



Statistische Datenanalysen ermöglichen ein tieferes Prozessverständnis und sind damit eine wichtige Voraussetzung zur Prozessoptimierung in der Papierindustrie.

Bild: Fotolia

Statistische Datenanalyse zur Prozessoptimierung

Maßnahmen zur Prozessoptimierung in der Papierindustrie unterliegen einer zunehmenden Herausforderung, da weitere entscheidende Fortschritte oft nur noch möglich sind, indem man tief in die Prozesskette eintaucht. Grundlegende Analysen zum Prozessverständnis können aber häufig wegen Mangel an Zeit und Ressourcen nicht mehr im ausreichenden Maße verfolgt werden. Kompetenzverluste in der Papierindustrie drohen. Die Prozessoptimierung mit Hilfe von statistischen Datenanalysen ist eine interessante Methode, dem Papiermacher bei dieser Herausforderung unterstützend zur Seite zu stehen.

Autor: Konrad Höglauer, SPO-Consulting, 73099 Adelberg, Telefon +49 (0) 7166/2019942, Telefon +49 (0) 173/7600479, info@spo-consulting.de; www.spo-consulting.de

Einleitung

Eine hohe Anzahl unterschiedlicher potentieller Einflussvariablen, Stör- und Steuergrößen sind bezeichnend für komplexe Produktionsprozesse wie die der Papiererzeugung.

Sie unterliegen einer zeitlichen Abfolge mit der Konsequenz, dass Prozessvariablen auch zeitverzögert Auswirkungen auf den gesamten Produktionsprozess haben. Gleichzeitig ist auch mit Wechselwirkungen der Einflussvariablen untereinander zu rechnen.

Erschwerend kommt hinzu, dass durch begrenzte personelle Ressourcen häufig die Zeit für intensive Prozessoptimierungsmaßnahmen fehlt. Zur Lösung dieser Herausforderungen hat sich die statistische Datenanalyse zur Prozessoptimierung bewährt.

Mit Hilfe von Six Sigma Werkzeugen werden kausale Zusammenhänge hinsichtlich „Ursache/Wirkung“ bei bereits bestehenden Prozessen untersucht, um diese auf das geforderte Zielniveau zu bringen. Das Ziel ist die Verbesserung der Prozessfähigkeit und die Varianzeliminierung der Ergebnisse in den wertschöpfenden Prozessschrit-

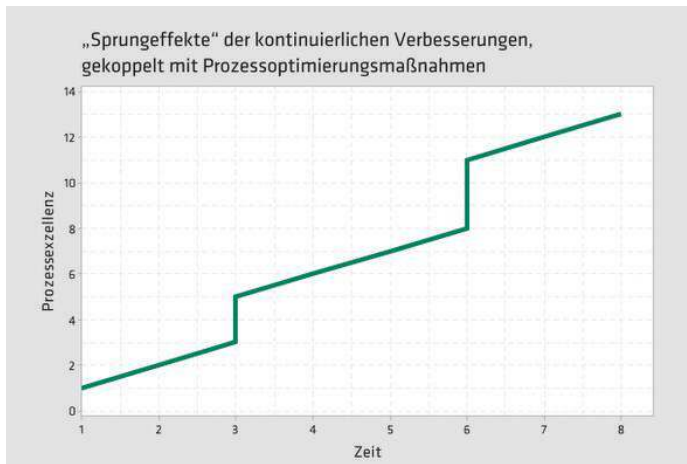


Abb. 1: Kontinuierliche Verbesserung kombiniert mit Verbesserungsprojekten (Sprung-Effekt)

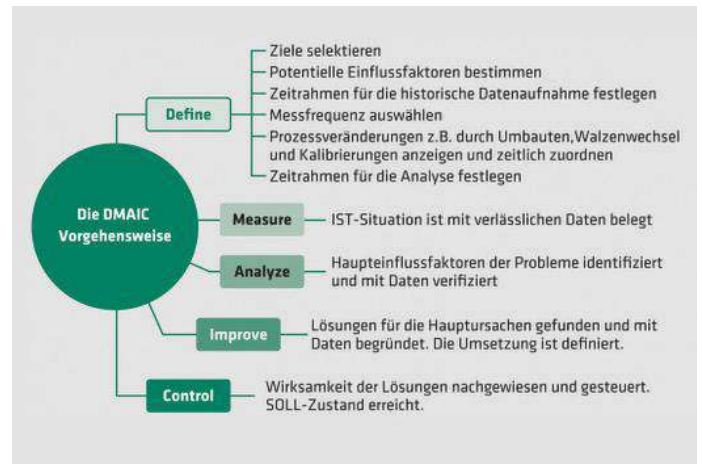


Abb. 2: „DMAIC-Zyklus“ nach der Six Sigma Methodik

ten. Kernlösungen, die bei relativ geringem Aufwand wesentlich höhere durchschnittliche Einsparungen erzielen, können entwickelt und umgesetzt werden. Damit ist der Einsatz von Six Sigma sehr effektiv und effizient, da der „Sprung-Effekt“ (Abb. 1) von Verbesserungsprojekten mit dem Prozess der kontinuierlichen Verbesserung optimal verknüpft wird.

Vorgehensweise an einem Beispiel

1. Erstellung eines Projektplans – Six Sigma Methodik

Für den Ablauf von Six Sigma Projekten zur Prozessoptimierung wird idealerweise der „DMAIC-Zyklus“ (Abb. 2) eingesetzt und die einzelnen Phasen abgearbeitet.

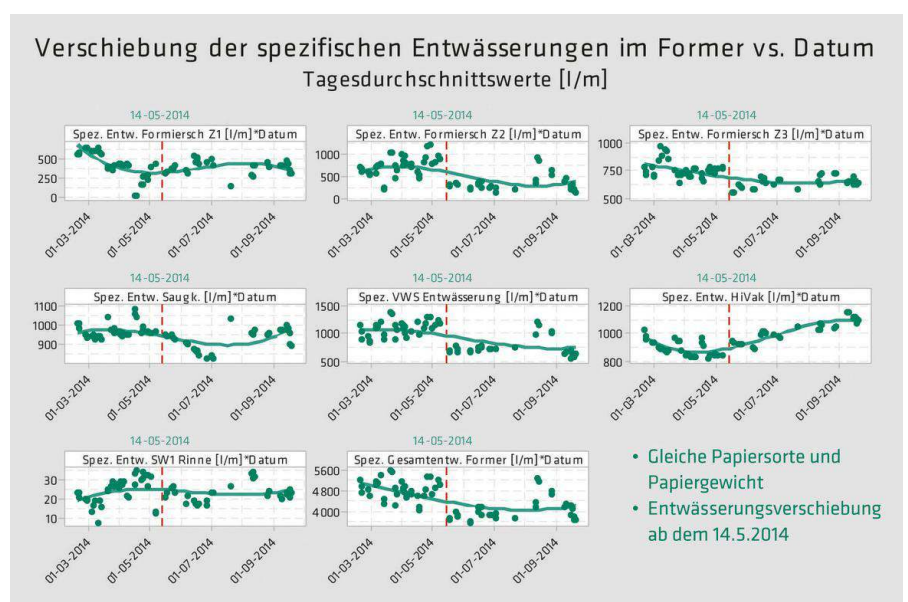
In einem Kick-Off Meeting mit dem Projektteam werden die Aufgaben definiert und ein Projektplan erstellt. Nach dem konsequenten Abarbeiten der einzelnen Phasen sollte am Ende einer Prozessoptimierungsmaßnahme eine messbare Verbesserung des Prozesses erzielt worden sein.

2. Grafischer Überblick

Neben den zu untersuchenden Leistungsfaktoren ist es in einem ersten Schritt sinnvoll, auch die Variationen der Entwässerungsverteilungen im Former (Abb. 3) und in der Presse (Abb. 4) grafisch darzustellen.

Um den gegebenen Einfluss der Maschinengeschwindigkeit auf die Entwässerungswerte zu berücksichtigen und herauszurechnen, werden spezifische Entwässerungswerte verwendet:

$$\text{Spez. Entwässerung [l/m]} = \frac{\text{Entwässerung} \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]}{\text{Geschwindigkeit (Innensieb)} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]} \times 1000$$



- Gleiche Papiersorte und Papiergewicht
- Entwässerungverschiebung ab dem 14.5.2014

Abb. 3: Verschiebung der spezifischen Entwässerung im Former, ein Kennzeichen für Prozessveränderungen (spez. Gesamtentwässerung im Former ohne Formierwalze)

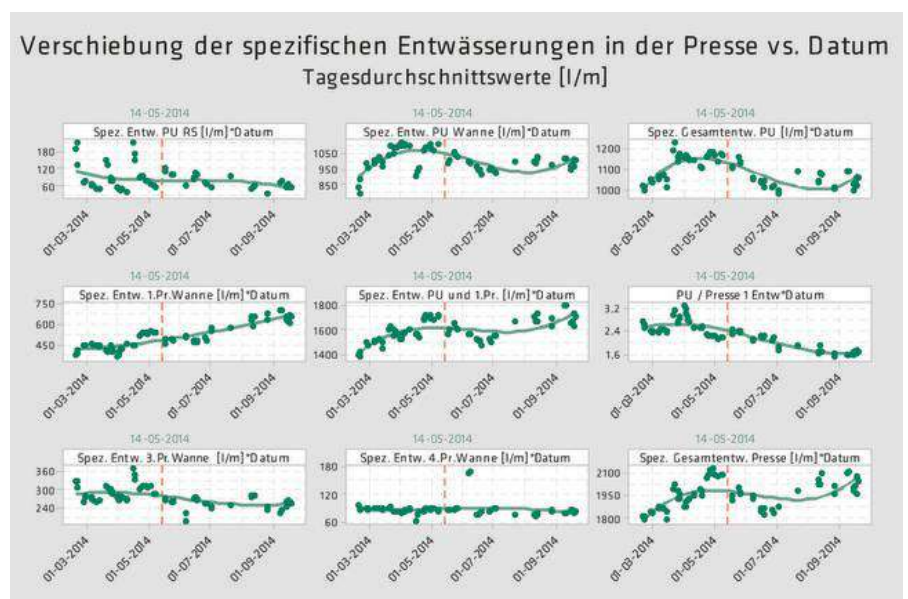


Abb. 4: Verschiebung der spezifischen Entwässerung in der Presse, ein Kennzeichen für Prozessveränderungen

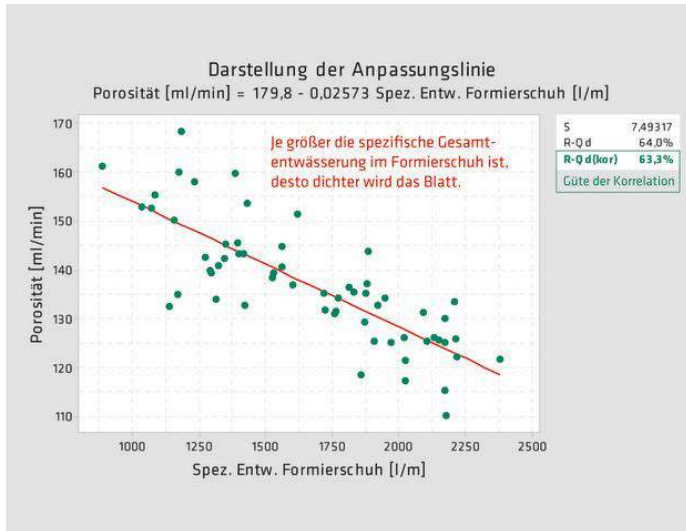


Abb. 5: Eine höhere Entwässerung zu Beginn des Entwässerungsprozesses kann zu einer geringeren Porosität führen, was Entwässerungsstörungen zur Folge haben kann.

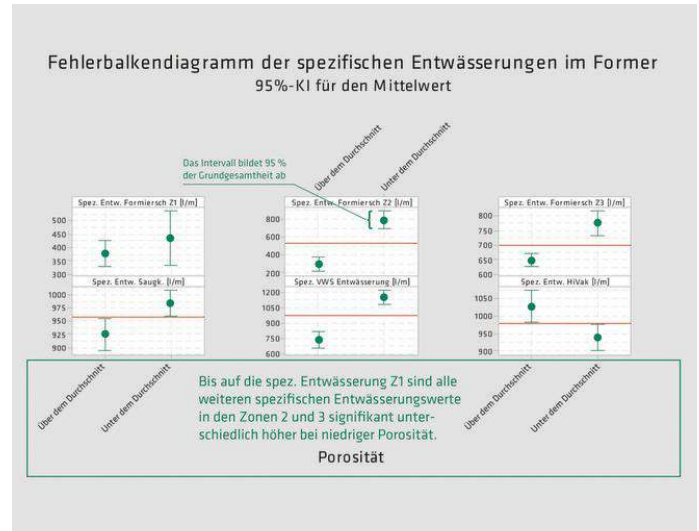


Abb. 6: Die Entwässerungsunterschiede sind statistisch signifikant, wenn sich die Intervalle nicht überlappen.

3. Die Entwässerung im Former

Für eine hohe Produktivität und eine gute Papierqualität ist die spezifische Entwässerungsmenge und -verteilung in der Papiermaschine von entscheidender Bedeutung. Entwässerungsverschiebungen, die sich oft schleichend über längere Zeiträume hinweg einstellen, können eine negative Veränderung der Entwässerungscharakteristik des Blattes verursachen.

Zum Beispiel kann eine zu schnelle Initialentwässerung im Former das Blatt verdichten (Abb. 5) und unter Umständen eine Erschwerung der weiteren Blattentwässerung und Blatttrocknung hervorrufen. Damit verbunden sind mögliche Produktivitätseinbußen, Papierqualitätsveränderungen und höhere Energieverbräuche.

Hier kann die statistische Datenanalyse sinnvoll zur Analyse des Produktionsprozesses eingesetzt werden. Nachdem Prozesse natürlichen Schwankungen ($\pm 1,5$ Sigma) unterliegen, ist es wichtig, die Veränderungen auf ihre statistische Signifikanz hin zu untersuchen (Abb. 6).

4. Die Entwässerung in der Presse – eine entscheidende Qualitätsgröße

Die Entwässerung in der Presse ist ein wichtiger Leistungsfaktor bei der Papierproduktion. Entsprechend sensibel reagiert der Papiermacher auf Entwässerungsschwankungen insbesondere am Pickup. Schnell werden diese Variationen dem Pickup Filz zugeordnet. Die Ursachen sind jedoch oftmals auch in voranliegenden Prozessschritten zu finden. Wie bereits erwähnt, haben Entwässerungsverschiebungen im Former einen erheblichen Einfluss auf die Entwässerungsqualität des Blattes.

Diese Eigenschaft setzt sich auch in der Presse fort. Gleichzeitig kann das Wasserangebot für die Presse durch Entwässerungsschwankungen und -verschiebungen im Former signifikant variieren. Daher ist die alleinige Größe „Pickup“ Entwässerung für die Prozessbeurteilung oftmals nicht ausreichend. Eine statistische Datenanalyse historischer Daten kann über die Ursachen dieser Variationen, über optimale Entwässerungsverhältnisse und wie diese realisierbar sind, Auskunft geben.

Ein weiteres wichtiges Prozesskriterium ist die Entwässerungskapazität des ersten Pressfilzes bzw. Unterfilzes. Im Zusammenspiel mit dem Pickup Filz muss dieser vor allem in der Lage sein, Entwässerungsschwankungen des Pickup Filzes zu kompensieren. Er muss somit über eine ausreichende Entwässerungskapazität verfügen, um z. B. die 3. Presse nicht zu überlasten. Andererseits soll auch der Wasseranteil in der 3. Presse hoch genug sein, um noch in der Lage zu sein, genügend hydraulischen Druck aufzubauen, um effektiv zu entwässern.

Diese Prozesszusammenhänge sowie optimale Entwässerungsverhältnisse und die dafür benötigten Einstellungen lassen sich mit Hilfe der statistischen Prozessdatenanalyse veranschaulichen.

Über Konrad Höglauer SPO-Consulting

Als Six Sigma Master Black Belt beschäftigt sich Konrad Höglauer seit dem Jahr 2008 mit der statistischen Prozessdatenanalyse für die Papierindustrie. Zunächst entwickelte er ein Konzept zur Nutzung dieser Dienstleistung für die Papierindustrie für Albany International. In den Folgejahren konnte die Methodik, auf der Basis der Durchführung von über 80 Analysen und die damit verbundenen vielseitigen Herausforderungen in der Praxis, immer weiter optimiert und die Anwendungsgebiete entsprechend erweitert werden. So gründete er im Mai 2015

SPO-Consulting mit dem Ziel, insbesondere die Papierindustrie bei der Optimierung der Prozesse zu unterstützen. Sein Angebot umfasst:

- statistische Datenanalysen zur Leistungs- und Prozessoptimierung sowie zur Produktqualitätsverbesserung
- Begleitung und Durchführung von statistisch designten Versuchen (Design Of Experiments – DOE)
- Bedarfsgerechte (auch Six Sigma Belt-) Trainings, Beratung und Coaching zum Thema der statistischen Prozessoptimierung

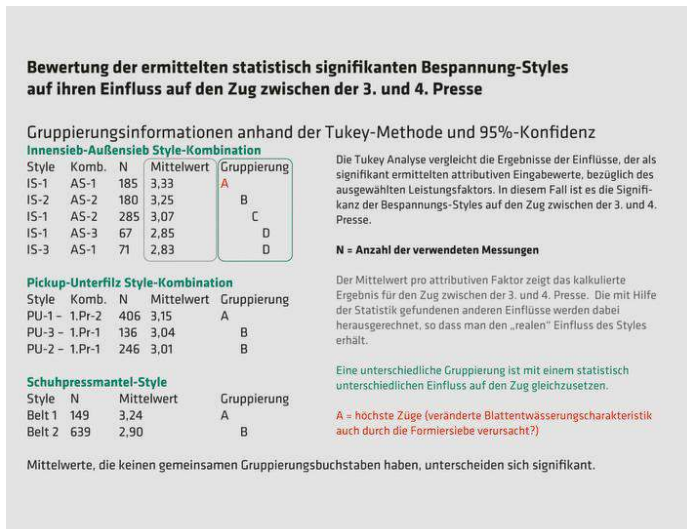


Abb. 7: Bewertung der Bespannungen im Hinblick auf deren Einfluss auf den Zug zwischen der 3. und 4. Presse.

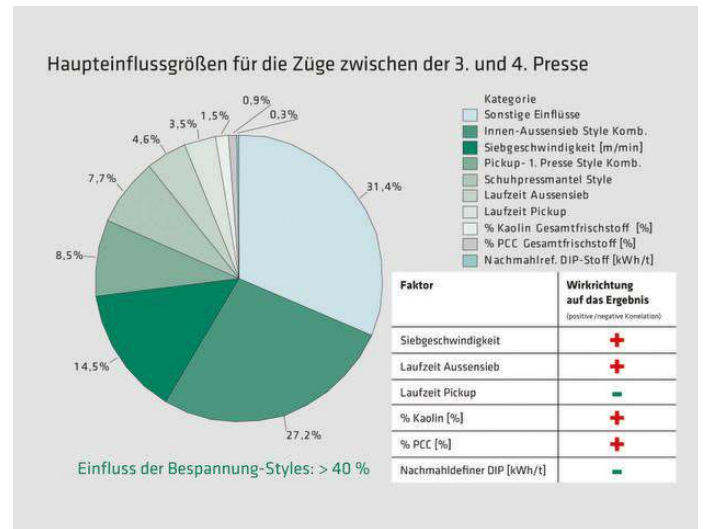


Abb. 8: Tortendiagramm der KPI's. Hoher Einfluss der Bespannungen.

5. Statistische Prozessoptimierung

Nach der Definition der Ziele in der Define-Phase und dem Generieren der Messdaten werden die Haupteinflussfaktoren für die ausgewählten Faktoren mit Hilfe statistischer Werkzeuge ermittelt. Eine Vielzahl potentieller Variablen kann hauptverantwortlich für die Variationen sein. Gleichzeitig muss dem Fortschreiten des Prozesses Rechnung getragen werden. Variationen von Einflussfaktoren zu Beginn des Prozesses können durchaus zeitverzögert im späteren Prozessverlauf zu Problemen führen. Häufig ist deren Analyse nur mit gezielten Zwischenschritten möglich und erfordert viel Erfahrung mit den Prozessgegebenheiten und dem Umgang mit den statistischen Werkzeugen. Mit einfachen grafischen Methoden oder der

Untersuchung der Korrelationen jeder einzelnen potentiellen Einflussvariablen zu der zu untersuchenden Leistungsvariablen, ist das Resultat wahrscheinlich stark fehlerbehaftet. Deutungen basierend auf Kurvenverläufe sollten ebenso mit äußerster Skepsis begegnet werden.

Dagegen erlaubt es die Statistik, die Einflüsse aller potentiellen verfügbaren Einflussvariablen in einer Analyse gemeinsam zu untersuchen. Dabei wird nicht nur der Einfluss numerischer, sondern auch der Einfluss attributiver (z.B. Bespannung-Styles, Refinerplatten Designs, Instandhaltungsmaßnahmen, etc.) potentieller Variablen untersucht. Dadurch ist es möglich, auch die Wechselwirkungen zwischen den Faktoren zu ermitteln. Die Zuverlässigkeit der Aussage

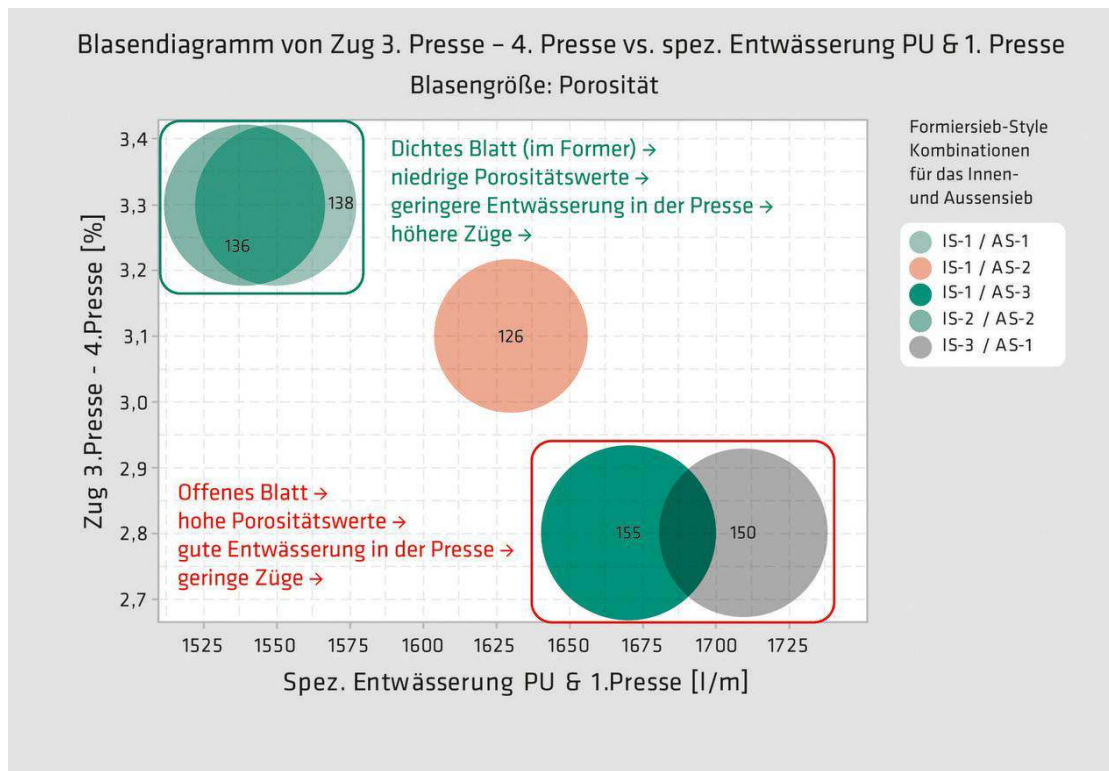


Abb. 9: Zusammenhang der Blattichte (Porosität [ml/min] = Zahlenwert in den Blasen), der Entwässerung im Pickup und in der 1. Presse sowie dem Zug zwischen der 3. und 4. Presse in Abhängigkeit von den Formiersieb-Style Kombinationen.

wird demzufolge deutlich erhöht. Im Laufe der Analyse bleiben nur noch die statistisch signifikanten Einflussfaktoren übrig. Die Irrtumswahrscheinlichkeit der Analysen beträgt gewöhnlich 5 %.

In diesem Zusammenhang muss gerade auf die Bedeutung der Papiermaschinenbespannungen hingewiesen werden. So lässt sich häufig ein hoher Einfluss der unterschiedlichen Formiersieb-Styles auf die Entwässerung feststellen. Gerade die Wichtigkeit der Kombination des Außen- und Innensieb Sets darf nicht unterschätzt werden. Ähnlich verhält es sich auch mit den Pressfilz-Styles und deren Kombinationen. Auch deren Produktionstoleranzen selbst können eine messbare Signifikanz auf die Entwässerungsvariationen haben. Daher ist gerade der Papiermaschinenbespannungshersteller besonders aufgefordert, auf enge Toleranzen und eine reproduzierbare hohe Qualität zu achten. Als logische Konsequenz sollte eine möglichst geringe Anzahl verschiedener Bespannungskombinationen im Einsatz sein, da sonst signifikante Prozessvariationen vorprogrammiert sind und die Durchführung kontinuierlicher Prozessoptimierungsmaßnahmen generell problematisch ist.

6. Beispiel: Analyse der Haupteinflussfaktoren für den Zug zwischen der 3. und 4. Presse (Zentralwalze)

Möchte man, wie im konkreten Beispiel, die Haupteinflussfaktoren für den Zug zwischen der 3. und 4. Presse analysieren, so bietet die statistische Datenanalyse die Möglichkeit, eine große Anzahl von potentiellen Einflussfaktoren gemeinsam zu untersuchen. Hinzu kommt, dass auch die Richtung des Einflusses (positive (+) oder negative (-) Korrelation zum Ergebnis) der gefundenen Einflussfaktoren aufgezeigt werden kann. Die Untersuchung ermöglicht auch die Abbildung der Signifikanz der Bespannungen (Abb. 7) oder anderer attributiver Faktoren. Dazu wird für jeden Bespannungs-Style der Mittelwert des Ergebnisses des zu untersuchenden Leistungsfaktors

kalkuliert, wobei dabei der Einfluss der übrigen gefundenen Einflussfaktoren berücksichtigt und somit herausgerechnet wird. Diese gefundenen Mittelwerte wiederum werden auf ihre statistische Unterschiede hin untersucht und diese innerhalb der Gruppe dargestellt. Somit lassen sich Leistungsfavoriten in den einzelnen Gruppen ermitteln.

In einem Tortendiagramm (Abb. 8) werden zunächst die ermittelten Haupteinflussfaktoren und deren Signifikanz visualisiert. In diesem Beispiel haben die Bespannungen einen maßgeblichen Einfluss auf den Zug zwischen der 3. und 4. Presse. Insbesondere die Kombination der Innen- und Außensieb-Styles tragen mit ca. 25 % zum Ergebnis bei. Damit ließen sich auch hypothetisch ein Teil der Entwässerungsvariationen im Former erklären, was allerdings noch statistisch belegt werden müsste. Dass eine Erhöhung der Geschwindigkeit eine Erhöhung der Züge induziert, ist nachvollziehbar.

Der Einfluss der Pressfilzkombination des Pickups und des Unterfilzes sowie die Signifikanz der Schuhpressmantel-Styles erschließen ein Optimierungspotential des Zugs in Höhe von ca. 15 %, alleine durch die Auswahl der „besten“ Bespannungs-Styles bzw. Bespannungskombinationen. Der Füllstoffanteil zeigt einen vernachlässigbaren Einfluss.

Ca. 30 % der Einflüsse auf den Zug lassen sich anhand der gegebenen Faktoren nicht erklären. Neben eventuell fehlenden Faktoren, die keine Berücksichtigung in der Analyse fanden, können hier Messfehler, menschliche Einflüsse oder auch Wartungsarbeiten, deren Daten hier ebenfalls nicht berücksichtigt wurden, eine Rolle spielen. In einem Blasendiagramm (Abb. 9) können die grundlegenden Erkenntnisse zusammengefasst werden. Die Formiersieb-Style Kombinationen IS-1/AS-1 und IS-2/AS-2 sorgen für eine rasche Initialentwässerung. Als Folge davon verdichtet das Blatt und die Porosität nimmt ab. Durch die Verschlechterung der Entwässerungscharakteris-

tik reduziert sich die Gesamtwässerung im Pickup und in der 1. Presse. Als Konsequenz ist der Zug zwischen der 3. und 4. Presse hoch. Dagegen zeigen die Formiersieb-Style Kombinationen IS-1 AS-3 und IS-3 AS-1 eine geringere Initialentwässerung. Die Entwässerung verläuft durch das offenere Blatt gleichmäßiger mit dem Resultat, dass der Zug zwischen der 3. und 4. Presse geringer (beide Styles haben vergleichbare Züge (Gruppierung = D)) ist.

sualisiert werden. Sie ist ein geeignetes Werkzeug, um den Papiermacher zu unterstützen. Sie spart Ressourcen und schont die oft knapp bemessene Zeit in der Produktion.

Das Know-how und die Erfahrung des Papiermachers bleiben dabei unverzichtbar, um die Resultate korrekt interpretieren zu können und die richtigen Schlüsse daraus zu ziehen. Die Ergebnisse dieser Analysen können

auch den Zulieferern wertvolle Informationen zur optimalen Einstellung ihrer Prozesse liefern. Die Prozessdatenanalyse ist somit eine Möglichkeit, Sprungeffekte im Hinblick auf den Weg zur Prozessexzellenz zu erzielen und sie ermöglicht wichtige Prozesskenntnisse innerhalb kürzester Zeit zu realisieren.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Qualität der Ergebnisse mit der Qualität und

Quantität der Daten korrespondieren. Somit sind eine kontinuierliche Instandhaltung der Messeinrichtungen und eine möglichst umfassende Datenerfassung entscheidend für den optimalen Nutzen der statistischen Prozessoptimierung.

Grundsätzlich gilt: „Ihrem Wesen nach sind alle Modelle falsch, aber einige sind nützlich“ (George Edward Pelham Box)

www.spo-consulting.de

7. Schlussfolgerung

Die gewonnenen wichtigsten Erkenntnisse aus dieser Analyse:

- Die Formiersieb-Style Kombinationen im Innen- und Außensieb haben einen hohen Einfluss auf den Zug zwischen der 3. und 4. Presse.
- Eine gemäßigte Initialentwässerung im Former sollte bevorzugt werden.
- Demzufolge sind die Formiersieb-Style Kombinationen IS-1 AS-3 und IS-3 AS-1 zu bevorzugen.
- Außerdem sollten die PU-1. Presse Filz Kombinationen PU-3–1. Pr-1 und PU-2–1. Pr-1 und der Schuhpressmantel-Style Belt 2 zur Verringerung des Zuges eingesetzt werden.
- Der Einsatz zu vieler Bespannungskombinationen sollte aufgrund ihrer hohen Signifikanz auf den Prozess unbedingt vermieden werden, da dadurch die kontinuierliche Optimierungsarbeit deutlich erschwert wird.
- Diese Informationen sollten den Bespannungslieferanten zwecks Optimierungsarbeit zugänglich sein.

Fazit

Mit der statistischen Datenanalyse lassen sich die Haupteinflussfaktoren der Leistungs- und Qualitätsfaktoren, basierend auf die gegebenen Messdaten, ermitteln. Prozesse und optimale Prozesseinstellungen können vi-