Foto: Fotolia

Erkennungs-Dienst

Spezialisierte Röntgentechnik für verschiedene Messaufgaben bei der Holzwerkstoffproduktion

Mit der Vorstellung des Mattenscanners „EcoScan Neo“ auf der „Ligna 2017“ war ein deutlicher Fortschritt auf dem Gebiet der Röntgenmesstechnik für die Holzwerkstoffindustrie zu verzeichnen. Dieses weitere integrierte Messsystem der „Sico Scan“-Familie ist das Ergebnis mehrerer Innovationszyklen bei der Entwicklung von Röntgenmesstechnik durch die Firma Electronic Wood Systems (EWS), Hameln. EWS Messsysteme erfüllen klar definierte Aufgaben, für die sie jeweils entwickelt wurden. Die steigenden Anforderungen bei der Holzwerkstoffherstellung erlauben keinerlei Abstriche bei der Prozessüberwachung. Hochpräzise und zuverlässige Messsysteme sind dafür erforderlich. Dabei gibt es aber keine eierlegende Wollmilchsau, keine One-Fits-All-Lösung, wenngleich die Röntgenmesssysteme Gemeinsamkeiten aufweisen. Dass zuverlässige Mess- und Kontrollsysteme der Schlüsselfaktor für Industrie 4.0 bei der Holzwerkstoffproduktion sind, verdeutlichte Konrad Solbrig, Leiter Technologie Holzwerkstoffe bei EWS im Rahmen seines Vortrags auf dem 10. EPF-Symposium Anfang Oktober 2016 (vgl. MDF-Magazin 2016). Nach diesen Visionen zur messtechnischen (R)Evolution für MDF & Co. gibt er im nachfolgenden Artikel einen Einblick in die konkrete Umsetzung bei der neuartigen Röntgenmesstechnik.

Bleibt alles anders – Röntgen(mess)technik gestern, heute und morgen

Das Grundprinzip eines Messaufbaus hat sich quasi seit 1895 nicht verändert. Als seinerzeit der deutsche Physiker und spätere Nobelpreisträger Wilhelm Conrad Röntgen eine „neue Art von Strahlen“ *(Röntgen 1898)* entdeckte, stellte er fest, dass die Strahlung der Kathodenstrahlröhre, mit der er eigentlich experimentierte, einen Bogen schwarzen Kartons durchdringen und den dahinterstehenden fluoreszierenden Schirm zum Leuchten bringen konnte. Der generelle Aufbau der ersten Durchstrahlungsexperimente und aller in den Jahren danach folgenden Versuche mit der Röhre als Strahlungsquelle und Leuchtschirmen oder Fotoplatten als Detektor sowie dem Material dazwischen ist bei modernen Röntgenmesssystemen weiterhin zu finden. Die Komponenten je-

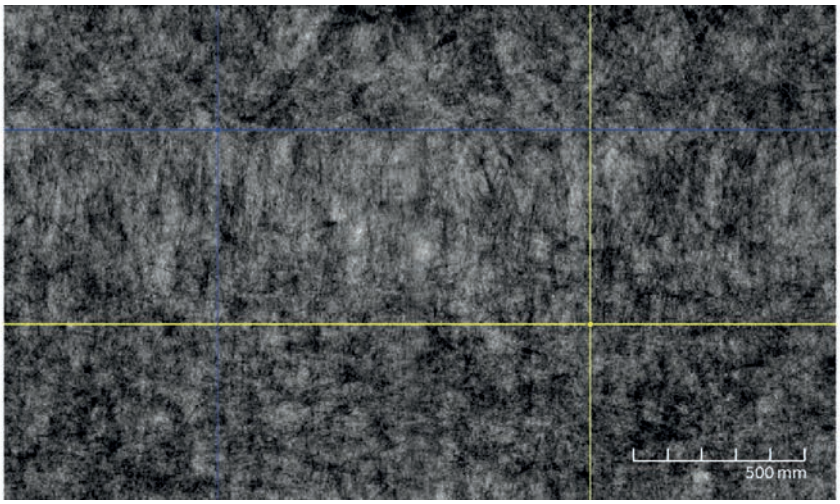


Figure 1: Deep insights in MDF & Co. – X-ray image of OSB (area scan)

Bild 1: Tiefe Einblicke in MDF & Co – Röntgenbild von OSB (Flächenscan)

Focussed on the task – Specialised X-ray technology for varying measuring tasks in wood-based composite production

The introduction of the mat scanner "Eco Scan Neo" at "Ligna 2017" marked substantial progress in the field of X-ray measuring technology for wood-based composites production. It is a further X-ray measuring system in the SicoScan family, which was engineered in Hamelin, Germany by Electronic Wood Systems (EWS). Konrad Solbrig, Head of Technology Wood-based Composites at EWS, points out, how their different X-ray devices work focussed on the respective tasks to meet the challenging tasks in the industry.

doch und damit die Leistungsfähigkeit der Anlagen wurden über die Jahrzehnte des Fortschritts maßgeblich weiterentwickelt und spezialisiert. Für die erste Aufnahme musste Röntgens Frau ihre Hand auf einer Fotoplatte über die Belichtungszeit von 25 Minuten stillhalten und das Bild war trotzdem verschwommen. Heute werden in den Röntgenmesssystemen von EWS Detektoren eingesetzt, die Aufnahmezeiten im Bereich von Millisekunden erlauben. Das wiederum ermöglicht heute schnelle Traversierungen der Messköpfe über die Matte, aber dazu später mehr. Ein weiterer Unterschied zu den Pioniertagen und auch zu den einfachen medizinischen Systemen: Bei industrieller Röntgentechnik handelt es sich nicht um qualitative Aufnahmen, sondern um quantitative Messungen, bei denen die erfasste Strahlung in elektrische Signale umgewandelt wird. Es werden die Photonen gezählt, die den Detektor erreichen und dabei kommt es quasi auf jedes einzelne an, um eine hohe Sensitivität zu erzielen. Die hohe Empfindlichkeit der Detektoren erlaubt es, über die hohe Messgenauigkeit hinaus mit geringen Strahlungsleistungen zu arbeiten, was wiederum

- Strahlenschutzmaßnahmen vereinfacht und
- lange Lebensdauern der Röntgenröhren begünstigt.

„Multi Energy-Technologie" made by EWS als Backbone

Durchstrahlen, Messen und Auswerten sind also prinzipiell nichts Neues. Die heutigen Innovationen bei der Röntgenmesstechnik von EWS basieren auf der Weiterentwicklung der Komponenten sowie der gezielten Auswahl und Abstimmung dieser. Die Festlegung von Röntgenenergie- respektive Flächengewichtsmessbereichen mit der Wahl zugehöriger Parameter ist das Ergebnis jahrelanger Erfahrung und Grundlagenforschung in Kooperation mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Der finale Schritt der Auswertung – also das, was aus Messsignalen verwertbare Ergebnisse im Sinne von Flächengewicht oder Rohdichte macht – bedarf dabei weiterer Aufmerksamkeit. Auch hierfür wurde bei EWS umfassende Forschung und anwendungsnahe Entwicklung betrieben, um für den Einsatz in der Holzwerkstoffindustrie ganz neue Wege zu beschreiten, die dem Holzwerkstoff in seinen jeweiligen Erscheinungsformen entlang des Produktionsprozesses explizit Sorge tragen *(vgl. Fuchs 2010, Solbrig et al. 2014, 2015)*. Schlichtweg ist die Kalibrierung für eine fertig gepresste Platte eine andere als für eine vorverdichtete Matte, weshalb hierfür individuelle Algorithmen entwickelt wurden. Die Kalibrierung aller Röntgenmesssysteme mit „Multi Energy-Technologie" erfolgt werkseitig, wobei zur Verifizierung ein erneuter Abgleich der Einstellungen bei der Inbetriebnahme durchgeführt wird. Eine SPS-Anbindung ermöglicht den Messsystemen Zugriff auf das Rezept der aktuellen Produktion, um auf Basis etwa des nominellen Flächengewichtes die passende Einstellung des Röntgenmessbereichs vorzunehmen. Diese Integration erlaubt es dem Anlagenbediener, sich maßgeblich der Produktionssteuerung und nicht der Einstellung der Messsysteme zu widmen.

Der Kern hochpräziser Röntgenmesstechnik ist die o. g. „Multi Energy-Technologie". Dieser Innovationssprung umfasst die gezielte Wahl der Strahlungsenergie und Beeinflussung der Durchdringungseigenschaften passend für den jeweiligen Flächengewichtsbereich des zu messenden Produktes. Es ist leicht mit dem medizinischen Röntgen vergleichbar. Würden die Radiologen bei einer Röntgenaufnahme der Hand die gleiche Energie verwenden wie bei einer Aufnahme des Brustkorbes, wäre das Bild vollkommen überbelichtet und keine Details erkennbar. Bei der Messtechnik ist neben Röntgenröhre, Hochspannungsversorgung und weiterer Komponenten im Strahlengang der Detektor der Schlüssel zum Erfolg. Hier hat EWS in Zusammenarbeit mit Force Technology, Kopenhagen, Division Sensor & NDE Innovation, exklusive Entwicklungen hervorgebracht. Die Eigenschaften von Strahlung und Detektor sowie die Gestaltung des Messaufbaus entscheiden schließlich, welche Messinformationen die Anlage zuverlässig ausgeben kann und bestimmen damit das Einsatzgebiet. Also, was kann gemessen werden?

- Platte oder Matte?
- Flächengewichtsmessung oder Fremdkörpererkennung?

Vielseitige Flächengewichtsmessung „Mass-Scan X ME"

Diese Röntgenmessanlage ist regulär im Endlosstrang der Mattenformung und insbesondere bei MDF nach der Vorpresse angeordnet. Dort kann das traversierende System zuverlässig seine Messaufgabe erfüllen. Dabei bewegt sich der Messkopf kontinuierlich zwischen linkem und rechtem Mattenrand und tastet die Matte sinusförmig ab mit einer Röntgenröhre unter dem Formband und einem Detektor in der Strahlachse senkrecht über der Matte. Der traversierende Messkopf ist dabei grundlegend erforderlich und ermöglicht

- eine senkrechte Durchstrahlung der Matte mit einem engen Strahl ohne geometrischen Messfehler sowie
- regelmäßige Leermessungen ohne Material neben der

Matte zum Abgleich von Strahlungsquelle und Detektor, da eine Drift des Nullsignals aus vielerlei technischen Gründen nicht verhindert werden kann.
Für Anlagenbediener und Technologen sind als Ergebnisse insbesondere das Querprofil der Flächengewichtsverteilung über die Mattenbreite (angezeigt in 100 mm-Spuren) und der Trend des mittleren Mattengewichts über die Produktionsdauer (als Mittelwert je Traversierung) von Interesse. Um hier statistisch gesicherte Aussagen zu erhalten, bedarf es jedoch keiner vollflächigen Abtastung. Die aus Traversiergeschwindigkeit und Produktionsgeschwindigkeit resultierende Messfläche liefert in Bezug auf die Mattenfläche repräsentative Flächengewichtsverteilungen. Die Traversiergeschwindigkeit ist wiederum unter Berücksichtigung der Röntgentechnik so gewählt, dass der Detektor mit einer ausreichenden Integrationszeit je 100 mm-Spur die gewünschte Messgenauigkeit erzielen kann.
Wenngleich der vorgesehene Einsatzort im Formstrang ist, kann das System gleichfalls nach der Heißpresse installiert und betrieben werden – nämlich genau dann, wenn es erforderlich ist und die eigentliche Röntgenplattenwaage (siehe unten) die gestellte Aufgabe nicht angemessen erfüllen würde. So geschehen in einem europäischen Werk für die Produktion von Holzfaserdämmplatten (Trockenverfahren). Hier sind nach der Dampfpresse ähnliche Bedingungen im Material vorzufinden wie im Formstrang davor und die Rohdichte der ausgehärteten Dämmplatte liegt mit 80...210 kg/m³ eher in der Größenordnung einer vorverdichteten Fasermatte als einer fertiggepressten MDF. Gleiches gilt für die Mattenhöhen. Plattendicken der fertigen Dämmstoffe von bis zu 300 mm erfordern eine vertikale Durchstrahlung mit engem Strahlenbündel, sonst kommt es insbesondere im kritischen Randbereich zum bekannten geometrischen Messfehler. Ob der Leim roh oder ausgehärtet ist, spielt für die werkseitige Kalibrierung der Geräte hinsichtlich der Messgenauigkeit übrigens keine Rolle. Sogar der Typ des eingesetzten organischen Bindemittels – also auf UF- oder Isocyanat-Basis – ist aus Sicht des Röntgenstrahls in diesem Energiebereich nachweislich unerheblich. Deshalb griffen die Anwendungsingenieure bei EWS auf den bewährten „Mass-Scan X ME“ zurück. Da das Spektrum der Produktdicken- und -rohdichten groß ist, kam auch hier natürlich die innovative „Multi Energy-Technologie“ zum Einsatz. Folgerichtig konnte die Messanlage in den Endlosstrang (vor der Plattensäge) direkt am Auslauf der Dampfpresse platziert werden, was wiederum die Verzögerung beim Eingriff in die Mattenformung auf Basis der gemessenen Flächengewichtsverteilung reduzieren würde. Darüber hinaus ist die Produktionsgeschwindigkeit bei Holzfaserdämmstoffen verhältnismäßig gering und der traversierende Messbetrieb erlaubt eine aus statistischer Sicht überdurchschnittlich hohe Erfassung der Produktion. Die vorgenommene Installation folgte dem Kundenwunsch und soll letztendlich durch einen zweiten „Mass-Scan X ME“ vor der Heißpresse (an üblicher Stelle) komplettiert werden. Beide Messanlagen „sprechen dann miteinander“, d. h. sie nehmen positionssynchronisiert Messdaten

Bild 2: „Mass-Scann X ME“ - traversierende Flächengewichtsmessung im Spezialeinsatz bei der Herstellung von Holzfaserdämmplatten (Trockenverfahren) im Auslauf der Dampfpresse vor der Säge

Figure 2: “Mass-Scan X ME“ - traversing area weight measuring system with special task in wood fibre insulation board production

auf. Der Grundgedanke der kommunizierenden Messanlagen wurde ursprünglich für die Produktion von Spanplatten entwickelt und beim „Sico Former“ von Siempelkamp umgesetzt. Dieser ist bereits in mehreren Werken installiert. Auch hier wird eine strikte Aufgabenteilung verfolgt. Jede Schicht (DS1, MS1+2, DS2) wird nach der jeweiligen Streustation mit einer Röntgenanlage explizit gemessen und damit bei der Mattenformung überwacht. Die eingesetzte „Multi Energy-Technologie“ stellt wiederum eine für den jeweiligen Flächengewichtsbereich erforderliche Messgenauigkeit und -auflösung im Sinne präziser Unterscheidung von Flächengewichtsänderungen sicher. Schlussendlich umfassen die Messeinheiten des „Sico Formers“ drei traversierende Flächengewichtsmessanlagen „Mass-Scan X ME“ , die positionstreu unter Berücksichtigung des jeweiligen Abstandes zwischen den Messeinheiten entlang der Formstraße synchronisiert sind.

Durchlaufplattenwaage „Conti-Scale X ME“ misst fertige Platten

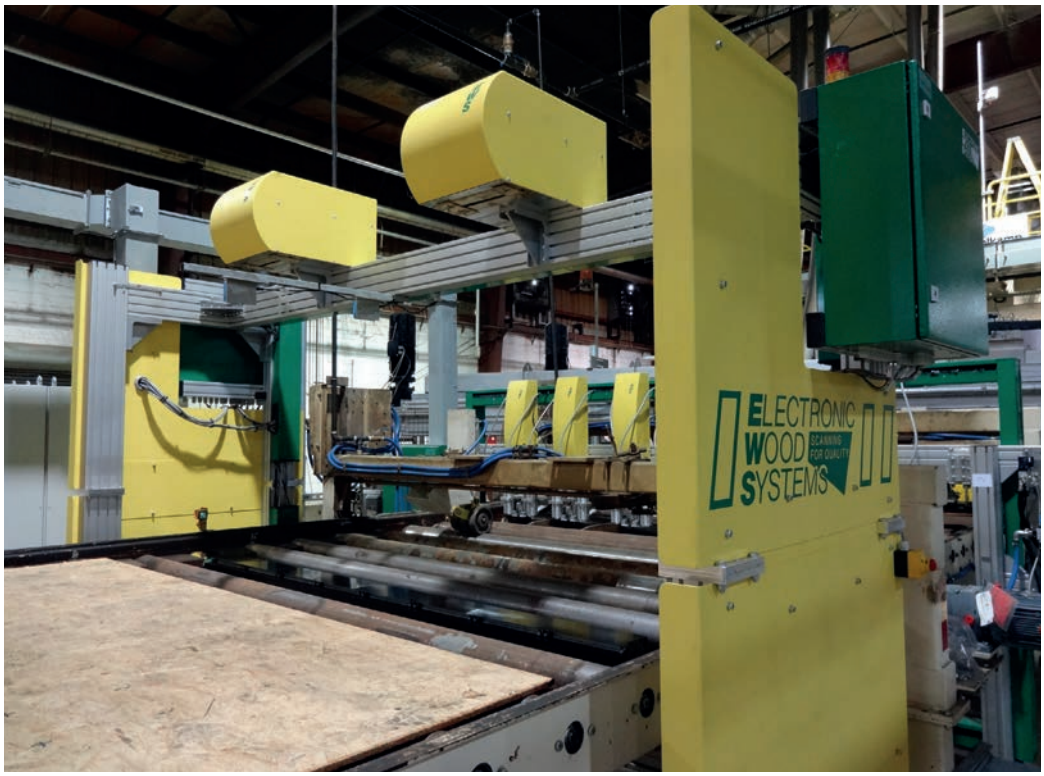
Dieses Röntgenmesssystem wird nach der Heißpresse zur Flächengewichtsmessung an der fertigen Platte positioniert. In Kombination mit den Ergebnissen der Plattendickenmessung kann weiterhin die Rohdichte und unter Anwendung der Plattendimensionen das Plattengewicht ausgewertet werden.
Im Produktionslayout ist die Anlage nie im Endlosstrang, sondern immer nach der Säge angeordnet, weil in den Plattenlücken die technisch unabdingbaren Leermessungen zum kontinuierlichen Abgleich des Nullsignals erfolgen. Die Röntgenmessanlage ersetzt die mechanische Rohplattenwaage, spart dabei beachtlich viel Platz (nur 335 mm Lücke in Produktionsrichtung für den in die Rollbahn integrierbaren Messbalken erforderlich statt 1,5-fache max. Plattenlänge für die auf Wiegezellen gelagerte Gurtbahn einer mechanischen Plattenwaage) und ist obendrein deutlich genauer. Zu letzterem später mehr.
Die flächendeckende Ausleuchtung der gesamten Plattenbreite erfolgt mit Strahlenfächern aus bis zu drei Röntgenröhren, die ca. 1500 mm über der Platte angeordnet sind. Gemessen wird in einzelnen Spuren von 100 mm Breite mit entsprechend einzelnen Detektoreinheiten an festen aber bei der Projektierung frei wählbaren Positionen und Anzahl – übrigens auch problemlos nachträglich erweiterbar. Damit lässt sich mit kostenbewusstem Blick auf das Gesamtbudget das Messsystem an die individuellen Anforderungen und Möglichkeiten anpassen.
Mehr Messinformationen erfordern dabei zwar auch eine höhere Investition entsprechend der Mehranzahl an Komponenten, erhöhen aber letztendlich die Aussagekraft des Ergebnisses. Der Spielraum erstreckt sich dabei von der Minimalüberwachung Links-Mitte-Rechts bis hin zum großflächigen Plattenscan mit beispielsweise 16 Spuren bei 8 Fuß Plattenbreite, wobei sich die Wahl von 8 Spuren bei 8 Fuß vernünftigerweise bewährt hat. *(Richtig, mit steigender Anzahl an Detektoreinheiten erhöht sich die überwachte Plattenfläche!)* Aus statistischer Sicht nimmt die Anzahl an Stichprobenelementen zu. Die Aussagekraft des Messergebnisses – also die Repräsentativität verbessert sich – weil die Messunsicherheit aus nicht erfassten Plattenbereichen sinkt. Im Spannungsfeld dazu steht bei der Auslegung der Spurenanzahl der Messanlage ein weiterer Sachverhalt, zur Erläuterung dessen es noch etwas tiefer in die Statistik einzutauchen gilt.
Jede Detektoreinheit D_i hat ihre eigene Messunsicherheit, die mit der Standardabweichung s_{D_i} beziffert werden kann. Es handelt sich im weitesten Sinne um ein Rauschen, was zwar technisch verringert aber nicht gänzlich eliminiert werden kann.
Durch Erhöhung der Integrationszeit – also durch Mittelung des Signals innerhalb einer Detektoreinheit – kann diese Einzelmessunsicherheit weiter verringert werden.
Das geschieht innerhalb jeder einzelnen Spur entlang der Plattenlänge.
Wird weiterhin jedoch über mehrere Detektoreinheiten – also die installierten Spuren – ein mittlerer Messwert für eine ganze Platte gebildet, überlagern sich die einzelnen Messunsicherheiten zur Gesamtunsicherheit des Mittelwertes. Das Ganze folgt dem Gaußschen Abweichungsfortpflanzungsgesetzt.
Die Einzelmessunsicherheiten der Detektoreinheiten können fertigungsbedingt als identisch betrachtet werden.
Die Gesamtunsicherheit (auch kombinierte Standardunsicherheit) des Plattenmittelwertes einer mehrspuren Durchlaufplattenwaage „Conti-Scale X ME“ mit einer Anzahl von n Spuren berechnet man also mit

$$s_{ges} = \sqrt{n} * s_D \quad .$$

Das ist die mathematisch-physikalische Realität und kann nicht wegdiskutiert werden. Es bedarf also einer anwendungsorientierten Abstimmung von Integrationszeit und Detektoranzahl so-

Bild 3: „Conti-Scale X ME“ – Durchlaufplattenwaage platzsparend in die vorhandene Rollbahn integriert

Figure 3: “Conti-Scale X ME“ – Inline panel scale integrated in the conveyor with minimum space requirements



wie Repräsentativität des Messergebnisses in Bezug auf die zu überwachende Schwankungsbreite der Flächengewichtsverteilung innerhalb der Platte.
Das System wird ausdrücklich nicht vor der Heißpresse, also zur Messung an der Partikelmatte im endlosen Formstrang, eingesetzt.

Lücken für Leermessungen – Physik ist nicht betrügbar

Die „Conti-Scale X ME“ ist für Messungen an fertigen Platten aus folgenden konzeptionellen Gründen ausgelegt:
• Plattenlücken für Leermessungen: Die stationären Röntgenröhren und Detektoren können für eine Leermessung nicht neben die Produktionslinie gefahren werden. Regelmäßige Leermessungen zum Abgleich des Nullsignals sind dennoch unabdingbar und können durch keinen Algorithmus zuverlässig kompensiert werden. Die oft schwankenden Umgebungsbedingungen im Bereich der Endfertigung sind dabei im wahrsten Sinne des Wortes unberechenbar. Und wozu soll man mit einem aufwendigen Rechenmodell versuchen etwas zu kompensieren, was man einfach „wegmessen“ kann. Denn nach Aufteilung des Endlosstranges nach der Diagonalsäge sind in den Lücken zwischen den Einzelplatten problemlos Leermessungen möglich.
• Durchstrahlungsgeometrie: Die Strahlenfächer der Röntgenröhren fallen in einem definierten Winkel durch die Platte auf die Detektoreinheiten. Der Winkel wird zum jeweiligen Rand und mit sinkendem Abstand von Röhre zu Platte flacher. Es entsteht der allseits bekannte Winkelfehler. Die Höhe der Röntgenröhre über den Detektoreinheiten der Durchlaufplattenwaage „Conti-Scale X ME“ ist aus Entwicklersicht wiederum ein Kompromiss: Je größer die Höhe der Röntgenröhre über dem Produkt, desto geringer ist der Winkelfehler. Je kleiner, desto geringer ist die erforderliche Leistung beim Betrieb der Röntgenröhre, was wiederum deren Lebensdauer beträchtlich erhöhen kann. Bei vergleichsweise geringen Durchstrahlungslängen – also einem üblichen Rohplattendickenspektrum von bis zu 42 mm – ist die steigende Durchstrahlungslänge innerhalb der Platte bei flacher werdendem Winkel korrigierbar. Handelt es sich jedoch um eine um den Faktor 10 größere Höhe der vorverdichteten Fasermatten, äußert sich der Winkelfehler dahingehend, dass im schrägen Einfall Mattenbereiche durchstrahlt werden, die gar nicht über der Detektorposition liegen (siehe MDF-Magazin 2016 S. 76, Abbildung 4, „Geometrischer Messfehler“). Die entsprechende Detektoreinheit würde also mit Fehlinformationen gefüttert werden.
An der Matte im Formstrang ist daher ein schmaler traversierender Messpunkt erforderlich, wobei der Röntgenstrahl senkrecht durch die Matte verläuft und die Einheit überdies für regelmäßige Leermessungen selbstständig neben die Formstraße fahren kann, wie zuvor beschrieben.
An dünnen Partikelmatten (nicht MDF, sondern mitunter Span und OSB) wäre bei entsprechender Röhrenhöhe der geometrische Messfehler zwar klein und dahingehend ein Einsatz denkbar, häufige Leermessung aller Detektoreinheiten wären aber nach wie vor im Formstrang nicht zu realisieren. Auch die Leermessung an einer zusätzlichen Detektoreinheit am Rande des Strahlenfächers neben dem Formband ist nicht des Rätsels Lösung. Die Detektoreinheiten weisen ein individuelles Driftverhalten auf und die Intensitätsverteilung der Strahlung über die Fächerbreite variiert gleichfalls. Die Physik lässt sich einfach nicht betrügen.
Es gilt also für die Flächengewichtsmessung mit Röntgentechnik:
• Stationäre Systeme nur im Bereich der fertigen Platte mit Lücken für Leermessungen.
• Traversierende Messköpfe im endlosen Formstrang auch bei großen Mattenhöhen.

Ein Mattenscanner, zwei Funktionen: „Eco Scan Neo“

Der Mattenscanner „Eco Scan Neo“ wurde im Auftrag von Siempelkamp entwickelt und ist der jüngste Vertreter innovativer Röntgenmesssysteme von EWS. Das Messsystem ist für die Installation in der Formstraße (nach der Vorpresse) bestimmt. Wenngleich bei der Entwicklung

ein besonderer Fokus auf der MDF-Produktion lag, wurde nach dem Prototypen (MDF) nunmehr schon ein weiterer Mattenscanner „Eco Scan Neo“ in einer OSB-Fertigungslinie installiert und ist natürlich auch für Span-Matten einsetzbar. Das Lastenheft des Entwicklungsauftrages war umfangreich. Zur hochpräzisen Flächengewichtsmessung kam die zuverlässige Fremdkörpererkennung als weitere Messaufgabe hinzu. Beides sollte deutlich über den gegenwärtigen Stand der Technik hinausgehen. Die strikte Aufgabenteilung ist dabei wiederum Kern bei der Umsetzung des innovativen Gesamtkonzeptes. Wie bereits *Solbrig 2016* in seinem Vortrag auf dem 10. EPF-Symposium aufzeigte (vgl. MDF-Magazin 2016), kann ein und dasselbe Röntgensystem diese beiden Messaufgaben nicht befriedigend erfüllen. Deshalb umfasst der Mattenscanner „Eco Scan Neo“ die zwei Teilsysteme

- traversierende Flächengewichtsmessung und
- flächendeckende Fremdkörpererkennung,

deren individuelle Charakteristiken im Folgenden verdeutlicht werden sollen. Dem Anwender erschließt sich dies erst auf dem zweiten Blick, zumal beide Anlagenkomponenten (Bild 4) in einem gemeinsamen Gehäuse (Bild 5) untergebracht nach außen geschlossen wirken und dazu im inneren eng verknüpft sind. Die Teilsysteme können ferner sogar exklusiv installiert werden, wenn nur eine der beiden Messaufgaben erfüllt werden soll.

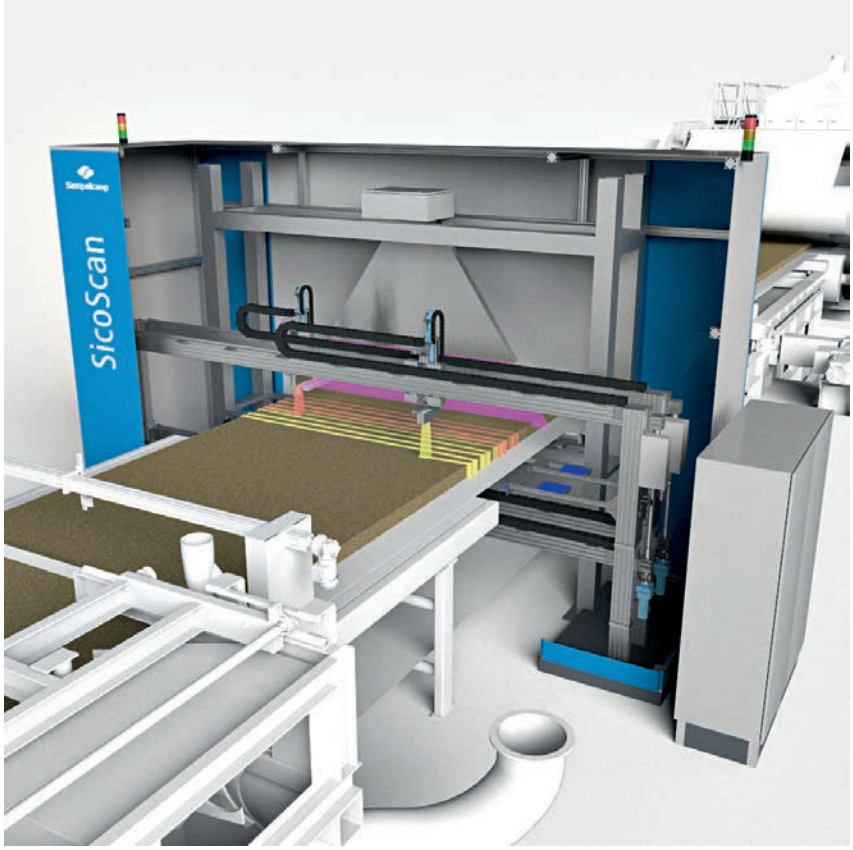


Figure 4: Mat scanner “Eco Scan Neo“ including traversing area weight measurement and full-width foreign body detection

Bild 4: Mattenscanner „Eco Scan Neo“ mit traversierender Flächengewichtsmessung und flächendeckender Fremdkörpererkennung

Bild 5: Mattenscanner „Eco Scan Neo“ in einer Produktionslinie für OSB

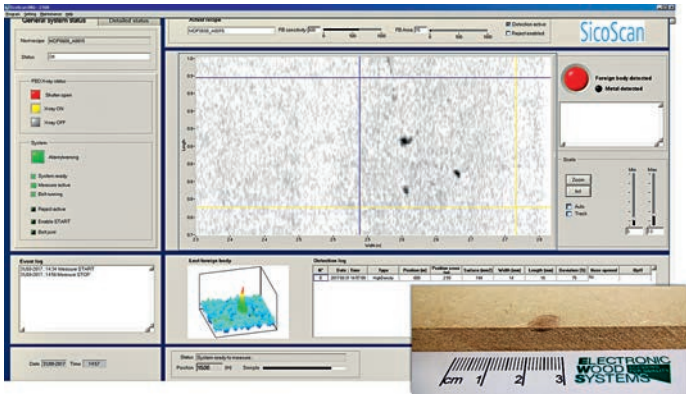
Figure 5: Mat scanner “Eco Scan Neo“ installed in an OSB forming line

Selbsteinstellende „fliegende“ Messköpfe

Bei diesem Anlagenteil des neuen Mattenscanners wurde auf die Erfahrungen mit der traversierenden Flächengewichtsmessung „Mass-Scan X ME“ zurückgegriffen. Der Aufbau ist ähnlich mit der Röntgenröhre unter dem Formband, die einen schmalen Strahl senkrecht durch die Matte schickt, der auf den Detektor darüber trifft. Damit hat das System wiederum keinen geometrischen Messfehler und es können auch die so wichtigen Mattenränder ohne Einfluss aus den Nachbarsegmenten genau durchstrahlt werden. Das „Multi Energy-Konzept“ wurde für die Flächengewichtsmessung grundlegend überarbeitet und auf einen eigens mit dem Forschungspartner entwickelten Detektor zugeschnitten. Dabei wurden die Energie- respektive Messbereiche so gewählt und eingestellt, dass über die gesamte Flächengewichtsspanne der Produktion eine gleichbleibend hohe Auflösung von ±0,5 % des aktuellen Mattengewichts erzielt werden kann. Für die kleinen Mattenhöhen bei geringen Flächengewichten, wo die Messung mit hoher Genauigkeit besonders anspruchsvoll ist, passt das System selbständig den Abstand des Detektors zur Matte an, um die hohe Empfindlichkeit bei geringer Strahlungsleistung beizubehalten. Auch das Formband wird explizit berücksichtigt. Dessen übliche Flächengewichtsschwankungen von bis zu ±1 % (also etwa ±20 g/m²) würden insbesondere bei Dünnplatten die gemessene Flächengewichtsverteilung der Matte verfälschen. Deshalb wird das Formband bei Inbetriebnahme komplett gescannt und im Messbetrieb in den

Bild 7: Mattenscanner „Eco Scan Neo“ – Die hohe Sensitivität der Fremdkörpererkennung detektiert auch Leimklumpen, die zwar nicht sicherheitskritisch aber qualitätsrelevant sind

Figure 7: Mat scanner “Eco Scan Neo“ – High-sensitivity foreign body detection even displays resin lumps relevant to quality



Ergebnissen kompensiert. Auch die hochpräzise Formbandvermessung wäre ohne die erweiterte „Multi Energy-Technologie“ nicht realisierbar. Über die deutlich gesteigerte Messgenauigkeit hinaus konnte dank des hocheffizienten Detektors die Integrationszeit (Messzeit) verringert und damit die Traversiergeschwindigkeit des Messkopfes erhöht werden. Damit nicht genug: Die zwei synchronisierten Messtraversen des Systems (Bild 6) verdoppeln die resultierende Geschwindigkeit und liefern im 2,5 s-Takt die Messwerte einer Mattenüberfahrt. Der Formstrang wird also kreuzweise gescannt. Die doppelt-sinusförmige Abtastung der Matte erlaubt schließlich die zuverlässige Erfassung systematischer Abweichungen bei der Mattenformung und die Anzeige eines aussagekräftigen Querprofils auch bei hohen Produktionsgeschwindigkeiten in einer modernen Dünnstplattenlinie.

Intelligente Fremdkörpererkennung durch selbstlernenden Algorithmus

In der Automatisierung verbunden, aber röntgentechnisch vollkommen unabhängig von der traversierenden Flächengewichtsmessung agiert der Fremdkörperscanner – und umgekehrt. Die klare Trennung dieser grundverschiedenen Messaufgaben bedeutet zwar einen entsprechenden technischen Mehraufwand, aber nur so kann für beide das optimale Ergebnis erzielt werden. Bei der Entwicklung des Fremdkörperscanners wurde wiederum Force Technology, Kopenhagen, Division Sensor & NDE Innovation exklusiv hinzugezogen, mit denen EWS schon langjährig gute Kooperation bei der Detektorentwicklung pflegt. Der grundlegende Messaufbau eines Röntgensystems findet sich auch bei der Fremdkörpererkennung wieder, wobei ein breiter Fächerstrahl aus der Quelle hoch über der Matte diese vollflächig durchstrahlt und auf eine durchgehende Detektorzeile direkt unter dem Formband trifft. Natürlich kommt es im Randbereich zu einer Schrägdurchstrahlung der Matte. Was bei der Flächengewichtsmessung zu einem geometrischen Messfehler führen würde, spielt aber bei der reinen Fremdkörpererkennung nur eine untergeordnete Rolle. Der Fremdkörper muss in erster Linie zuverlässig erkannt werden – egal wo. Dessen genaue Position über die Mattenbreite ist nur in einem gröberen Raster von Interesse. Dennoch hat der Detektor eine feine geometrische Auflösung (vergleichbar mit den Pixeln einer Digitalkamera), die zusammen mit einem intelligenten Algorithmus eine Erkennung von bis zu 1,6 mm kleinen Fremdkörpern erlaubt. Die kontinuierlich aufgenommenen Graustufenbilder werden in wenigen Millisekunden ausgewertet. Bei gefundenem Fremdkörper gemäß den eingestellten Parametern Sensitivität und Fläche werden Signale in entsprechenden Stufen ausgegeben. Bei der Bildauswertung beobachtet die selbstlernende Software die regulären Produktschwankungen, um diese von wirklichen Fremdkörpern zu unterscheiden und Fehlauslösungen zu vermeiden. Das Röntgensystem ist auf den messtechnisch schwierigsten Fall – kleiner, nicht-metallischer Fremdkörper bei hohem Mattengewicht – ausgelegt. Deshalb ermöglicht die grundlegend hohe, aber einstellbare Sensitivität auch die Erkennung von kleinen Fremdkörpern

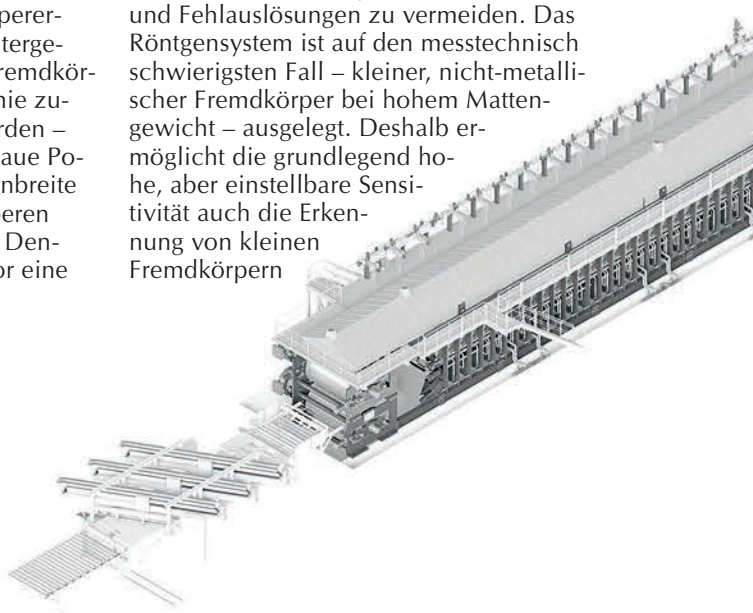


Bild 6: Mattenscanner „Eco Scan Neo“ – Die „fliegenden“ Messköpfe des Anlagenteils für die Flächengewichtsmessung sind synchronisiert und liefern im 2,5 s-Takt die Messwerte einer Mattenüberfahrt

Figure 6: Mat scanner “Eco Scan Neo“ – The „flying“ measuring heads yield synchronised area weight results every 2.5 s

(z. B. Leimklumpen) bei dicken Platten, die mitunter nicht ausgeschleust werden sollen, aber für Prozesskontrolle, Instandhaltung und nicht zuletzt die Technologie sowie Qualitätssicherung von Interesse sind (Bild 7).

Künftiger Standard: Vollintegration der Messsysteme

Moderne Messsysteme sind in die Leittechnik der Holzwerkstoffproduktion integriert und tauschen etwa per OPC-Schnittstelle Prozess- und Messdaten aus. So werden auch bei den beschriebenen Röntgenmesssystemen alle Messparameter vollautomatisch auf Basis der aktuellen Rezeptur eingestellt und Messwerte für die Prozessregelung zur Verfügung gestellt. Auch die Vorgabewerte für die Fremdkörpererkennung (Sensitivität und Fläche) erhält der Mattenscanner „Eco Scan Neo“ aus der entsprechend überarbeiteten Rezeptverwaltung. Integration geschieht nicht nur auf technischer Ebene. Auch bei der Prozessqualifizierung und Qualitätssicherung ist die Einbindung nachweislich fähiger inline-Messsysteme künftig unerlässlich. Die Bewertung von Mess- und Prüfsystemen erfolgt im Allgemeinen durch Gegenüberstellung der zu überwachenden Toleranz oder Prozessstreubreite im Verhältnis zur Unsicherheit der Messung. Aus der Faustformel *Toleranz Messsystem ~ 0,2 × Toleranz Prozess* ergibt sich für die Flächengewichtsmessung im „Eco Scan Neo“ eine zuverlässig messbare Streutoleranz von < ±2,5 % über die gesamte Flächengewichtsspanne. Die Etablierung dieser Methoden zur Messsystem- und Prozessqualifizierung wird von EWS unterstützt und ist zukunftsweisend in der Holzwerkstoffindustrie.

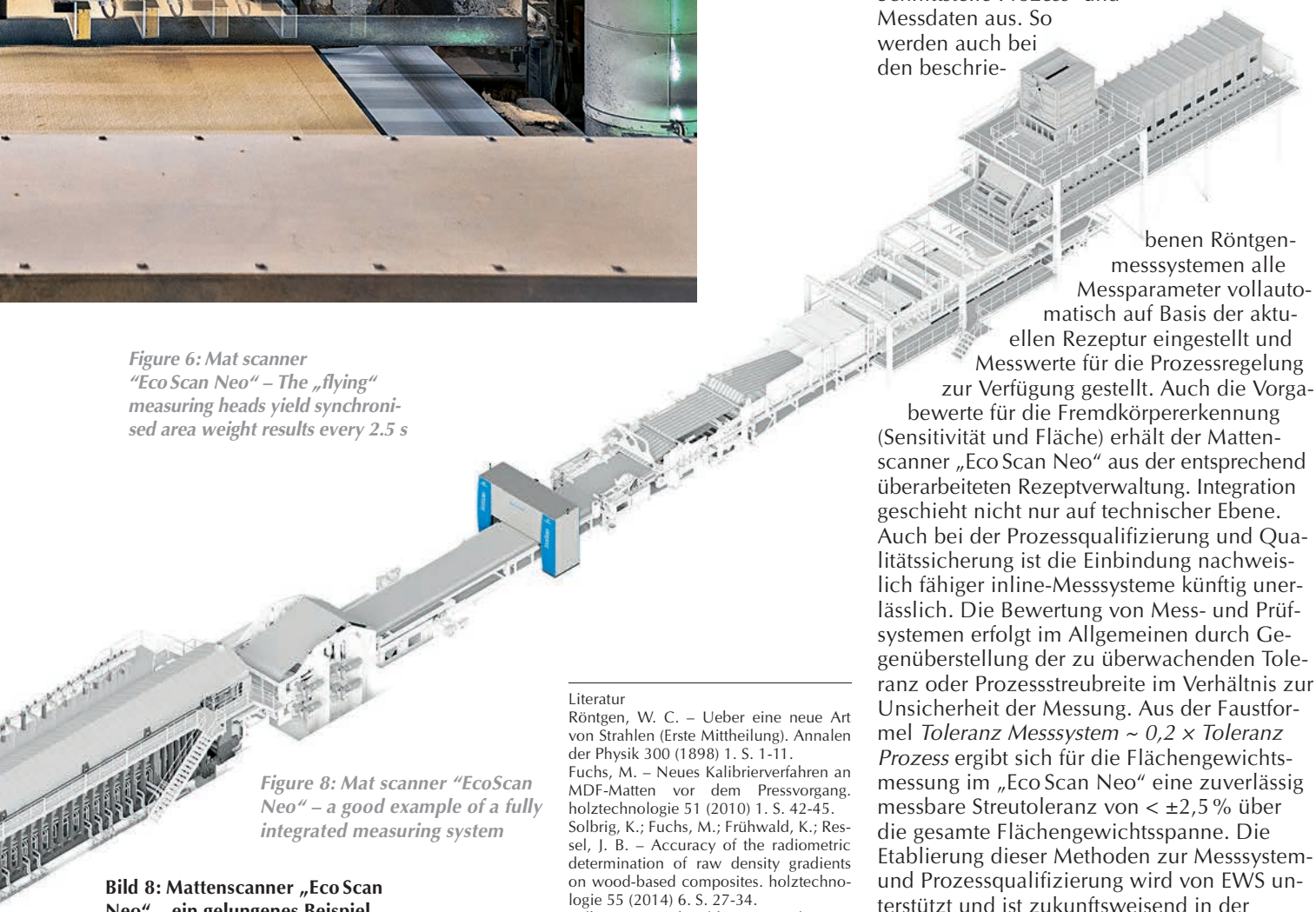


Figure 8: Mat scanner “EcoScan Neo“ – a good example of a fully integrated measuring system

Bild 8: Mattenscanner „Eco Scan Neo“ – ein gelungenes Beispiel für die Vollintegration von Messtechnik in den Produktionsprozess

Literatur

Röntgen, W. C. – Ueber eine neue Art von Strahlen (Erste Mittheilung). Annalen der Physik 300 (1898) 1. S. 1-11.

Fuchs, M. – Neues Kalibrierverfahren an MDF-Matten vor dem Pressvorgang. holztechnologie 51 (2010) 1. S. 42-45.

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. In: Ross, R. J.; Gonçalves, R.; Wang, X. (Hrsg.) 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium. General Technical Report FPL-GTR-239. Rio de Janeiro, Brazil. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, 2015. S. 303-313.