



**INFOR-Projekt Nr. 160 R**

**Staubprobleme bei der Herstellung und Verarbeitung  
von Papier: Charakterisierung der wichtigsten Ursachen  
und Bewertung der Eignung der verfügbaren Analytik**

**Schlussbericht**

**August 2014**

Technische Universität Dresden  
Institut für Holz- und Papiertechnik  
Professur für Papiertechnik

Prof. Dr.-Ing. Harald Großmann  
Projektbearbeiter:  
Dipl.-Ing. Ina Greiffenberg



## **Abschlussbericht**

### **Staubprobleme bei der Herstellung und Verarbeitung von Papier: Charakterisierung der wichtigsten Ursachen und Bewertung der Eignung der verfügbaren Analytik**

INFOR-Projekt Nr. 160R

Dipl.-Ing. Ina Greiffenberg

#### **Projektleiter:**

Prof. Dr.-Ing. Harald Großmann

Technische Universität Dresden

Institut für Holz- und Papiertechnik

Professur für Papiertechnik

August 2014

|                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Das Forschungsprojekt wird gefördert über das Kuratorium für Forschung und Technik der Zellstoff- und Papierindustrie im VDP e.V., Bonn |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                          |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung .....</b>                                                  | <b>2</b>  |
| 1.1      | Entstehung von Papierstaub .....                                         | 2         |
| 1.2      | Durch Staub verursachte Probleme .....                                   | 3         |
| 1.3      | Zielstellung des Projektes .....                                         | 5         |
| <b>2</b> | <b>Umfrage .....</b>                                                     | <b>6</b>  |
| 2.1      | Inhalt der Umfrage .....                                                 | 6         |
| 2.2      | Auswertung der Umfrage .....                                             | 6         |
| 2.3      | Schlussfolgerungen .....                                                 | 10        |
| <b>3</b> | <b>Messtechnische Erfassung von Oberflächenstaub.....</b>                | <b>12</b> |
| 3.1      | Möglichkeiten der messtechnischen Erfassung von Oberflächenstaub .....   | 12        |
| 3.2      | Indirekte Messung des Oberflächenstaubes .....                           | 12        |
| 3.2.1    | Dennison-Wachs-Methode .....                                             | 12        |
| 3.2.2    | Abriebprüfgerät nach Taber® .....                                        | 12        |
| 3.3      | Direkte Messung des Oberflächenstaubes.....                              | 13        |
| 3.3.1    | OST-Online Staubmessgerät .....                                          | 13        |
| 3.3.2    | LintView Tester .....                                                    | 14        |
| 3.3.3    | STFI LintPick Test.....                                                  | 15        |
| 3.3.4    | IGT Papierstaub Testgerät (Fluff Tester) .....                           | 15        |
| 3.3.5    | Acoustic Dust Tester .....                                               | 16        |
| <b>4</b> | <b>Messtechnische Erfassung von Schnittkantenstaub .....</b>             | <b>17</b> |
| 4.1      | Möglichkeiten der messtechnischen Erfassung von Schnittkantenstaub ..... | 17        |
| 4.2      | Direkte Messung des Schnittkantenstaubes.....                            | 17        |
| 4.2.1    | Klebebandmethode .....                                                   | 17        |
| 4.2.2    | SKS-Schnittkantenstaubtester.....                                        | 18        |
| 4.3      | Indirekte Messung des Schnittkantenstaubes .....                         | 19        |
| 4.3.1    | Mikroskopische Bewertung der Schnittkantenqualität.....                  | 19        |
| 4.3.2    | Umsetzung 1: Erfassung von Schnittkantenprofilen.....                    | 21        |
| 4.3.3    | Umsetzung 2: Messung der Schnittqualität bei Stora Enso .....            | 22        |
| 4.3.4    | Umsetzung 3: Cut Quality Scanner (CQS) .....                             | 23        |
| <b>5</b> | <b>Zusammenfassung .....</b>                                             | <b>25</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                                        | <b>26</b> |

# 1 Einleitung

## 1.1 Entstehung von Papierstaub

Der Anfall von Staub bei der Ausrüstung von Papier und Karton noch innerhalb der Papier- oder Kartonfabrik, bei der Weiterverarbeitung bzw. dem Bedrucken sowie im Gebrauch papierbasierender Fertigprodukte ist unvermeidlich. Dies gehört zu den wenigen negativen Aspekten dieser Werkstoffe und ist unmittelbare Folge ihrer ansonsten überlegenen Umweltkompatibilität bezüglich der Ressourcenbasis, die überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen besteht und ihrer hervorragenden, für kaum einen anderen Werkstoff gegebenen Rezyklierbarkeit.

Die wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von Staub beim Umgang mit Papier und Karton ist in der Zusammensetzung dieser Werkstoffe begründet. Sie bestehen aus Holzfasern eines sehr breiten granulometrischen Spektrums, aus kleinteiligen Mineralien, gegebenenfalls aus papierfremden Bestandteilen, die aus zurückliegenden Produktionszyklen stammen, und aus einer Reihe von Additiven. Diese Komponenten sind über mehr oder weniger starke Wechselwirkungen miteinander verbunden. Unter geeigneten Bedingungen können die aus diesen Wechselwirkungen resultierenden Bindungskräfte lokal überwunden werden. Dies kann beabsichtigt erfolgen, z. B. beim Schneiden, oder unbeabsichtigt, z. B. bei Bahnrissen. In beiden Fällen kann es zum Stauben kommen.

Damit sind die wesentlichen Bedingungen für den Staubanfall genannt. Wenn äußere Kräfte die Bindungskräfte von Komponenten des Papiers vollständig überwinden, werden diese in Form von Staub freigesetzt. Dies kann bei Beanspruchungen des Werkstoffs in der Oberfläche geschehen (Oberflächenstaub) oder beim Trennen (Schnittstaub). Bei einem optimalen Trennschnitt wären diese Bedingungen freilich nicht gegeben, da er zu einer kontrollierten Durchtrennung der Komponenten in der Schnittebene führen sollte. Dass diese theoretische Definition des Schneidens mit der Realität aber nur selten im Einklang steht, ist hinreichend bekannt.

Während die auf Papier oder Karton einwirkenden äußeren Kräfte ebenso wie die typischerweise herrschenden Umgebungsbedingungen (klimatische, elektrostatische u. ä.) für einen gegebenen Prozess meist noch relativ gut abgeschätzt werden können, gilt dies für die Bindungskräfte, die die Komponenten im Blattgefüge zusammen halten, bei weitem nicht im gleichen Maße. Sie hängen vielmehr von zahlreichen Parametern ab, deren wichtigste die Art (z. B. Anteil an Gefäßzellen), die Abmessungen und der Fibrillierungszustand der Fasern, die Art und Menge an Füllstoffen und ihre Verankerung im Blattgefüge, gegebenenfalls die Intensität der Bindungsaktivierung durch Festigkeit steigernde Additive und nicht zuletzt der Feuchtegehalt sind.

Die Ursachen für Staubanfall sind ähnlich vielfältig wie ihre Auswirkungen und können grundsätzlich in allen Prozessstufen gegeben sein, in denen die Beanspruchungen des Werkstoffs die Kohäsionskräfte seiner Komponenten im Gefüge übersteigt. Das Spektrum dieser Kräfte ist sehr groß. So reichen schon relativ schwache, z. B. elektrostatische Kräfte aus, um lose gebundene (z. B. Mineralien) oder bindungsarme (z. B. Gefäßzellen) Komponenten aus der Oberfläche des Werkstoffs herauszulösen. Am anderen Ende des Spektrums stehen die z. T. sehr hohen Bindungskräfte zwischen benachbarten Fasern. Sie können aber

z. B. durch die hohen Zugkräfte am Ende eines Druckschnitts leicht überwunden werden, so dass es zum „Herausziehen“ nicht geschnittener Fasern aus dem Gefüge kommt: die Ursache des Entstehens von Schnittstaub. Die zweifellos kritischsten sind deshalb alle trennenden Prozesse, sowohl bei Rollen- als auch Formatpapieren, wobei hierbei aber auch der Zustand der Messer und die korrekte Einstellung der gesamten Schneidvorrichtung entscheidend sind (Abb. 1).

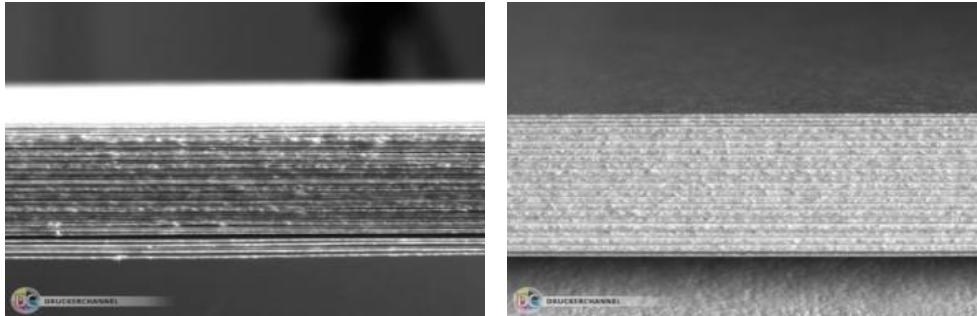


Abb. 1: Schnittkantenqualitäten vor (links) und nach einem Messerwechsel

## 1.2 Durch Staub verursachte Probleme

Wenn die technischen, technologischen oder ökonomischen Auswirkungen aufgrund Art oder Menge des generierten Staubs ein nicht mehr akzeptables Maß annehmen, müssen geeignete Abhilfemaßnahmen getroffen werden.

Die durch Papierstaub hervorgerufenen Probleme können sich äußern in Form von

- **Schmutzablagerungen**

Im einfachsten Fall äußern sich Staubprobleme nur in Form von Schmutz oder staubinduzierten Ablagerungen an oder in der Umgebung von Maschinen oder Geräten. Solche Probleme können meist relativ einfach behoben werden, aber mitunter nur zu dem Preis eines höheren Aufwands, höherer Kosten oder gar Beeinträchtigungen der Produktivität, z. B. durch kürzere Reinigungsintervalle.



Abb. 2: Staubbedingte Verschmutzung an einem Falztrichter

- **Beeinträchtigung der Prozess-/Qualitätskontrolle**

Wesentlich schwerwiegender werden die Probleme, wenn die Arbeit von insbesondere optischen Sensoren zur Prozess- oder Produktüberwachung durch Staub beeinträchtigt wird, insbesondere dann, wenn die hiervon hervorgerufenen Störungen nicht sofort erkannt werden können. Wenn nicht gleichzeitig Beeinträchtigungen der Produktqualität auf-

treten, können solche Probleme durch die Installation leistungsfähiger Absauganlagen bzw. die Auswahl entsprechend robuster Sensorik gelöst werden.

- **Beeinträchtigung der Produktqualität und der Weiterverarbeitbarkeit**

Diese in manchen Fällen außerordentlich kostenintensiven und im ungünstigsten Fall erst von den Kunden bemerkten Ausprägungen von Staubproblemen sind wohl am besten bekannt und werden traditionell am intensivsten bekämpft. Vorrangig führen sie in Weiterverarbeitungsbetrieben und dort überwiegend in Druckereien zu Problemen, und zwar sowohl beim Tiefdruck als auch beim Rollenoffsetdruck (Falzapparate, speziell Trichterfalz, Klappenfalz). Beim Offsetdruck kommen die Verschmutzung des Drucktuchs durch Oberflächenstaub des Papiers sowie das „Aufbauen“ aufgrund von Schnittkantenstaub hinzu. Verkürzte Waschintervalle bzw. erhöhter Verschleiß der Drucktücher sind die Folge.

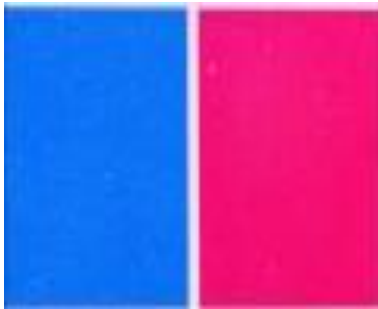


Abb. 3: Druckergebnis bei stark staubendem Papier

- **Gesundheitliche Risiken**

Papierstaub ist brennbar und bei entsprechender Konzentration in der Luft (aufgewirbelt) auch explosionsfähig. Tatsächlich gibt es bereits Berichte über Staubexplosionen in Offsetdruckereien [1]. Die mögliche gesundheitliche Belastung an Büroarbeitsplätzen durch Papier oder dessen Staub (z. B. durch Einatmen von Papierstaub bei der Aktenvernichtung) führte in der jüngeren Vergangenheit vereinzelt zu Besorgnis. Verunsicherungen lösten auch Berichte über mögliche Papierstaubemissionen beim Betrieb von Druckern und Kopierern aus.

Die bezüglich potentieller Gesundheitsgefährdungen relevante Staubmenge setzt sich zusammen aus atembarem, thorakalem und Feinstaub. Zu der ersten Gruppe zählen Partikel mit einer Größe von ca. 100  $\mu\text{m}$ , die sich in den oberen Atemwegen ablagern können. Thorakale Stäube sind Stäube mit Partikeln von ca. 10  $\mu\text{m}$  Größe, die sich in den Atemwegen der Lunge, und Feinstäube solche mit Partikelgrößen von ca. 2 ... 4  $\mu\text{m}$ , die sich in den Alveolen (Lungenbläschen) ablagern können.

Entsprechende Staubanalysen aus Betrieben der Papiererzeugung und Papierverarbeitung haben gezeigt, dass die dort erfassten Stäube durchaus nicht nur gesundheitlich unbedenkliche Partikelgrößen aufweisen. Abb. 4 zeigt Messwerte für Zeitungsdruckpapiere, die an Kreismessern sowie an Falzapparaten ermittelt wurden.

| Probe   | Gew.-% bei Korngrößenverteilung [µm] |       |       |      |      | Medianwert<br>[µm] | Feuchte<br>[Gew.-%] | Druck   |
|---------|--------------------------------------|-------|-------|------|------|--------------------|---------------------|---------|
|         | < 500                                | < 250 | < 125 | < 63 | < 32 |                    |                     |         |
| 1-KR *  | 96                                   | 86    | 58    | 24   | 4    | 105                | 9,7                 | Zeitung |
| 2-FA ** | 81                                   | 58    | 26    | 3    | 1    | 210                | 9,2                 | Zeitung |
| 3-KR    | 96                                   | 89    | 70    | 35   | 6    | 85                 | 6,5                 | Zeitung |
| 4-FA    | 84                                   | 61    | 5     |      |      | 235                | 5,7                 | Zeitung |
| 7-FA    | 92                                   | 88    | 65    | 29   | 1    | 100                | 5,7                 | Zeitung |
| 8-KR    | 96                                   | 94    | 83    | 42   | 12   | 70                 | 6,9                 | Zeitung |
| 9-KR    | 88                                   | 66    | 41    | 1    |      | 160                | 5,9                 | Zeitung |
| 10-FA   | 87                                   | 52    | 21    | 8    |      | 240                | 5,7                 | Zeitung |

\* KR= Kreismesser \*\* FA= Falzapparat

Abb. 4: Ergebnisse für Staubpartikelgrößen an Kreismessern und Falzapparaten bei der Verarbeitung von Zeitungsdruckpapier

Bezüglich der gesundheitlichen Gefährdung von Büroangestellten beim Umgang mit Papier kommt der IFA-Report 2011 zu dem Schluss, dass sich zwar im Regelfall eine substantielle Gefährdung nicht ermitteln lässt, dass aber

- in Stäuben bestimmter Papiersorten Gefahrstoffe vorhanden sein können,
- Papierstäube in Einzelfällen kontaktallergische Reaktionen verursachen können,
- vereinzelt nachteilige Wirkungen auf den oberen Atemweg nachgewiesen werden konnten,
- objektive Analysen der Staubexposition bislang fehlen,
- nur bei bekannter Expositionshöhe die Gesundheitsschädlichkeit beurteilt werden kann,
- bisher nur begrenzte Messergebnisse über die Staubkonzentration von Papier vorliegen,
- nur unzureichende Daten über ein kanzerogenes Potenzial von Zellulosefasern vorliegen.

### 1.3 Zielstellung des Projektes

Ziel des Projektes war die Erarbeitung von praxisrelevanten Empfehlungen für möglichst objektive Methoden zur Bewertung der Staubneigung von Papier- und Kartonprodukten.

Die Projektziele sollten im Wesentlichen erreicht werden durch

- eine umfassende Analyse der wesentlichen spezifischen Ursachen für die Entstehung von Staub (Erstellung eines Ursachenkatalogs) bei der Herstellung/Verarbeitung von Papier und Karton,
- eine mittels Fragebogen und Recherchen vor Ort zu erarbeitende, vergleichende Bestandsaufnahme der aktuell in der Industrie praktizierten Methoden zur Detektion und Quantifizierung von Schnittkanten- und Oberflächenstaub sowie der praktizierten Abhilfemaßnahmen,
- eine Analyse praxisrelevanter produkt- und prozessspezifischer Ursachen der Staubentstehung,
- die Bewertung moderner, auch in anderen Industrien erfolgreich eingesetzter Messtechniken zur Staubbildung hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz in der Papierindustrie.

## **2 Umfrage**

### **2.1 Inhalt der Umfrage**

Um zunächst den Bestand der aktuell in der Papierherstellung und Weiterverarbeitung praktizierten Methoden zur Detektion und Quantifizierung von Staub aufzunehmen, wurde ein umfassender Fragebogen erarbeitet, der folgende Punkte umfasste:

- Branchenzugehörigkeit des Unternehmens (Erzeugung oder Verarbeitung)
- Art der Papiere/Kartons, auf die sich die weiteren Antworten beziehen
- Bereiche der flächenbezogenen Massen dieser Papiere
- Zusammenhang zwischen der Faserstoffzusammensetzung (Langfaser, Kurzfaser, Recyclingfaser) der Papiere und ihrer Staubneigung
- Angaben zur Strichzusammensetzung, soweit es sich um gestrichene Produkte handelt
- Angabe der Stellen des stärksten Staubanfalls
- Differenzierung zwischen Oberflächenstaub (verursacht durch unzureichende Verankerung von Faserstoffen oder Füllstoffen im Gefüge oder zu geringe Oberflächenfestigkeit) und Schnittkantenstaub (verursacht durch das Schneidverfahren oder die Messerqualität)
- Art der durch den Staubanfall generierten Probleme
- Verfügbarkeit von Messtechnik zur Staubdetektion im Unternehmen
- Einsatz von Maßnahmen zur Staubverringerung/Staubvermeidung und gegebenenfalls welche

Um ein repräsentatives Umfrageergebnis zu erhalten, wurde der Fragebogen sowohl von den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses als auch von Schulungsteilnehmern im Papierzentrum Gernsbach bearbeitet. Insgesamt konnten 15 Fragebogen ausgewertet werden.

### **2.2 Auswertung der Umfrage**

Im ersten Teil der Umfrage wurden Informationen über die Branchenzugehörigkeit der Unternehmen und über die Papiere, mit denen die Firmen zu tun haben, gesammelt. Es wurde festgestellt, dass der überwiegende Teil der Befragten aus der Papiererzeugung kommt, hier gab es 11 Nennungen. Weitere Vertreter sind Papierverarbeiter mit 6 Nennungen sowie Maschinenbauer und Drucker mit jeweils 2 Nennungen. Es ist zu erwähnen, dass es bei der Beantwortung dieser Frage Mehrfachnennungen gab. Die Papiere, mit denen die befragten Firmen zu tun haben, sind zum überwiegenden Teil graphische Papiere und Verpackungspapiere. Ebenso wurden Spezialpapiere und Hygienepapiere genannt. Auch hier gab es Mehrfachnennungen. Die Antworten sind in Abb. 5 zusammengefasst.



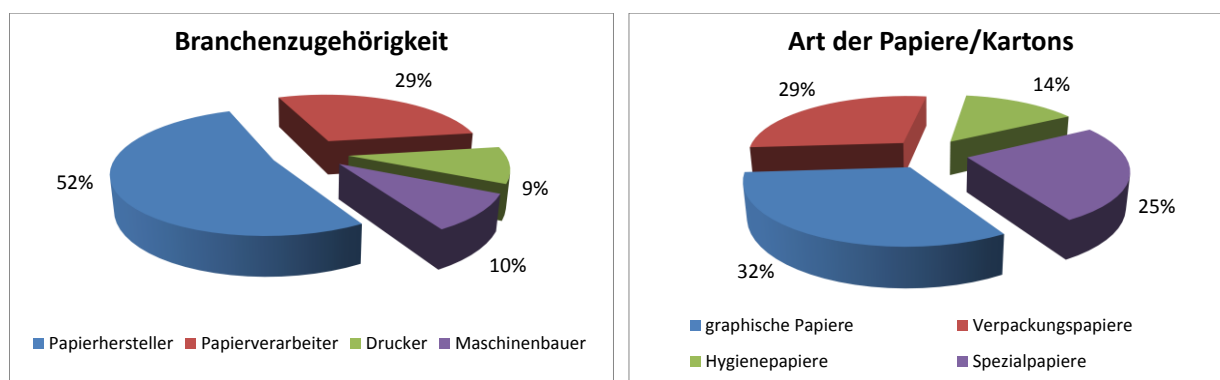


Abb. 5: Branchenzugehörigkeit und Art der Papiere/Kartons

Um die Frage nach dem Bereich der flächenbezogenen Massen, mit denen die Befragten zu tun haben, zu vereinfachen, wurde in 3 Bereichen unterteilt: unter 100 g/m<sup>2</sup>, zwischen 100 und 200 g/m<sup>2</sup> und über 200 g/m<sup>2</sup>. Die Ergebnisse sind in der Abb. 6 dargestellt.

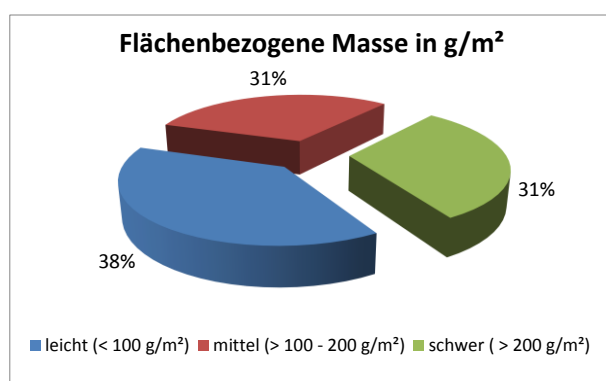
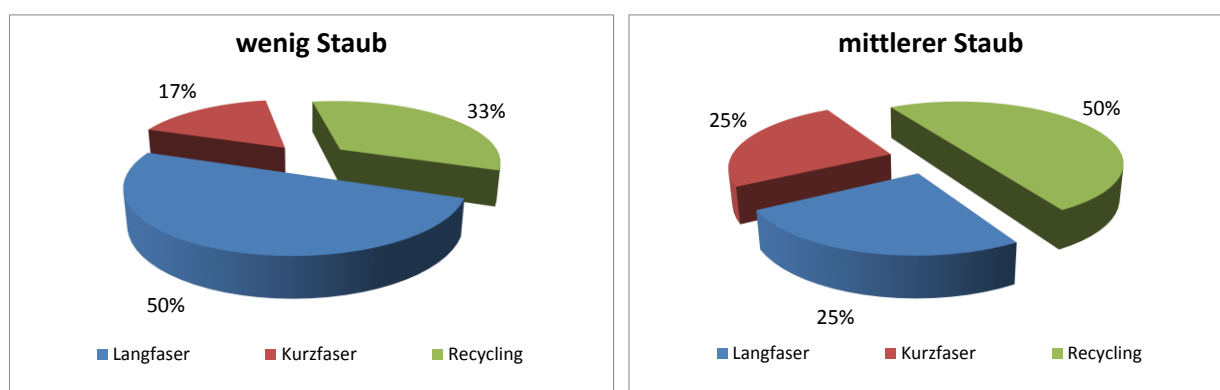


Abb. 6: Bereiche der flächenbezogenen Massen der Papiere

Wie in der Abb. 6 ersichtlich wird, fielen die Antworten auf diese Frage sehr ausgewogen aus. 38 % der Befragten haben mit leichten Papieren zu tun und jeweils 31 % der Befragten mit Papieren mittlerer und höherer flächenbezogener Massen.

In der nächsten Frage ging es darum, ob die Betroffenen einen Zusammenhang zwischen der Faserstoffzusammensetzung (Langfaser, Kurzfaser, Recyclingfaser) der Papiere und ihrer Staubneigung sehen. Diese Frage beantworteten nicht alle Teilnehmer, lediglich die Hälfte der Befragten gab hierauf eine Antwort. Diese Antworten sind in der Abb. 7 verdeutlicht.



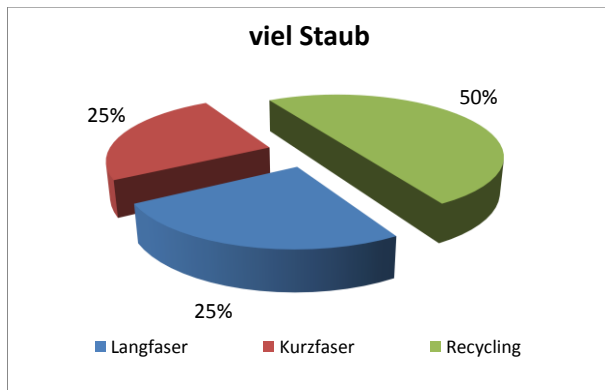


Abb. 7: Zusammenhang zwischen Faserstoffzusammensetzung und Staubneigung

Am wenigsten Staub fällt bei einem Einsatz von Langfasern an, mehr Staub gibt es beim Einsatz von recycelten Fasern, wobei die Befragten hier nicht mehr zwischen einem mittleren Staubanfall und einem großen Staubanfall unterschieden.

Eine weitere Frage bezog sich auf die Strichzusammensetzung der Papiere. Ursprünglich war hier eine Nennung von 1 (sehr selten) bis 5 (am häufigsten) gedacht. Da diese Frage aber sehr unterschiedlich und meist nur mit einem Kreuz beantwortet wurde, wurde nur dieses in der Auswertung berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in der Abb. 8 zusammengefasst.

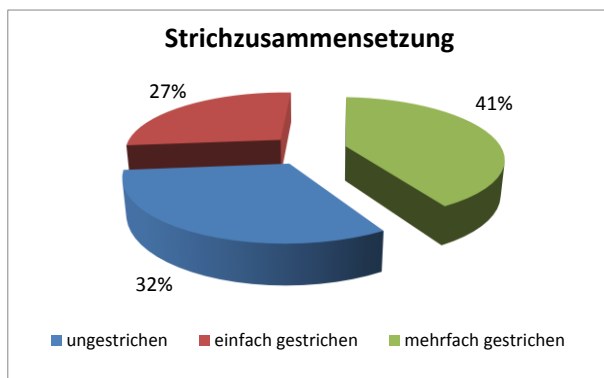


Abb. 8: Strichzusammensetzung

Die meisten Befragten haben mit mehrfach gestrichenen Papieren zu tun, gefolgt von einfach gestrichenen und schließlich ungestrichenen Papieren.

Ein weiterer Teil der Umfrage beschäftigte sich mit der Fragestellung, wo der meiste Staub anfällt. Hier gaben alle Gefragten an, dass bei ihnen in der Ausrüstung und Konfektionierung Staub anfällt. Sie bewerteten den Staubanfall mit Punkten von 1 (sehr wenig) bis 5 (sehr viel). Die Herstellung wurde 5 Mal genannt, Weiterverarbeitung und Bedrucken je 3 bzw. 2 Mal. Dargestellt sind die Ergebnisse in der Abb. 9.

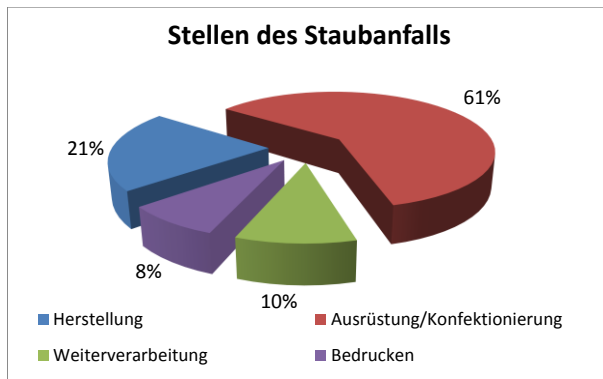


Abb. 9: Stellen des Staubanfalls

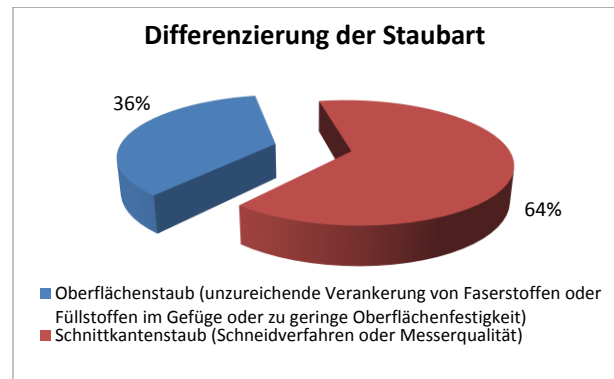


Abb. 10: Differenzierung der Staubart

Die Beantwortung der Frage „Handelt es sich um Oberflächenstaub (verursacht durch unzureichende Verankerung von Faserstoffen oder Füllstoffen im Gefüge oder zu geringe Oberflächenfestigkeit) oder um Schnittkantenstaub (verursacht durch das Schneidverfahren oder die Messerqualität)?“ ist in der Abb. 10 zusammengefasst.

Alle Befragten gaben Probleme mit Schnittkantenstaub an, dabei reichte die Bewertung von 1 (sehr selten) bis 5 (am häufigsten). Die Hälfte der Umfrageteilnehmer gab an, Probleme mit Oberflächenstaub zu haben. Hier reichte die Bewertung von 1 (sehr selten) bis 4.

Die Teilnehmer der Fragebogenaktion wurden gebeten, ihre Probleme, die sich aus dem Vorhandensein von Staub ergeben, folgenden Kategorien zuzuordnen: Produktionsstörungen, Qualitätseinbußen, Verunreinigung von abgepackten Gütern (z. B. Getränkekarton) und Gefährdung der Sicherheit (z. B. Brandgefahr).

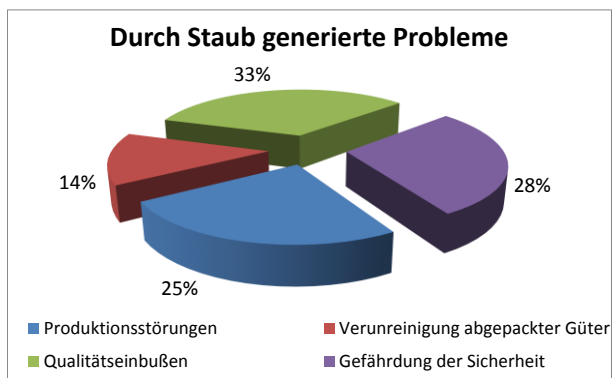


Abb. 11: Durch Staub generierte Probleme

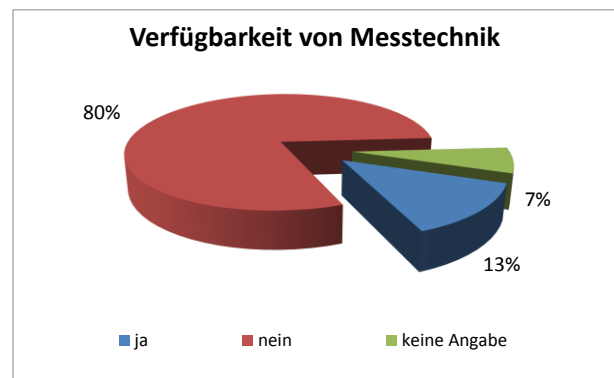


Abb. 12: Verfügbarkeit von Messtechnik

Wie in der Abb. 11 ersichtlich, wurden als häufigste durch Staub generierte Probleme Qualitätseinbußen genannt. Die Punktevergabe erfolgte dabei über den gesamten Bereich von 0 über 1 (sehr selten) bis 5 (am häufigsten). Darauf folgten die Gefährdung der Sicherheit und Produktionsstörungen. Die Verunreinigung von abgepackten Gütern wurde nur von 5 Betroffenen erwähnt, was in engem Zusammenhang mit den hergestellten Produkten zu sehen ist.

Des Weiteren wurde danach gefragt, ob in den Firmen Messtechnik zur Staubbdetektion vorhanden ist.

80 % der Befragten gaben an, dass bei ihnen keine Messtechnik vorhanden ist. In einem Fragebogen gab es keine Antwort auf die Frage und lediglich zwei Teilnehmer gaben an, dass in ihrer Firma Messtechnik vorhanden ist (Abb. 12). Es handelt sich dabei zum einen um eine intern entwickelte optische Messmethode mittels USB Mikroskop und zum anderen um eine subjektive Bemessung der Staubanteile bzw. das Wiegen von Staubzonen unterhalb von Längs-Schneideinrichtungen.

Abschließend wurde danach gefragt, welche Maßnahmen zur Staubverringering/ Staubvermeidung in der Firma getroffen wurden. Am häufigsten wurde die Installation von Staubabsaugungen bzw. Saugern genannt. Zur Art des Einsatzes wurden folgende Strategien genannt:

- regelmäßiges Absaugen der Messerpartie,
- Erhöhung der Intensität der Staubabsaugung mit zunehmender Produktionsgeschwindigkeit,
- zentrale Staubabsaugung,
- Staubabsaugung an den Papiermaschinen und
- Staubabsaugung an den Verarbeitungsautomaten.

Die Optimierung des Messer- bzw. Schneidsystems wird als eine wichtige Maßnahme zur Verringerung der Staubprobleme betrachtet. Entscheidend sind dabei die Wahl des richtigen Schneidverfahrens (Tangential- oder Umschlingungsschnitt), eine stabile Schneidanlage mit optimaler Messeranordnung (stabiler Messerhalter, Linearführungen, Breitstreckwalze vor dem Längsschnitt) sowie optimale Parametereinstellungen (Scherwinkel, Messerüberlappung, Voreilung, Versatz der Messer, Anpressdruck des Obermessers an das Untermesser, Maschinengeschwindigkeit). Die Abmessungen für Ober- und Untermesser müssen aufeinander abgestimmt sein, sowohl im Durchmesser als auch in der Geometrie. Ebenso von Bedeutung sind der Werkstoff bzw. die Beschichtung für Ober- und Untermesser sowie deren Schleifqualität [2].

Bei der Beantwortung dieser Frage wurde ebenfalls die Reinigung genannt. Hier reicht die Palette über regelmäßiges Reinigen und Komplettreinigungen bis hin zur gezielten Reinigung der Bereiche, die vom Papier berührt werden (z. B. Bänder und Sammelstationen). Ein Umfrageteilnehmer beantwortete die Maßnahmen zur Staubverringering mit der Wahl der Rohstoffe. Der Einsatz von mehr Zellstoff und weniger Füllstoff verringert Staub.

## **2.3 Schlussfolgerungen**

Mit der Fragebogenaktion wurde deutlich, dass der meiste Staub (61 %) in der Ausrüstung und Konfektionierung anfällt. 64 % der Befragten sind der Meinung, dass es sich bei ihrem Staub um Schnittkantenstaub handelt. In den meisten Firmen ist keine Messtechnik zur Erfassung von Staub vorhanden.

Es ist in der Papierindustrie allgemein bekannt, dass ein zunehmender Altpapiereintrag und der steigende Einsatz von Füllstoffen und Streichpigmenten zu einem erhöhten Stauben der Papiere führen [3]. Da mit einer Rezepturänderung aber gleichzeitig die Eigenschaften und die Qualität des Papiers verändert werden und sie zudem meist mit Kostensteigerungen verbunden sind, ist sie in den meisten Fällen nicht gewollt. Es ist daher nicht konstruktiv, den Papierherstellern Rezepturempfehlungen zu geben, da sie um die genannten Zusammen-

hänge wissen. Die Kunden sind aber erfahrungsgemäß nicht bereit, bei einer Reduzierung des Staubes mehr für ein Produkt zu zahlen.

Bei Betrachtung der Staubproblematik sind grundsätzlich zwei verschiedene Sichtweisen zu beachten – die Sicht des Herstellers und die Sicht des Verarbeiters. So haben die Drucker ihre Standards über Erfahrungswerte festgelegt, Abweichungen hiervon werden meist über den Preis geregelt. Ein akzeptabler Level an Staub wird z. B. nach der Zahl der erforderlichen Waschintervalle der Drucktücher im Vergleich zu den Produkten anderer Lieferanten festgelegt. In den Richtlinien des Fachverbandes Faltschachtelkarton (FFI) findet sich dazu lediglich die Formulierung „bestmöglicher Schnitt“. Um diese insgesamt unbefriedigende Situation zu verbessern, sollte der Dialog zwischen der Papier herstellenden Industrie und ihren Kunden, insbesondere der Druckindustrie verbessert werden, mit dem Ziel, allgemein anerkannte Kriterien und Messverfahren für die Quantifizierung des Staubproblems zu schaffen bzw. zu entwickeln.

Die Projektteilnehmer bestätigten, dass es in der Praxis oft üblich ist, alle Papiere, unabhängig von der Qualität, mit den gleichen Werkzeugen und weitgehend gleichen Werkzeugeinstellungen zu schneiden. Auf die Zusammensetzung des Papiers, d. h. auf die Fasermischung, auf den Füllstoffgehalt oder das Volumen wird somit kaum Rücksicht genommen. Berücksichtigt werden dagegen in der Regel aber die Zahl der Lagen beim mehrlagigen Schneiden sowie die Charakteristika der zu schneidenden Produkte (Papiere/Kartons) durch die entsprechende Anpassung von Messergeometrien und Maschineneinstellungen. Nach Aussage der Hersteller von schneidtechnischen Anlagen können nicht alle Papiere, flächenbezogenen Massen sowie Formate auf einem Querschneider geschnitten werden [4].

Die Staubproblematik ist offenbar bei den Schneidprozessen, wo sie z. T. als unvermeidbar betrachtet wird, am ausgeprägtesten. Es wird eingeschätzt, dass nur 20-30 % des Staubes aus anderen Quellen stammen.

Durch die Installation einer Absaugung ist es möglich, 15-20 % der entstehenden Staubmenge, unabhängig von der Ursache, zu reduzieren. Oftmals erscheint die Investition in eine Absaugungsanlage trotz der Kosten sinnvoll, insbesondere um die Produktivität aufrecht zu erhalten. Eine effektive weitere Reduzierung des Staubproblems ist meist nur durch Maßnahmen zur Reduzierung des Schneidstaubes möglich.

In der Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses wurde deutlich, dass die Staubneigung ein Gradmesser für die Schnittqualität des Papiers oder Kartons ist. Je besser die Schnittqualität, d. h. zumeist je glatter die Schnittkante ist, umso geringer ist die Staubentwicklung. Vor diesem Hintergrund beschloss der Ausschuss, die weitere Projektarbeit auf die Methoden zur Bewertung der Schnittkante zu konzentrieren, worauf im Kapitel 4.3 eingegangen wird.

Der Vollständigkeit halber wurden zur Erreichung der Projektziele aber auch andere Mess-techniken zur Erfassung von Oberflächenstaub und Schnittkantenstaub betrachtet.

### 3 Messtechnische Erfassung von Oberflächenstaub

#### 3.1 Möglichkeiten der messtechnischen Erfassung von Oberflächenstaub

Die verschiedenen Messtechniken zur Erfassung von Oberflächenstaub können in indirekte und direkte Methoden unterteilt werden. Die indirekten Methoden erfolgen über die Bestimmung der Oberflächenfestigkeit bzw. der Neigung zum Stauben (z. B. Rupftest, Scheuerprüfungen, Gefügefestigkeiten). Tab. 1 gibt hierüber einen Überblick.

Tab. 1: Messtechnische Erfassung von Oberflächenstaub

| <b>Oberflächenstaub</b>                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Indirekte Methoden                                                                                                                                                                                                                  | Direkte Methoden                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| über Oberflächeneigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rupffestigkeit</li> <li>• Dennison-Wachs-Methode</li> <li>• Scheuerprüfungen (Taber-Abrieb)</li> <li>• Spaltfestigkeit</li> <li>• Reibung/Glätte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absaugen oder Abwaschen von Oberflächenstaub und gravimetrische/optische Bestimmung</li> <li>• Oberflächenstaubsensor OST</li> <li>• LintView Tester</li> <li>• STFI LintPick Test</li> <li>• IGT Papierstaub Testgerät</li> <li>• AcousticDustTester (ADT)</li> </ul> |

#### 3.2 Indirekte Messung des Oberflächenstaubes

##### 3.2.1 Dennison-Wachs-Methode

Die Dennison Wachse werden zur Messung des Staubens und der Oberflächenhaftung von Papier- und Kartonproben nach TAPPI T459 verwendet. Es gibt insgesamt 18 Wachsstifte. Der jeweilige Wachsstift wird mit der Brennlampe weich geschmolzen und durch das Loch des Ziehholzes auf die Papier- oder Kartonprobe gepresst. Nach Abkühlen des Wachses wird der Stift in Z-Richtung von dem zu prüfenden Material abgezogen. Weist die Probe Brüche auf oder bleiben Teile ihrer Oberfläche am Wachsstift haften, tritt ein Rupfen auf. Die Nummern jener Wachsstifte werden registriert, bei denen das Papier bzw. der Karton keine Defekte aufweist [5].

##### 3.2.2 Abriebprüfgerät nach Taber®

Das Abriebprüfgerät Taber® Abraser (Abb. 13) ist das üblichste und am weitesten verbreitete Verfahren zur Prüfung des Abriebwiderstandes eines Papiers oder Kartons. Mit diesem Prüfgerät lassen sich grundsätzlich Abriebprüfungen an Lackierungen und sonstigen Beschichtungen, wie z. B. Gummi, Papier, Leder, Keramik, textilen Flächengebilden und Metallen durchführen.

Das Abriebprüfgerät besteht aus einem Gehäuse, auf welchem die Probenvorrichtung aufgebaut ist, die einen rotierenden Probehalter und zwei nach hinten schwenkbare Reibarme sowie eine Vorrichtung zum Absaugen des Abriebs beinhaltet.

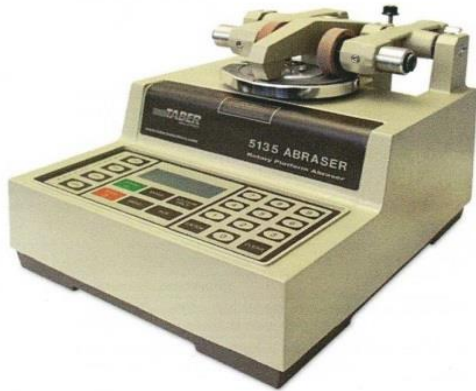


Abb. 13: Abriebprüfgerät Taber® Abraser [5]

Das zu prüfende Material wird auf dem Probehalter befestigt und die Reibarme mit Reibrollen, die für den Test benötigt werden, darüber geschwenkt. Bei Bedarf können die Reibrollen mit Gewichten belastet werden. Da die Reibrollen nicht genau in Achsrichtung sondern um 20 mm versetzt auf die Probe aufsetzen, entsteht die gewünschte Reibwirkung. Die Vorgabeparameter der Prüfmethode sind:

- die Wahl der Reibrollenart
- die Andruckkraft, mit der die Reibrollen auf der Materialoberfläche aufliegen
- die Abriebzyklenzahl (Anzahl der Umdrehungen des Probehalters)

Das Abriebverhalten kann nach drei verschiedenen Prüfmethoden bestimmt werden:

- *Gewichtsverlustmethode:*  
Das zu prüfende Material wird einer festgelegten Umdrehungszyklenzahl ausgesetzt und anschließend durch Differenzwägung der abgeriebene Anteil der Probe ermittelt. (z. B. mg Abrieb/100 Umdrehungen)
- *Visuelle Endprüfungsmethode:*  
Die Probe wird so lange einem Abrieb ausgesetzt, bis der Probenuntergrund sichtbar wird. Die Anzahl der Umdrehungszyklen stellt hierbei das Maß für den Abrieb dar.
- *Abriebtiefenbestimmung:*  
Nach einer vorgegebenen Zyklenzahl wird mit Hilfe eines Mikrometers die Abriebtiefe gemessen.

### 3.3 Direkte Messung des Oberflächenstaubes

#### 3.3.1 OST-Online Staubmessgerät

Bei dem OST-Online Staubmessgerät der Firma Frank PTI handelt es sich um ein transportables Messgerät zur berührungslosen Mengenmessung loser Partikel an der laufenden Papierbahn. Die Anlage besteht aus zwei Hauptkomponenten. Das Hauptgerät enthält die Steuerkomponenten für die Absaugung und Druckluftversorgung sowie die Sensoren und die Vakuum-Einheit. Der Saugkopf (Abb. 14) ist eine beweglich montierte Absaugvorrichtung, die in einem durch Lasersensoren konstanten Abstand (0,7–0,9 mm Distanz) zur Papierbahn gehalten wird. Der Saugkopf berührt die Papierbahn demnach nicht.



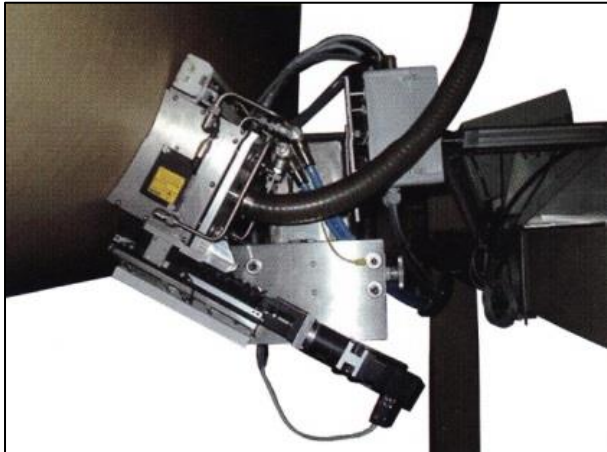


Abb. 14: Saugkopf an der Papierbahn [5]

Durch die auf die Papierbahn geblasene Luft werden lose Staubpartikel von der Papierbahn getrennt und durch den Saugkopf zum Messgerät befördert. Die abgesaugte Luft wird in den Staubsensor im Hauptgerät geführt, wo die Partikelkonzentration mittels Streulichtverfahren bestimmt wird. Mit den parallel aufgezeichneten Daten wird die Staubmenge in Relation zur Fläche berechnet. Mit dem OST-Online Staubmessgerät erhält man die Oberflächenstaubdaten unmittelbar nach dem Absaugen der Papierbahn in Echtzeit. [5]

### 3.3.2 LintView Tester

Der LintView Tester der Firma Labtech, welcher in Abb. 15 zu sehen ist, dient der Beurteilung der Staubneigung von Papier. Er verfügt über ein integriertes vollautomatisches Staubprüfsystem. Zur Durchführung der Prüfung wird ein durchsichtiges Klebeband mit definierter Andruckkraft auf die Papieroberfläche aufgeklebt. Hierfür stehen 3 Klebebänder mit verschiedenen Klebkräften zur Verfügung. Nach Aufnahme des Oberflächenstaubs durch das Klebeband erfolgt die Trennung von Papier und Klebeband und die Klebebandfläche wird mittels einer Kamera abgetastet. Nach der internen Computerauswertung erfolgt die Ausgabe von Partikelanzahl und Größe.

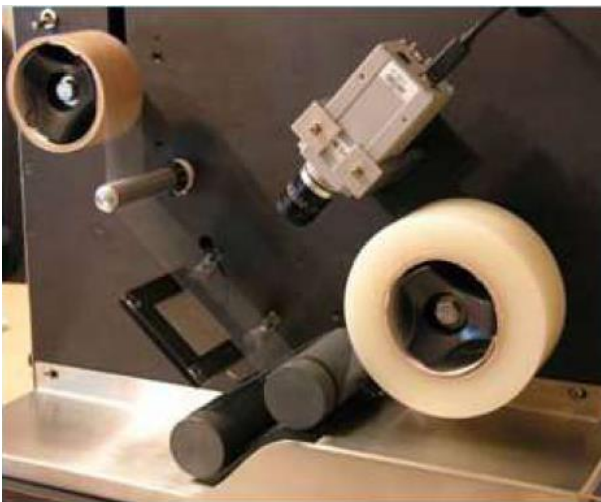


Abb. 15: LintView Tester [6]



### 3.3.3 STFI LintPick Test

Die STFI LintPick-Methode basiert auf der Rupffestigkeit nach ISO 3783, aber mit der Möglichkeit zur Vorhersage der Linting-Tendenz, d. h. der Vorhersage des Abtrages von Material während des Druckvorganges von der Oberfläche. Dieses Material lagert sich auf dem Drucktuch ab und führt im weiteren Verlauf zu Störungen beim Drucken. Durch die Ablagerungen kommt es zu erhöhten Reinigungsintervallen der Drucktücher und damit zu Produktionsausfallzeiten.

Die Auswertung des LintPick Testes per Bildanalyse bietet die Möglichkeit, die Zunahme des Lintings mit Erhöhung der Druckgeschwindigkeit zu verfolgen. Das ist der große Vorteil gegenüber Methoden, bei denen die Teststreifen visuell ausgewertet werden, um zu ermitteln, bei welcher Geschwindigkeit das erste Linting auftritt.

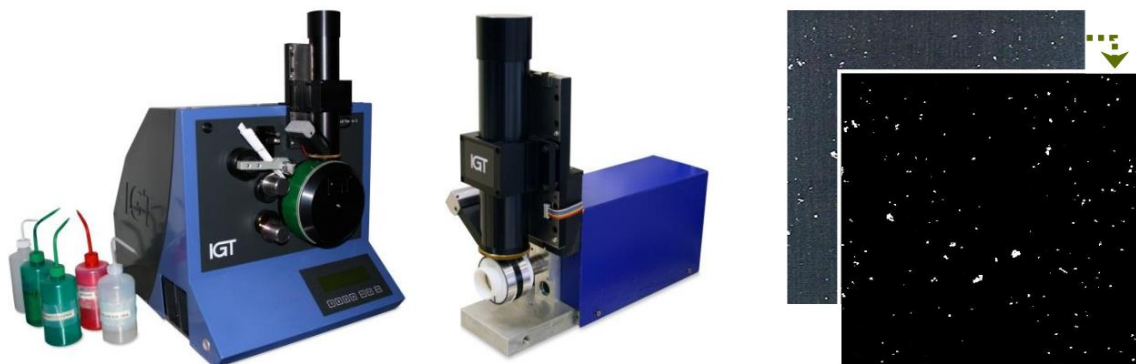


Abb. 16: STFI LintPick Test [7]

Die Ermittlung der Linting-Tendenz erfolgt in drei Schritten, die in Abb. 16 dargestellt sind:

1. Drucken an einem IGT Prüfdruckgerät mit einem Rupftest-Öl.  
Dabei erfolgt eine Beschleunigung bis zu dem Punkt, an dem Delaminierung auftritt.
2. Bilderfassung in einer Kamera.
3. Mittels Bildanalyse erfolgen die Detektion der Lintpartikel auf jedem Segment der Druckscheibe und die Vorhersage des Lintings in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

### 3.3.4 IGT Papierstaub Testgerät (Fluff Tester)

Bei dem IGT Papierstaub Testgerät handelt es sich um ein Zubehör des IGT Bedruckbarkeit Testers, mit dem der Oberflächenstaub offline beurteilt werden kann. Der Fluff Tester besteht aus einem Plattenhalter, einem Testarm mit Druckscheibenhalter und Gewicht, Stahl- und Druckrolle sowie weiterem Zubehör wie Rupftest-Öl und Druckfarbe.

Für den Test wird die Stahlrolle mit einem Rupftest-Öl definierter Viskosität benetzt. Die Rolle wird über 25 Papierbögen abgerollt, wobei der Staub sowie lose anhaftende Partikel durch das Öl an der Rolle haften bleiben. Anschließend erfolgt die Übertragung der kontaminierten Stahlrolle auf die Druckrolle, auf der sich bereits Druckfarbe befindet. Mit dem IGT Bedruckbarkeit Tester wird ein Probedruck hergestellt. Die visuelle Beurteilung des Probedrucks hinsichtlich weißer Flecken liefert einen Hinweis auf die Staubmenge an der Rolle. Durch den Vergleich mit der IGT Kontaminierungs-Skala erfolgt die entsprechende Einstufung von 1 (sehr gut) bis 6 (sehr schlecht).

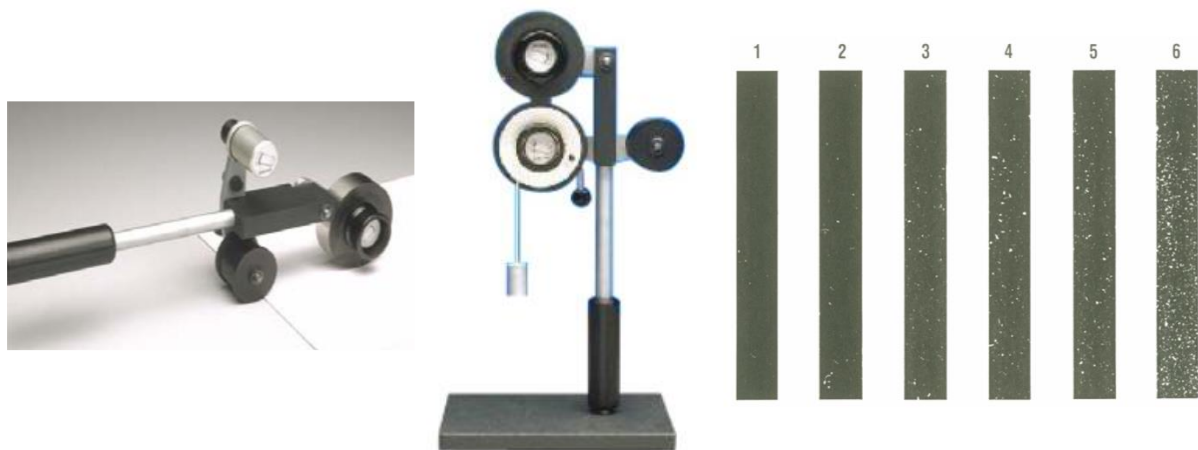


Abb. 17: Fluff Tester [8] links: Stahlrolle auf dem Papier, Mitte: Übertragung der kontaminierten Stahlrolle auf die Druckrolle, rechts: Kontaminierungs-Skala

### 3.3.5 Acoustic Dust Tester

Der sogenannte ADT (Acoustic Dust Tester) der Firma Mondi bestimmt die Staubemission von einzelnen Papierblättern sowohl quantitativ als auch qualitativ.

Für die Untersuchung werden die Blätter in einem Metallrahmen fixiert, welcher dann in die Messkammer des Karussell-Probentellers eingesetzt wird, vgl. Abb. 18. Anschließend wird die Papieroberfläche unter Reinraumbedingungen reproduzierbarem akustischem Stress ausgesetzt. Die ursprüngliche Idee dabei ist die Simulation der Handhabung von Papier durch den Menschen bzw. durch Geräte (z. B. Drucker). Die periodische akustische Belastung des eingespannten Papierblattes durch Frequenz und Amplitude kann an die flächenbezogene Masse angepasst werden.

Die emittierten Partikel werden präzise vermessen, dabei erfolgt sowohl die Auswertung von Partikelanzahl und Korngrößenverteilung als auch die Ermittlung der strukturellen und chemischen Eigenschaften der emittierten Partikel.

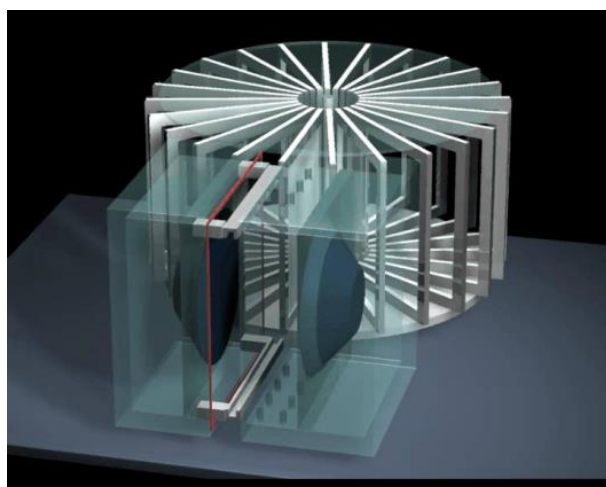


Abb. 18: ADT Probenteller [9]

## 4 Messtechnische Erfassung von Schnittkantenstaub

### 4.1 Möglichkeiten der messtechnischen Erfassung von Schnittkantenstaub

Ebenso wie die in Kapitel 3 genannten Methoden zur messtechnischen Erfassung von Oberflächenstaub können die Methoden zur Erfassung von Schnittkantenstaub in direkte und indirekte Methoden untergliedert werden. Die indirekte Messung des Schnittkantenstaubes erfolgt über eine mikroskopische Bewertung. Das Absaugen oder Abwaschen von Staub und die anschließende gravimetrische/optische Bestimmung gehört zu den direkten Methoden zur Erfassung von Staub und wird sowohl bei Oberflächenstaub als auch bei Schnittkantenstaub eingesetzt. Einen Überblick über die Methoden der messtechnischen Erfassung von Schnittkantenstaub bietet die Tab. 2.

Tab. 2: Messtechnische Erfassung von Schnittkantenstaub

| <b>Schnittkantenstaub</b>                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Indirekte Methoden                                                                                                                                                     | Direkte Methoden                                                                                                                                                                                                                                      |
| Mikroskopische Bewertung der Schnittkantenqualität <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN EN 12281</li> <li>• ISO 22414</li> <li>• XEROX® US Standard</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absaugen oder Abwaschen von Schnittkanten und gravimetrische/optische Bestimmung</li> <li>• Abnehmen des Staubes durch Klebeband und optische Bewertung</li> <li>• Schnittkantenstaubtester (SKS)</li> </ul> |

### 4.2 Direkte Messung des Schnittkantenstaubes

#### 4.2.1 Klebebandmethode

In der seit 1996 existierenden Vornorm DIN V ENV 12282 ist eine optische Bewertung des mittels Klebeband von den Schnittkanten entnommenen Staubes vorgesehen. Da die Messungen auf Reflexionsdifferenzen beruhen und eine vergleichende Bewertung von Papieren mit unterschiedlichen Weißen praktisch nicht möglich ist, wurde diese Vornorm ausgesetzt [3].

Gute Erfahrungen wurden mit der im Folgenden beschriebenen Vorgehensweise gemacht [10]. In einer Spannvorrichtung wird ein Papierries eingespannt und die Schnittkante mittels definierten Klebebands abgeklebt. Beim Abziehen des Klebebandes haften der Schnittkantenstaub sowie lose oder leicht lösbare Partikel an der klebenden Seite des Bandes. Der transparente Klebestreifen mit dem anhaftenden Schnittkantenstaub wird auf ein schwarzes Gegenpapier aufgeklebt. Anschließend erfolgt die Differenzmessung der Helligkeit am original schwarzen und mit Staub beladenen Gegenpapier. Sie ist ein Maß für die Menge an Staub.

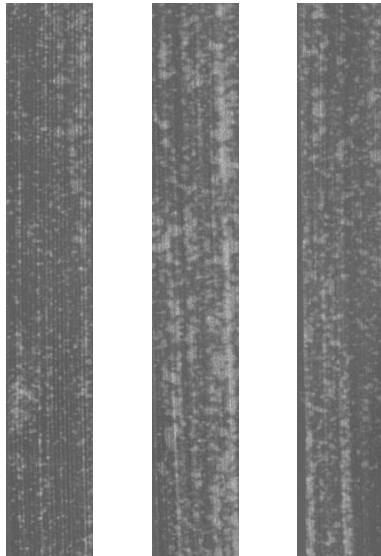


Abb. 19: Unterschiedliche Staubverteilung auf den Klebebändern des gleichen Druckpapiers an drei Längskanten [3]

Um den Einfluss unterschiedlicher Papierdicken zu eliminieren, wird der Messwert normkonform mit einem Faktor aus tatsächlicher Dicke der Bögen und der Nenndicke von 80  $\mu\text{m}$  multipliziert. Da Papiere unterschiedlicher Weiße auch unterschiedlich weiße Stäube erzeugen, muss das Messergebnis ebenfalls angepasst werden, indem ein Faktor aus Einheitshelligkeit 90 und der tatsächlichen Papierhelligkeit eingebracht wird.

An der Papiertechnischen Stiftung Heidenau (PTS) wurde eine Methode entwickelt, die den prozentualen Flächenanteil der weißen Bildpunkte bezogen auf die Gesamtmessfläche ermittelt [3].

#### 4.2.2 SKS-Schnittkantenstaubtester

Das Schnittkanten-Staubmessgerät der Firma Frank-PTI besteht aus einem integrierten Sensor, einer drehenden Probevorrichtung, die eine Unterscheidung in Längs- und Querkanten mit unterschiedlich langen Absaugstrecken ermöglicht, und einer Absaugvorrichtung.

An dem auf der drehbaren Probevorrichtung befindlichen Stapel Kopierpapier wird durch einen Absaugkopf mit Absaugdüse an allen Seiten des Stapels ein definierter Luftstrom abgesaugt. Dieser Luftstrom wird über einen optischen Sensor und einen Spezialfilter geführt. Am Filter sammelt sich der Staub, der gravimetrisch erfasst wird. Beim Durchgang der Partikel durch den optischen Sensor werden elektrische Signale erzeugt. Durch das Umrechnen des Sensorsignals mit dem gravimetrisch ermittelten Staub ergibt sich der korrigierte Staubwert.

Als Ergebnis der Messungen werden folgende Kenngrößen ausgegeben:

- Staubwert in  $\text{mg Staub/m}^2$  für jede einzelne Schnittkante des Rieses
- Staubindex in  $\text{mg Staub/Ries}$  [11].

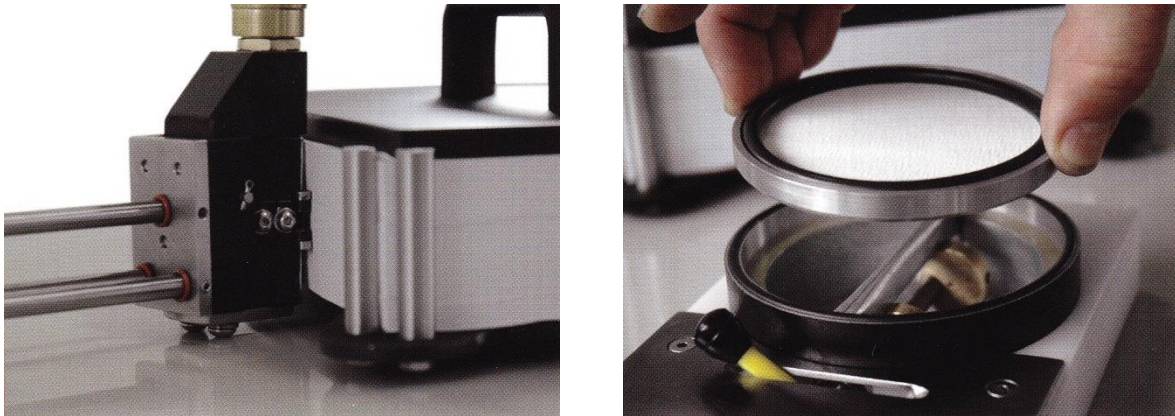


Abb. 20: SKS-Schnittkantenstaubtester mit Absaugdüse (links) und Staub sammelfiltereinheit (rechts) [5]

### 4.3 Indirekte Messung des Schnittkantenstaubes

#### 4.3.1 Mikroskopische Bewertung der Schnittkantenqualität

Die **DIN EN 12281** für Druck- und Büropapier - Anforderungen an Kopierpapier für Vervielfältigungen mit Trockentoner existiert in der jetzt gültigen Fassung seit Januar 2003. Im Anhang C dieser DIN EN wird auf die Bestimmung der Schnittqualität eingegangen [12].

Entsprechend der DIN EN 12281 existieren seit Oktober 2004 die **ISO 22414** „Paper – Cut-size office paper – Measurement of edge quality“ und seit November 2004 der **Xerox® US Standard** „Dimensional Requirements for Xerox Copy Paper: Sizes – Cut Edge – Punching“ [13] [14].

In allen drei Normen wird die Qualität der Schnittkanten eines Bogens durch einen Vergleich mit einer Reihe von Schnittqualitätswerten bei 42-facher Vergrößerung bestimmt. Hierfür ist eine Messtafel zu nutzen. Die Messtafel stellt die Werte der Schnittqualität von Bogenkanten bei 42facher Vergrößerung dar. Sie besteht aus 6 Sätzen jeweils zweier paralleler Linien:

- Erster Satz: im Abstand von 1 mm zwischen den Linien, entspricht dem Wert 1.
- Zweiter Satz: im Abstand von 2 mm zwischen den Linien, entspricht dem Wert 2.
- Dritter Satz: im Abstand von 3 mm zwischen den Linien, entspricht dem Wert 3.
- Vierter Satz: im Abstand von 4 mm zwischen den Linien, entspricht dem Wert 4.
- Fünfter Satz: im Abstand von 5 mm zwischen den Linien, entspricht dem Wert 5.
- Sechster Satz: im Abstand von 6 mm zwischen den Linien, entspricht dem Wert 6.

Die Linien müssen eine Länge von 200 mm haben.

Für die Probenvorbereitung sind laut dieser Normen nur unbeschädigte Bogen, die frei von Falten und Knicken und insbesondere frei von irgendwelchen Beschädigungen der Schnittkanten sind, zu benutzen. Eventuell beschädigte Bogen sind auszusondern.

Bei der Durchführung der Prüfung erfolgt nach der Entnahme eines einzelnen Bogens und dem Einlegen des Bogens in das Gerät (z. B. Mikrofilm-Leser) die Positionierung der Schnittkante. Die Positionierung ist für zwei beispielhafte Schnittkanten in Abb. 21 dargestellt.



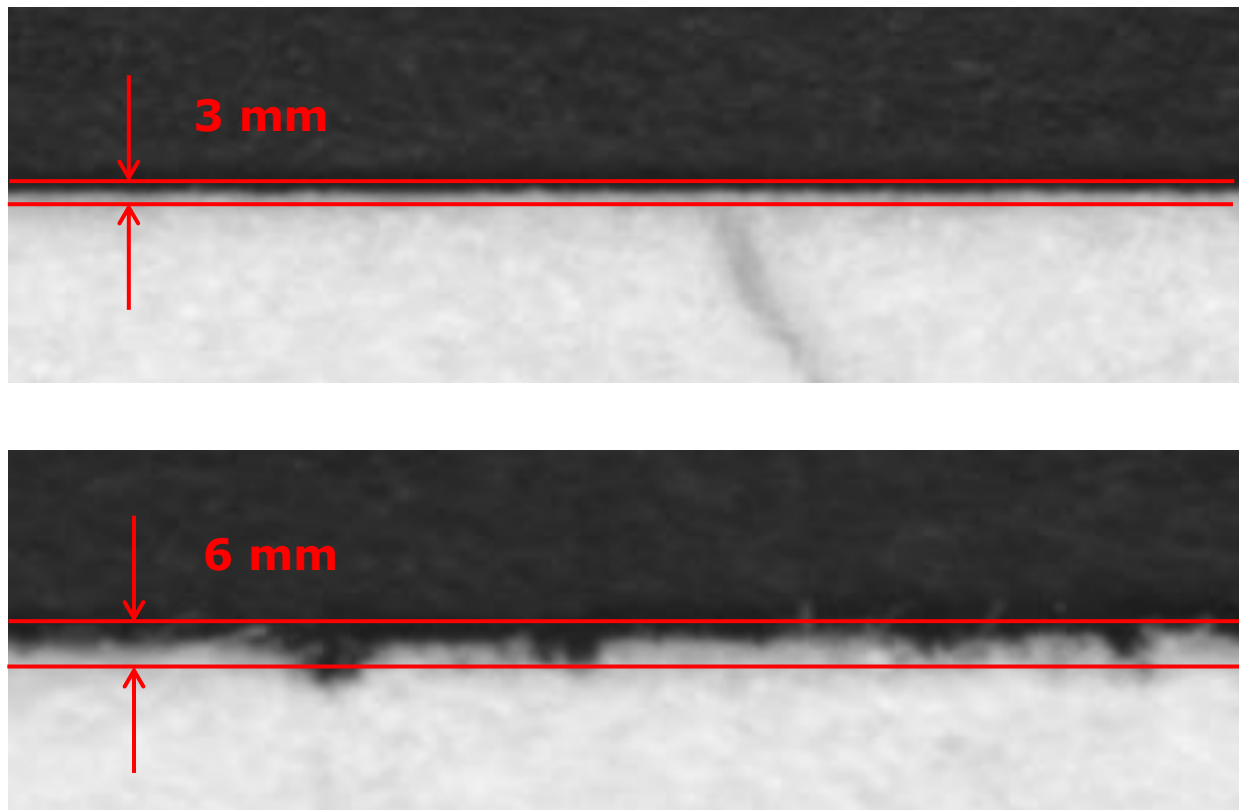


Abb. 21: Positionierung der Schnittkante in der Messtafel nach DIN EN 12281 für den Wert 3 (oben) und den Wert 6 (unten)

Der Vergleich der Schnittkante an dem Bogen hat nahe den beiden Ecken und in der Mitte des Bogens zu erfolgen, dabei wird der jeweils schlechteste Wert notiert. Anschließend wird die Prüfung an den anderen drei Schnittkanten fortgeführt und entsprechend der Norm die Vorgehensweise an sechs aufeinanderfolgenden Bogen des Rieses wiederholt.

Bei der Auswertung müssen die Ergebnisse der langen und kurzen Kanten separat ausgegeben werden, da die Schnittqualität von der Schneidtechnologie abhängt. Die Ergebnisse müssen als Häufigkeit der Einzelwerte für das Ries ausgewertet werden, also die Häufigkeit der Werte 1, 2 usw.

Nach interner oder Kundenforderung kann festgelegt werden, ob und wie die Ergebnisse dargestellt werden, z. B. durch:

- Multiplikation der Anzahl gleicher Schnittqualitätswerte und das Gesamtergebnis
- Pareto-Analyse oder
- Durchschnittsergebnisse.

Der Prüfbericht enthält neben den genauen Angaben zur Liefereinheit, dem Format der Probe (A4 oder A3) sowie weiteren Angaben auch eine Erklärung, ob das Papier die Anforderungen erfüllt.

Bezüglich der Anforderungen gibt es bei den drei Normen DIN EN 12281, ISO 22414 und Xerox<sup>®</sup> US Standard Unterschiede. In ISO 22414 werden hierüber keine Aussagen getroffen.

In DIN EN 12281 sind die Anforderungen wie folgt formuliert:

- 95 % der Ergebnisse, sowohl an der Längs- als auch an der Kurzseite, müssen ein Ergebnis von 5 oder besser aufweisen.
- 98 % der Ergebnisse, sowohl an der Längs- als auch an der Kurzseite, müssen ein Ergebnis von 6 oder besser aufweisen.

Im Xerox® US Standard sind die Anforderungen strenger gehalten als in DIN EN 12281:

- 95 % der Ergebnisse, sowohl an der Längs - als auch an der Kurzseite, müssen ein Ergebnis von 4,5 oder besser aufweisen.
- 98 % der Ergebnisse, sowohl an der Längs- als auch an der Kurzseite, müssen ein Ergebnis von 5 oder besser aufweisen.

Die unterschiedlichen Anforderungen in den Normen verdeutlichen, was auch durch die Projektbegleiter bestätigt wurde. Die Frage nach einer guten Qualität wird global sehr unterschiedlich bewertet, so haben Kunden in Asien ein anderes Qualitätsniveau als Kunden in Europa.

#### 4.3.2 Umsetzung 1: Erfassung von Schnittkantenprofilen

An der Ruhr-Universität Bochum erfolgte unter Leitung von Professor E. G. Welp mit der Entwicklung eines objektiven Verfahrens zur quantitativen Beurteilung der Schnittqualität die erste Umsetzung der DIN EN 12281 bzw. ihrer Vornorm. Das entwickelte Verfahren besteht im Wesentlichen aus der Messdatenerfassung mit Hilfe einer CCD-Kamera und der Messdatenauswertung mit Hilfe eines selbst programmierten Softwareprogramms.

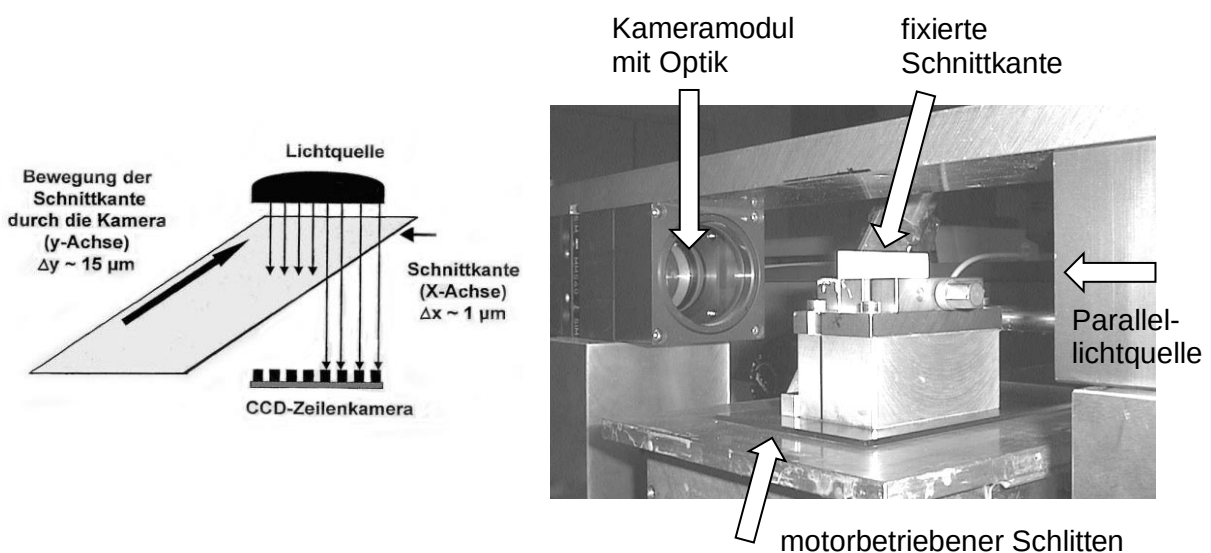


Abb. 22: Prinzipskizze und Versuchsaufbau zur Erfassung von Schnittkantenprofilen [15]

Zur Erfassung der Schnittkantenprofile wurde eine optische Messapparatur verwendet, die aus einer CCD-Kamera und einem beweglichen Probeschlitten besteht. Prinzipskizze und Versuchsaufbau der Apparatur sind in Abb. 22 dargestellt. Um die Schnittkante einer Papier- oder Kartonprobe über eine Länge von einigen Zentimetern zu bewerten, wird diese mit konstanter Geschwindigkeit an der Kamera vorbeigeführt und periodisch abgetastet. Bei dem Messsystem wurde eine Auflösung in Richtung der Messlänge der Schnittkante von 15 μm



und in Richtung der Höhe des Schnittkantenprofils von 1  $\mu\text{m}$  erreicht. Das Messdatenerfassungssystem ist in der Lage, die mikroskopische Geometrie eines Schnittes wiederzugeben.

Die objektive Beurteilung des Schnittkantenprofils erfolgt in 4 Schritten:

- Trennung des Schnittkantenprofils in Rauheits- und Welligkeitsprofil
- Beurteilung des Rauheitsprofils
- Umrechnung des gewichteten Rauheitsprofils in eine Qualitätszahl
- Einordnung der Qualitätszahl in eine Qualitätsskala

Die Arbeiten wurden im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes zwischen der Papiertechnischen Stiftung München (PTS) und der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt, welches im Jahr 2000 abgeschlossen wurde [15]. Über eine weitere industrielle Anwendung ist nichts bekannt, obgleich das entwickelte Schnittkanten-Beurteilungsverfahren Potenzial besitzt, da es sich in ein portables Messgerät überführen lässt und somit der Praxis ortsunabhängig zur Verfügung steht.

#### **4.3.3 Umsetzung 2: Messung der Schnittqualität bei Stora Enso**

Projektbegleiter Henrik Roos von der Firma Stora Enso Renewable Packaging stellte den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses „Eine neue Messtechnik zur Bewertung der Schnittgüte“ vor, die im finnischen Werk Ingerois unter seiner Leitung entwickelt wurde und dort erfolgreich zum Einsatz kommt.

In diesem Werk werden 245.000 t/a Faltschachtelkarton (GC2) produziert, die Hälfte davon wird im Werk geschnitten. Die hergestellten Sorten sind Tamfold, ein einfach gestrichener Karton und Tambrite, ein zweifach gestrichener Karton für Lebensmittelverpackungen und pharmazeutische Verpackungen. Das Gerät zur Messung der Schnittgüte wurde im Jahr 2007 direkt in die Produktionslinie im Werk Ingerois installiert.

Mit dem Gerät erfolgt zunächst die Fixierung des zu prüfenden Bogens durch vier Magnete. Jede Messeinrichtung verfügt über zwei Kameras – jeweils eine für die Längs- und eine für die Querrichtung, die anschließend die Kanten des fixierten Bogens abfahren. Bei den Kameras handelt es sich um CCD Kameras mit einer Auflösung von 1600 x 2000 pixel. Die Bilderfassung mithilfe der Kameras erfolgt 1/18 mm (1 pixel = 0,001 mm), vgl. Abb. 23.

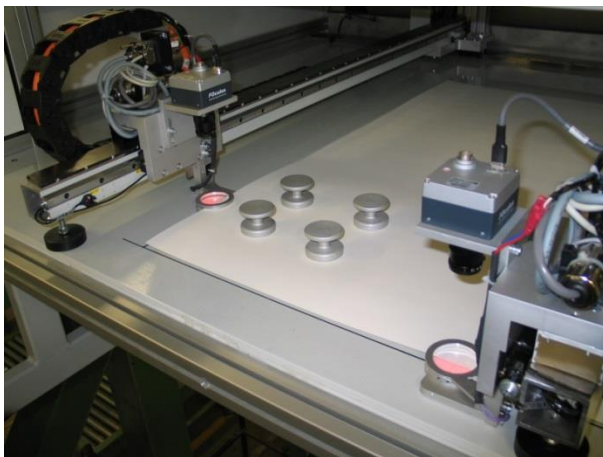


Abb. 23: Messeinrichtung [16]

Nach der Bilderfassung durch die CCD Kameras wird für die Schnittkante eine Gerade berechnet und anschließend die Abweichung der Punkte von dieser Geraden in Pixeln ermittelt, die von der Kameramatrix stammen. Je nachdem, ob es sich um den Längs- oder Querschnitt handelt, sind es demnach 2000 oder 1600 Pixel. Die Absolutwerte der abweichenden Pixel werden summiert und durch einen Faktor dividiert, um eine leicht erfassbare Skala zu erhalten. Die Qualität der Schnittkante ist schließlich der Mittelwert aller Abweichungen, vgl. Abb. 24.

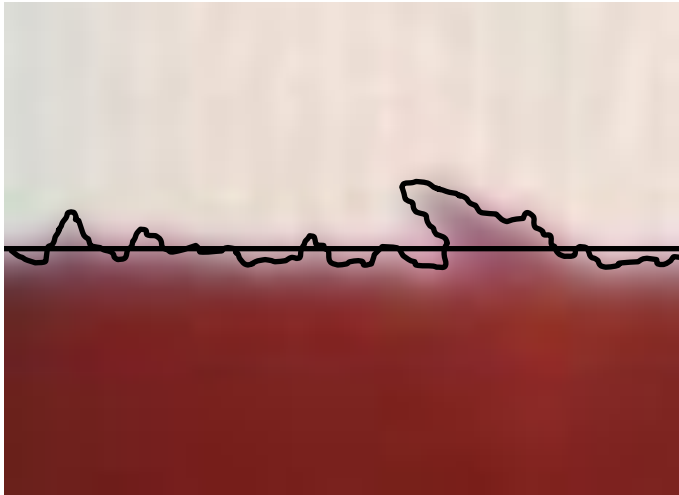


Abb. 24: Bildauswertung [16]

Die Ausgabe der Auswertung der Schnittkanten erfolgt in einer hausinternen Scala von 0 bis 3, wobei 1 eine sehr gute Qualität darstellt, 2 bereits eine schlechte Qualität ist und Werte über 3 Ausschuss bedeuten.

An jeder Schneideinrichtung im Werk wird in jeder Schicht ein Set (1 bis 4 Bogen) gemessen. Die Ergebnisse werden automatisch dokumentiert und nach Auftrag und Schneideinrichtung sortiert.

Die Erfassung der Schnittgüte ermöglicht es zum einen, sinnvolle Wartungsfolgen an den Schneideinrichtungen festzulegen und zum anderen, die Entwicklungen auf dem Gebiet der Schnittgüte voranzutreiben. Außerdem liefert die Erfassung der Schnittgüte eine schnelle Kontrolle von Kunden-Feedbacks sowie die Lösung von Druckproblemen.

#### **4.3.4 Umsetzung 3: Cut Quality Scanner (CQS)**

Projektbegleiter Klaus Dammann von der Firma E.C.H. Will stellte während einer projektbegleitenden Sitzung den Cut Quality Scanner (CQS) für Kleinformat-Papiere seiner Firma vor. Bei dem Scanner, der in Abb. 25 dargestellt ist, handelt es sich um ein vollautomatisches System zum Scannen und Prüfen gemäß DIN EN 12281 oder Xerox® US Standard. Neben der Schnittqualität können auch Länge, Breite, Winkligkeit, Ries- und Blatttoleranzen, Lochungen und Perforationen beurteilt werden. Die Messungen werden anschließend dokumentiert und in einer Datenbank abgelegt. Je nach Bedarf besteht die Möglichkeit einer grafischen Aufbereitung.

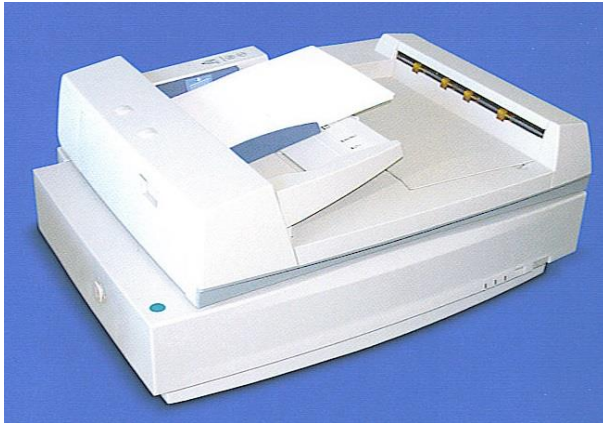


Abb. 25: Cut Quality Scanner (CQS) [16]

Die Bewertung der Proben mit dem Cut Quality Scanner erfolgt in Echtzeit, wobei ein Ergebnistransfer in Excel zur weiteren Verarbeitung möglich ist. In Abb. 26 ist die Bewertung der Schnittkanten dargestellt.



Abb. 26: Bewertung der Schnittkanten für die gesamte Kante (links) und 12-Punkt-Messung (rechts) [17]

Die elektronische Messung und Sicherung der relevanten Qualitätsdaten der laufenden Produktion dient u. a. zur Absicherung gegenüber den Kunden bei unberechtigten Forderungen bzw. Reklamationen auf unbegrenzte Zeit. Dabei können die Messergebnisse sowohl als Qualitäts-Gesamtübersicht (Audit) als auch als detaillierte Ergebnisübersicht ausgegeben werden. Ebenso können die Auswirkungen auf die Qualität bestimmt werden, wenn z. B. die Papiersorte wechselt, neue Produktionsprozesse getestet werden oder neue Rezepturen entwickelt werden.

## 5 Zusammenfassung

Probleme, die auf Staubanfall zurückzuführen sind, haben in allen Bereichen in den letzten Jahren zugenommen, und zwar nicht nur als Folge des intensiveren Altpapiereinsatzes. Der aus qualitativen und wirtschaftlichen Gründen ähnlich rasch gestiegene Einsatz von Mineralien, insbesondere in Form von Füllstoffen, hat dazu ebenso beigetragen wie die immer höheren Verarbeitungsgeschwindigkeiten und die häufig damit einhergehenden höheren mechanischen Beanspruchungen bei der Erzeugung, der Verarbeitung und sogar beim Endgebrauch von Papier und Karton, z. B. in Hochleistungskopierern oder anderen digitalen Druckmaschinen. Gleichzeitig zwingen die Produzenten von Kopierern und Druckmaschinen die Papierhersteller und Verarbeiter zunehmend zur Lieferung von staubfreien Produkten, um Service- und Wartungskosten zu senken.

Vor diesem Hintergrund überrascht es nicht, dass die alles andere als neue „Staubproblematik“ in der Papierindustrie bis heute noch nichts an Aktualität verloren hat.

Nicht zuletzt aufgrund der Bedeutung als Verkaufs- und Werbeargument wird die Freiheit von Schnittkanten- oder Oberflächenstaub in vielen Unternehmen vom Maschinenpersonal routinemäßig überprüft. Die Umfrage zeigte jedoch, dass die dabei praktizierten Maßnahmen ebenso vielfältig und wenig vergleichbar sind wie die entsprechenden Abhilfemaßnahmen. Moderne Messtechniken oder aufwändigere technische Hilfsmittel, die reproduzierbare und objektive Aussagen über Ausmaß und Ursachen von Staubanfall liefern könnten, werden allenfalls vereinzelt eingesetzt. In der Regel gibt es auch keine detaillierten Arbeitsanweisungen oder Prüfvorschriften. Sie aber wären die Voraussetzung für eine effiziente Ursachenforschung und für die Entwicklung wirksamer Abhilfestrategien.

Eine Vorhersage der Schnittgüte ist als äußerst problematisch einzuschätzen. Diesbezüglich besteht noch erheblicher Forschungsbedarf [18]. Oftmals wird zur schnellen Bewertung der Schnittkantenqualität eine Lupe mit z. B. 10-facher Vergrößerung eingesetzt. Mit dieser einfachen, aber sehr wirkungsvollen Testmethode erfolgt aber allenfalls eine subjektive Beurteilung.

Die Situation in der Praxis spiegelt die Notwendigkeit wider, Staubprobleme und geeignete Abhilfemaßnahmen sehr spezifisch zu betrachten und zwar bezüglich des Produkts selbst, seiner Weiterverarbeitung und seines Endgebrauchs. Entlang der gesamten Wertschöpfungskette fehlt es bis heute an akzeptierten Bewertungsmodalitäten. Als besonders notwendig werden das Finden einer quantifizierbaren Größe zur Beschreibung der Schnittqualität und die Entwicklung eines hierfür geeigneten Messgeräts erachtet. Die Einführung eines Klassifizierungssystems ist längst überfällig und wäre die Voraussetzung für eine konfliktfreiere Diskussion zwischen Herstellern, Verarbeitern und Endverbrauchern. Diese zugegebenermaßen sehr herausfordernde und arbeitsaufwändige Aufgabe sollte in Zusammenarbeit zwischen allen betroffenen Gruppen angegangen werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] J. Luzik, „Prevention and mitigation of dust Explosions,“ *Pulp & Paper Canada*, pp. 24-27, 2012.
- [2] B. Böhlert, „Wie schneiden Sie ab? - oder der Weg zum optimalen Schnitt,“ *Aktuelle Papier-Rundschau*, pp. 53-55, 2006.
- [3] S. Pensold, "Verarbeitungsrelevante Charakterisierung der Stäubungsneigung von Papiererzeugnissen," *Forschungsbericht des BMWi Forschungsvorhabens 492/99*, 2001.
- [4] Böhlert, B.; slittec GmbH, "Gesprächsprotokoll," 2014.
- [5] N.N., *Produktkatalog der Firma Frank-PTI für die Jahre 2012 bis 2015*.
- [6] M. Gratton and P. Frigon, "Predicting Lint Propensity of Paper at the mill," *Paptac*, 2006.
- [7] [www.inventia.com](http://www.inventia.com).
- [8] N.N., *IGT Information Leaflet W33*, 2006.
- [9] A. Kornherr, P. Achatz and G. Drexler, "Paper dust determination via acoustic waves - a new high precision method," *Progress in Paper Physics Seminar. Conference Proceedings. Editor U. Hirn*, pp. 79-80, 2011.
- [10] H. Schaffrath and W. Kielbock, "Optische Methode zur Bestimmung des Schnittkantenstaubes an Kopierpapieren," *Wochenblatt für Papierfabrikation*, pp. 198-200, 1995.
- [11] S. Pensold und P. Behnsen, *Entwicklung und Erprobung eines Messsystems zur quantitativen und qualitativen Schnittkantenstaubbewertung von Papieren*, 2005.
- [12] DIN EN 12281, *Druck- und Büropapier - Anforderungen an Kopierpapier für Vervielfältigung mit Trockentoner*, Januar 2003.
- [13] ISO 22414, "Paper - Cut-size office paper - Measurement of edge quality," Oktober 2004.
- [14] Xerox ® US Standard, "Dimensional Requirements for Xerox Copy Paper: Sizes - Cut Edge - Punching," November 2004.
- [15] E. Welp, E. Wolf and J. Heidl, "Ein objektives Verfahren zur quantitativen Beurteilung der Schnittqualität von Papier und Karton," *ipw*, vol. 4, pp. 35-40, 2002.
- [16] H. Roos, "Eine neue Messtechnik zur Bewertung der Schnittgüte," *Vortrag auf der projektbegleitenden Sitzung*, 2013.
- [17] K. Dammann, "Cut Quality scanner für Kleinformat-Papiere," *Vortrag auf der projektbegleitenden Sitzung*, 2014.
- [18] P. Veenstra, "Zu den Einflussgrößen beim Scherschneiden von Papier mit Kreismessern," *Wochenblatt für Papierfabrikation*, pp. 702-712, 2004.