköpfe für die doppel-traversierende Messung der Flächengewichtsverteilung als auch der vollflächige Röntgenscanner für die Erkennung metallischer und nicht-metallischer Fremdkörper unabhängig voneinander betrieben, eingestellt und mit den jeweiligen Mess- und Auswerteparametern (per Rezeptvorgabe) individuell an Prozess-, Produkt- und Kundenanforderungen angepasst werden.
Bei der Entwicklung von Sicherheitstechnik werden die Systeme durch Verifikation und Validierung bewertet (vgl. IEC 61508-4:2010). Stark vereinfacht ausgedrückt werden dabei die Fragen gestellt
• Habe ich die Anlage richtig gebaut? (Verifikation) und
• Habe ich die richtige Anlage gebaut? (Validierung).
Das lässt sich natürlich auch auf die Entwicklung von Messtechnik und den neuen Mattenscanner „Eco Scan Neo“ übertragen. Die Verifikation des Systems ist mit dem Nachweis der spezifizierten Leistungskennwerte erfolgreich abgeschlossen. Die gesteckten technischen Ziele wurden erreicht. Die Validierung des „Eco Scan Neo“erfolgt nun im Dauereinsatz durch bestehende und künftige Anwender in der Praxis.

Literatur
Solbrig, K.; Fuchs, M.; Frühwald, K.; Ressel, J. B. - Accuracy of the radiometric determination of raw density gradients on wood-based composites. Holztechnologie 55 (2014) 6. S. 27-34.
Solbrig, K.; Frühwald, K.; Ressel, J. B.; Fuchs, M. - Wood-based composite X-ray densitometry - attenuation effects on measurements. 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. General Technical Report FPL-GTR-239. S. 303-313.