

Entwicklung zentraler Tools zur systematischen Optimierung des Wet End von Papiererzeugungsanlagen

E. Möller

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Abstract	3
1 Ausgangssituation	4
1.1 Prozessführung und Additivtechnologie im Wet End	4
1.2 Probleme und Potenziale im Wet End.....	5
1.3 Ansatz zur Prozessoptimierung.....	6
2 Zielstellung	7
3 Inhalte einer systematischen Prozessanalyse	8
3.1 Entwicklungsvorgehen.....	8
3.2 Grundkonzept	9
3.3 Tools	10
4 Wirtschaftlicher Nutzen	14
5 Literaturverzeichnis	15

Zusammenfassung

Ziel des Projektes	Ziel des FuE-Projekts war die Entwicklung einer weitgehend standardisierten Methodik zur zielgerichteten und effektiven Optimierung des Wet End von Papiererzeugungsanlagen.
Vorgehen	Zur Entwicklung wurde eine Methodik als Entwurf erstellt und anhand von Prozessanalysen in unterschiedlichen Papierfabriken im Laufe des Projektfortschritts sukzessiv erweitert und optimiert.
Erarbeitetes Konzept	Die systematische Prozessanalyse gliedert sich nach Abschluss dieses FuE-Projektes in zehn Module, die die auf einen effizienten Additiveinsatz, auf Qualitätskonstanz und auf Papiermaschinenproduktivität ausgerichtet sind. Die Module adressieren typische, verbreitete Probleme im Wet End von Papierfabriken. Die Anwendung soll eine maximale Transparenz aller Vorgänge im Wet End eröffnen. Die Zielsetzung, die fortschrittliche Methodik und der integrale Ansatz des entwickelten Beratungsproduktes gehen weit über verfügbare Vorgehensweisen hinaus.
Entwickelte Werkzeuge (Tools)	Es wurden sich ergänzende Tools für die Prozessanalyse erarbeitet. Diese decken die Bereiche Prozessaufnahme und Basisauswertung, Online-Daten und Korrelationsanalyse, mathematische Modellierung, Additiv-Dosierregime, Laufzeitanalyse und Ursachanalyse von Ablagerungen ab. Eine Referenzdatenbank wurde entworfen und angelegt. Vorgaben zum Ableiten von Handlungsempfehlungen wurden erstellt.
Wirtschaftliche Auswirkungen	Die systematische Prozessanalyse im Wet End eröffnet Papiererzeugungsanlagen aller Sortenbereiche deutliche Kosteneinsparungen.
Danksagung	Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens IW 050281 gewonnen, das im Programm zur "Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation in kleinen und mittleren Unternehmen und externen Industrieforschungseinrichtungen in den neuen Bundesländern" mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über den Projektträger EuroNorm GmbH gefördert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Unser Dank gilt außerdem den beteiligten Firmen der Papier- und Zulieferindustrie für die Unterstützung der Arbeiten.

Abstract

Theme	Development of main tools to systematically optimise the wet end of paper production plants
Objective	The objective of this R&D project was to develop an integrated approach for the systematic and effective optimisation of the wet end of paper machines.
Procedure	To develop a methodology a draft was prepared. It was successively completed and refined through applications in different paper mills.
Concept elaborated	The systematic process analysis, as result of the R&D project, is structured into ten modules aiming at different aspects of efficient additives use, stable paper quality and high machine efficiency. The modules are addressing typical, common problems of paper mills. The application opens up maximum transparency of the wet end processes. The targets, the advanced methodology and the integrated approach surpass existing analysis methods by far.
Tools	Complementary tools for the process analysis were developed, covering data acquisition, basic evaluation, online-data capture, correlation analysis and data-based modelling, additives dosage regime, run time analysis, and root cause analysis of deposits. A reference data base was designed and set up. Guidelines to infer optimization recommendations were compiled.
Benefits	The systematic process analysis in the wet end opens up significant saving potential for all paper grades.
Acknowledgement	The IW 50281 research project was funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology BMWi in the programme for the "Promotion of Research, Development and Innovation in Small and Medium-sized Enterprises and External Industrial Research Institutions in the New German Countries" and carried out under the umbrella of EuroNorm in Berlin. We would like to express our warm gratitude for this support.

1 Ausgangssituation

1.1 Prozessführung und Additivtechnologie im Wet End

Prozesse und Wechselwirkungen im Wet End

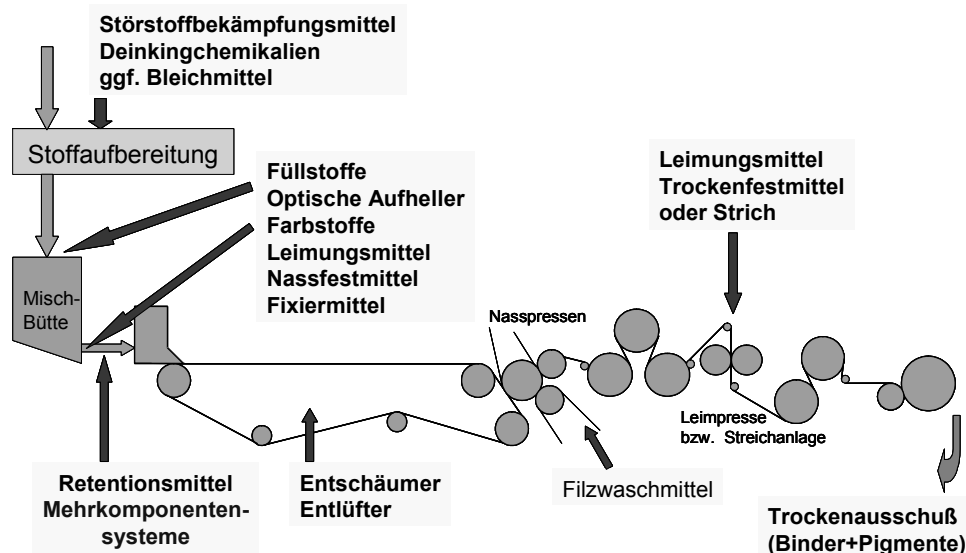
Das Wet End ist der chemisch-technologische Bereich der Papiermaschine, in dem Wasser als Träger für Fasern, Füllstoffe und Additive fungiert und zur Beeinflussung der Blattbildung genutzt wird. Ihm sind insbesondere die Kernprozesse Blattbildung und Entwässerung zuzuordnen sowie die gesamte Beeinflussung von Prozess und Produkt durch chemische Additive.

Verschiedene wechselwirkende Einflüsse sind für die optimale Gestaltung des Wet End zu beachten. Sie begründen sich im Faserrohstoff beziehungsweise dem daraus hergestellten Papierstoff, in der Additivtechnologie, der Maschinenteknik, den Wasserqualitäten sowie der Regelungstechnik. Ohne die Kenntnis dieser Wechselwirkungen und einer daraus abgeleiteten planvollen Gestaltung der Wet-End-Prozesse sind heute eine marktgerechte Produktivität und die geforderten Produktqualitäten nicht erzielbar.

Fokus für eine Optimierung des Wet End ist die Additivtechnologie, jedoch stets vor dem Hintergrund der Wechselwirkungen mit anderen Einflussgrößen.

Additiv-technologie

Chemische Additive werden eingesetzt, um Prozess und Produkt gezielt zu beeinflussen. Nach der Funktion lassen sich Additiv-Kategorien unterscheiden, für die jeweils verschiedene Wirkstoffe und eine Vielzahl von Handelsprodukten zur Verfügung stehen. Die Abbildung gibt einen Überblick über Additiv-Kategorien und Dosierstellen im Wet End:



Additivkosten Die chemischen Additive leisten einen wesentlichen Beitrag für eine effektive Produktion und beeinflussen in maßgeblicher Weise das Produkt. Diese wichtige Rolle spiegelt sich auch in den Kosten wider. Wet-End-Additive tragen im Mittel mit 20 Euro/t Papier zu den Herstellungskosten bei, bei erheblicher Varianz je nach produzierter Sorte [1]. Dies impliziert ein attraktives Volumen für Einsparungen.

Online-Daten Online-Sensoren und Datenerfassungssysteme werden in den letzten Jahren vermehrt installiert. Diese werden zur Prozessüberwachung oder zur Regelung beispielsweise der Additividierungen eingesetzt. Weitergehende Auswertungen von online erfassten und in Datenbanken abgelegten Daten werden jedoch selten realisiert.

1.2 Probleme und Potenziale im Wet End

Probleme und Potenziale im Wet End Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge muss davon ausgegangen werden, dass die heutige Betriebspraxis erhebliche Optimierungs- und Kosteneinsparpotenziale birgt. Diese konkretisieren sich in folgend dargelegten Fragestellungen.

Transparenz Kernproblem des Wet End ist die begrenzte Prognostizierbarkeit von Einflussnahmen, da die Zusammenhänge weder funktional noch empirisch umfassend bekannt sind und dabei eine hohe Zahl von Faktoren in nicht-linearer Weise interagieren. Nur durch das Verständnis der Zusammenhänge und Wechselwirkungen ist eine gezielte, nachhaltig zielführende Optimierungsstrategie möglich.

Performancesteigerung Das Außerachtlassen von relevanten Einflussgrößen führt zwangsläufig nur zu lokalen Optima. Wie lässt sich das Gesamtoptimum des Prozesses finden, bei dem die maximale Produktivität bei der geforderten Produktqualität erreicht wird? Wie können Ausfallzeiten und Ausschussproduktion reduziert werden?

Vermeidung von Ablagerungen Auftreten können Ablagerungen im konstanten Teil, in Sieb- und Pressenpartie sowie auch im Papier in Form von Flecken. Die Ursachen können äußerst vielfältig sein. Gerade bei der großen Zahl von eingesetzten Additiven kann es bei ungeeigneten Kombinationen oder nicht sachgemäßer Anwendung zu Störungen kommen [2]. Unerwünschte Ablagerungsreaktionsablauf sind aber genauso möglich, wenn sich Bedingungen im Stoffkreislauf der Anlage verändern, z B. pH-Wert oder Temperatur.

Reduzierung der Additivkosten Angesichts des Kostendrucks sind Papierfabriken beständig bestrebt, die Additivkosten durch veränderten Additiveinsatz oder andere Prozessführung bei gleichbleibender Produktqualität zu reduzieren.

Flexibilität und Stabilität

Durch Einschwingzeiten nach Sortenwechseln oder anderen Sprung-Änderungen werden Qualitätsvorgaben erst verspätet erreicht, es geht Produktivität verloren. Wie muss der Prozess gestaltet werden, um diese Verluste zu minimieren? Wie können Störgrößen identifiziert und dann eliminiert oder kompensiert werden, um eine konstante Produktqualität sicherzustellen?

1.3 Ansatz zur Prozessoptimierung**Stand der Vorgehensweisen zur Optimierung im Wet End**

Optimierungen im Wet End werden zuvorderst durch die Anlagenbetreiber selbst und durch Additiv-Lieferanten durchgeführt, in geringerem Maße durch Messgerätehersteller, Anlagenbauer und Forschungseinrichtungen. Regelmäßig eingesetzte Werkzeuge sind die Aufnahme von Betriebsdaten, Betriebsweisen und Additivdosierungen, chemische Analytik, Produktanalytik, historische Korrelation zumeist auf Basis von Befragungen, Optimierungsempfehlungen auf Basis von Erfahrungswissen und Betriebsversuche.

Bestehende Ansätze

Die Ansätze lassen sich nach dem Blickwinkel der Studien unterteilen:

In fallbezogenen Einzeldarstellungen ist keine umfassende Systematik zu erkennen [3-10]. Papierfabriken selbst verfügen in der Regel nicht gleichzeitig über ausreichende Personal-, Messgeräte- und EDV-Ressourcen, Kenntnis der Zusammenhänge sowie die notwendige wissenschaftliche Methodik, um über einzelne Problemstellungen hinaus eine Gesamt-Bewertung des Systems Wet End vorzunehmen.

Datenwerkzeuge: Zur Auswertung von verfügbaren Online-Daten sind Datenwerkzeuge kommerziell verfügbar [11-18]. Diese erlauben Visualisierungen und ein verbessertes Erkennen von Korrelationen. Sie bleiben allerdings auf der Stufe der Datenverdichtung stehen und überlassen die Interpretation wiederum dem Technologen. Das Potenzial mathematischer Analysemethoden wird damit nicht für die konkreten Problemstellungen im Einzelfall wirksam.

Gestaltungsregeln: Von verschiedenen Seiten wurden Gestaltungsregeln und Sollbeschreibungen publiziert, die für Teilaspekte einer Optimierung herangezogen werden können [19-30]. Studien von Zulieferern führen durch ihren isolierten Charakter nicht zu einer vollständigen Transparenz der Vorgänge im Wet End und deren Beherrschung durch den Betreiber.

Methodischer Ansatz der PTS

Die PTS entwickelt seit einigen Jahren Methoden zur systematischen Analyse und Optimierung von Prozessen der Papiererzeugung. Diese Beratungsprodukte sind fokussiert auf Fragestellungen, die aus typischen Kundenanforderungen resultieren. Die angebotenen Inhalte sind vordefiniert. Dies ermöglicht eine gezielte, planbare Projektbearbeitung und garantiert einen Leistungsumfang, der für den Kunden schon vorab klar erkennbar ist. Der methodische Ansatz dieser Vorgehensweisen ist übertragbar und geeignet, die Anforderungen einer Optimierung im Wet End zu erfüllen.

**Integrative
Prozessoptimie-
rung im Wet End**

Für die Optimierung des Wet End fehlte bisher ein integrativer Ansatz, der über Angebote der Additiv- und Messtechnikhersteller hinausgeht. In der Folge bleibt ein Großteil der erreichbaren Prozess- und Kosteneffizienz ungenutzt. Nur eine umfassende, systematische, allgemein anwendbare und dabei lösungsoffene Prozessanalyse ermöglicht dem Anlagenbetreiber das Ausschöpfen aller Optimierungspotenziale und das Erreichen einer vollständigen Prozesstransparenz.

In Übertragung des methodischen Ansatzes der PTS konnten die Wissensgrundlagen und Konzepte für eine systematische Prozessanalyse im Wet End entwickelt werden. Hierzu wurden spezifische innovative Analysenwerkzeuge konzipiert, die dem integrativen Anspruch genügen.

2 Zielstellung

Ziel

Ziel des FuE-Projekts war die Entwicklung einer weitgehend standardisierten Methodik zur zielgerichteten und effektiven Optimierung des Wet-End-Bereichs (Nasspartie) von Papiererzeugungsanlagen.

Diese innovative Methodik beinhaltet standardisierte und effiziente Vorgehensweisen (Tools) zur systematischen Analyse und Optimierung des Wet End. Der angestrebte Optimierungsnutzen ist die Kostenreduzierung und Performancesteigerung beim Einsatz von Wet-End-Additiven, die Vermeidung von rohstoff- und prozessbedingten Ablagerungen sowie eine höhere Flexibilität und Stabilität der Anlage. Die Anwendung der zu entwickelnden Tools soll eine maximale Transparenz aller Vorgänge im Wet End ermöglichen.

Die Methodik ist allgemein anwendbar in dem Sinne, dass hinsichtlich produktspezifischer Anforderungen und Technologien sehr unterschiedliche Papiererzeugungsanlagen untersucht und bewertet werden können.

3 Inhalte einer systematischen Prozessanalyse

3.1 Entwicklungsvorgehen

Entwicklungsvorgehen Die Entwicklung einer Methodik zur zielgerichteten und effektiven Optimierung des Wet End von Papiererzeugungsanlagen erfolgte – basierend auf einem Vorentwurf – anhand von Prozessanalysen in unterschiedlichen Papierfabriken. Sie wurde im Laufe des Projektfortschritts sukzessiv erarbeitet und optimiert. Dabei wurden in den ersten beiden Papierfabriken, die unterschiedliche Sortenbereiche und Fragestellungen im Wet End abdecken, die grundlegenden Elemente des Analysekonzepts entwickelt. In weiteren Papierfabriken wurde dann die Anwendbarkeit überprüft.

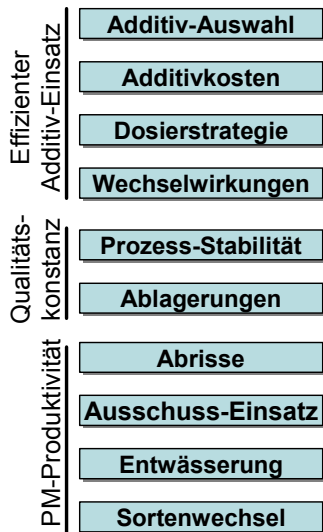
Auf der Basis dieser Prozessanalysen und der entsprechenden Auswertungen wurde eine Methodik festgelegt.

Arbeitsschritte Die durchgeführten Arbeiten beinhalteten folgende Arbeitsschritte:

1. Prozessaufnahme und Basisauswertung
2. Online-Daten und Korrelationsanalyse
3. Prognose durch mathematische Modellierungen
4. Additiv-Dosierregime
5. Laufzeitanalyse und Additivkinetik
6. Ursachanalyse von Ablagerungen
7. Referenzdatenbank
8. Ableiten von Handlungsempfehlungen
9. Synthese des Grundkonzepts und Überprüfung

3.2 Grundkonzept

Produktstruktur Das entwickelte Grundkonzept gliedert sich in zehn Module, die drei unterschiedlichen Nutzenrichtungen zugeordnet sind. Die Module adressieren typische, verbreitete Fragestellungen im Wet End von Papierfabriken:

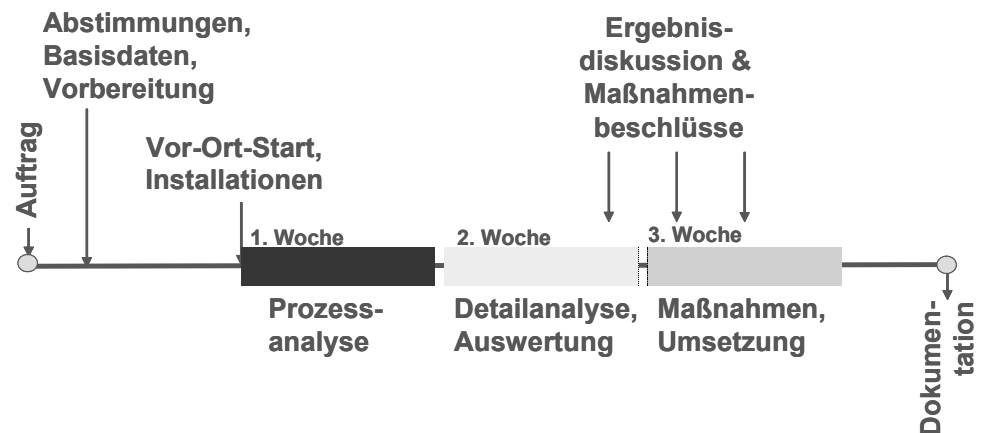


**Vorgehens-
prinzip**

Auf der Basis einer vollständigen und effektiven Datenaufnahme mit standardisierten Tools wird eine Prozessbewertung durchgeführt. Diese erfolgt je nach Aufgabenstellung modulbezogen. Auf Basis dieser Bewertungen werden Optimierungskonzepte erstellt, deren Realisierbarkeit weiter geprüft wird. Die erarbeiteten Optimierungskonzepte werden wirtschaftlich bewertet. Technische und gleichzeitig wirtschaftlich Erfolg versprechende Maßnahmen werden zu einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst und der Papierfabrik für eine Umsetzung vorgeschlagen.

Projektstruktur

Eine Anwendung sieht folgende zeitliche Projektstruktur vor:



Diese Struktur enthält ein Ergebnisfeedback an die Verantwortlichen der Papierfabrik noch während der Vor-Ort-Phase. Eine unmittelbare Maßnahmenumsetzung – wie sie bei Maßnahmen Wet End häufig möglich und sinnvoll ist – kann dann sofort analytisch mitverfolgt werden. Die Struktur ist im Einzelfall an die Projektanforderungen anzupassen, z. B. wenn mehrere, zeitlich abgesetzte Datenaufnahmen bei unterschiedlichen Sorten oder Additivregimes durchzuführen sind.

Als Reihenfolge zur Anwendung der Tools ist vorgesehen:

1. Datenaufnahmen
2. Anwendung modulbezogener Tools (z.B. Modellierung)
3. Optimierungspotenzial und -konzepte
4. Wirtschaftliche Bewertung
5. Maßnahmenplan

3.3 Tools**Einleitung**

Im Rahmen der durchgeführten Prozessanalysen konnten zahlreiche Tools zur Darstellung und Auswertung der Daten neu entwickelt oder auf der Basis vorhandener Tools weiterentwickelt werden.

Toolinventar Die folgenden Tabellen listen die erarbeiteten Tools mit den zentralen Bestandteilen. Beispielsgrafiken sind zur Veranschaulichung beigelegt, soweit eine repräsentative Darstellung vorliegt.

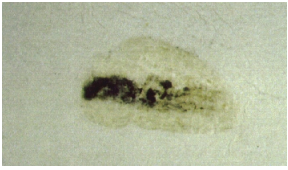
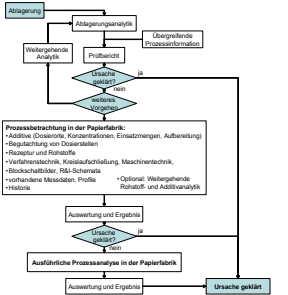
1 Tool 'Prozessaufnahme und Basisauswertung'			
Bestandteil	Zweck	Ergebnisgrößen	Beispielsgrafik
Aufnahme Produktionsdaten	Basis für alle weiteren Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Produktionsdaten • Rezeptur • Additive 	
Anlagenschaltung	Bewertung von <ul style="list-style-type: none"> • Rohstoffeinsatz, • Dosierfolgen; Basis zur Festlegung der Prozessbeprobung	<ul style="list-style-type: none"> • Dosierstellen • Rohstoffe • Additive • Probenahmestellen 	
Prozessanalytik	Planung, Durchführung, Dokumentation und Auswertung der Prozessanalytik	<ul style="list-style-type: none"> • Stoffdichte, Asche • Leitfähigkeit, Temperatur, pH, CSB • Zetapotenzial, PCD 	
Fließbild-Profil	Identifikation und Bewertung von Änderungen im Prozessverlauf	s.o.	

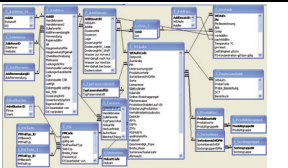
2: Tool 'Online-Daten und Korrelationsanalyse'			
Bestandteil	Zweck	Ergebnisgrößen	Beispielsgrafik
Online-Datenaufnahme	Datenbasis für dynamische Betrachtungen, Korrelation und Regression	Prozessdaten aus <ul style="list-style-type: none"> • Prozessleittechnik • weiteren Sensoren 	
Visualisierung	Prüfung der Zeittrends zur <ul style="list-style-type: none"> • Identifikation von Stillstandszeiten, Ausreißerdaten, konstanten Parametern ... • Hinweise auf Instabilitäten, Zusammenhänge, Auffälligkeiten 	s.o.	
Kreuzkorrelation	Identifikation von Korrelationen, auch bei zeitverschobenen Wirkungen, zur Ursache-Wirkungs-Interpretation	<ul style="list-style-type: none"> • Korrelationskoeffizienten • Zeitverschiebungen 	

3: Tool 'Prognose durch mathematische Modellierungen'			
Bestandteil	Zweck	Ergebnisgrößen	Beispielsgrafik
Datenbasierte Modellierung	<ul style="list-style-type: none"> Quantifizierung von Abhängigkeiten Prognose Optimierung 	Modelle, beschrieben durch <ul style="list-style-type: none"> Zielvariable Input-Variablensatz Modellparameter Gütemaße 	

4: Tool 'Additiv-Dosierregime'			
Bestandteil	Zweck	Ergebnisgrößen	Beispielsgrafik
Lokale Additivwirkung	Bewertung der Additiv-technologie	Aufziehverhalten von Additiven	s. Fließbild-Profil
Kennlinien der Prozesswirkung	<ul style="list-style-type: none"> Zusammenhang zwischen Additivdosierung und -wirkung Bewertung des Additiveinsatzes 	Kennlinien, Steigung als Kennwert	
Prognose durch Laborversuche	Abbildung der Additivwirkung im Labor: <ul style="list-style-type: none"> Auswahl geeigneter Additive optimale Einsatzbedingungen und Dosiermengen 	<ul style="list-style-type: none"> Retention, Entwässerung Leimungsgrad Festigkeiten, optische Eigenschaften 	

5: Tool 'Laufzeitanalyse und Additivkinetik'			
Bestandteil	Zweck	Ergebnisgrößen	Beispielsgrafik
Physikalische Modellierung	<ul style="list-style-type: none"> Abbildung des Realprozesses im Computer zum Test von Prozessvarianten bisher nur Nutzung zur Laufzeitanalyse 		
Laufzeit-Analyse	Bewertung der <ul style="list-style-type: none"> Zeit zur Additiveinmischung und -reaktion Wechselwirkung der Dosierung mit anderen Ereignissen 	Transferzeiten, Dauer von Gleichgewichtseinstellungen im Prozess und lokalen Wirkkonzentrationen	

6: Tool 'Ursachenanalyse von Ablagerungen'			
Bestandteil	Zweck	Ergebnisgrößen	Beispielsgrafik
Vor-Ort-Analytik	Schnelle Ursacheneingrenzung bereits vor Ort	Qualitative analytische Aussagen zu Inhaltsstoffen	
Datenaufnahme für Ablagerungen	Zusammenhänge mit Rohstoffen/ Betriebssituationen	<ul style="list-style-type: none"> • Rohstoffeinsatz • Prozessbedingungen • Konzentrationen und Verweilzeiten • Betriebsweisen 	
Entscheidungsstruktur	zeit- und kosteneffiziente Ursachenermittlung		 <p>Prozessbetrachtung in der Papierfabrik:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Additive (Dosen, Konzentrationen, Einsatzmengen, Aubereitung) -Regelung von Dosierstellen -Rezeptur und Rohstoffe -Verfahrenstechnik, Keilabschüttung, Maschinentechnik -Blockschichtbild, RAI-Schemata -vorhandene Messdaten, Profile -Ordnung: Weibagewebe, Rohstoff- und Additivanalytik -Historie

7: Tool 'Referenzdatenbank'			
Bestandteil	Zweck	Ergebnisgrößen	Beispielsgrafik
Datenbank	Zusammenstellung von und strukturierter Zugriff auf Referenzdaten	<ul style="list-style-type: none"> • Benchmarkwerte • Statistik zu Prozessen 	

8: Vorgehen zum Ableiten von Handlungsempfehlungen	
Bestandteil	Zweck
Vorauswahl	Zusammensicht verschiedener abgeleiteter Optimierungsansätze; Vorauswahl von Maßnahmen
Technische Bewertung	Technische Bewertung in Betracht kommender Konzepte
Wirtschaftlichkeit	Wirtschaftliche Bewertung vorausgewählter Konzepte auf Basis von recherchierten Kostendaten
Entwicklungen	Recherche geplanter und zu erwartender Änderungen im Betriebsumfeld
Chancen & Risiken	Recherche möglicher, nicht quantifizierbarer positiver Effekte und Nachteile bzw. Risiken
Maßnahmenplan	Ableiten konkreter Handlungsempfehlungen, ihrer zeitlichen Abfolge und Präferenz
Präsentationen und Bericht	Weitergabe der Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

4 Wirtschaftlicher Nutzen

Nutzen

Der angestrebte Nutzen für die Papierhersteller ist breit gefächert und korrespondiert mit folgenden Optimierungsbereichen:

- bessere Prozessbeherrschung durch ein besseres Prozessverständnis,
 - gleichmäßigere Papierqualität bezüglich der Strukturparameter sowie der mechanischen und optischen Eigenschaften,
 - geringere Additivkosten durch geringere Additivdosierungen oder Einsatz alternativer Additive,
 - bessere Rohstoffnutzung durch optimierten Additiveinsatz,
 - höhere Kompatibilität des Additivsystems durch Vermeidung unerwünschter Wechselwirkungen,
 - höhere Prozess-Stabilität durch Verringerung der Abrisshäufigkeit und durch Vermeidung von Ablagerungen,
 - Vermeidung prozessbedingter Papierfehler wie Formations- und Leimungsmängel sowie Löcher und Flecken,
 - verbesserte Prozess-Agilität durch kurze Sortenwechselzeiten und schnelles schwingungsfreies Erreichen von Sollwerten.
-

Ansprechpartner für weitere Informationen

Dr. Eckehard Möller
Tel. 03529 / 551-640
E.Moeller@ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung PTS
Pirnaer Straße 37
01809 Heidenau
Tel. 03529 / 551-60
Fax 03529 / 551-899

e-Mail: info@ptspaper.de
www.ptspaper.de

5 Literaturverzeichnis

- 1 Söffge M. et al.
Wet End Chemistry – Integraler Bestandteil der Papierproduktion. Vortagsreihe des APV Darmstadt
Wochenblatt für Papierfabrikation 1/2, 27, 2003
- 2 Le P.-C., Grenz R.
Neu- bzw. Weiterentwicklung analytischer Schnellmethoden zur Papieranalytik und zur Reklamationsbearbeitung in der Papiererzeugung
Abschlussbericht AiF 13280
München 2004, www.ptspaper.de
- 3 Forestier P., Lang D.
Embedded process management
Paper Technology 44, 43-48, 2003
- 4 McMahon R., Begg A., Thomas S.
On-line Wet-end Chemistry Control on Shotten PM2
Paper Technology 12, 25-28, 2000
- 5 Rantala T. et al.
Wirtschaftliche Betrachtung eines Wet End Konzeptes mit KajaaniWENTM
Wochenblatt für Papierfabrikation 131:17, 1004-1009, 2003
- 6 Borschke D.
Von der Nachsorge zur Vorsorge – vom Troubleshooting zur Prozessanalyse
Wochenblatt für Papierfabrikation 6, 297-302, 2003
- 7 Williamson M.
Programm zum Chemikalienmanagement steigert Produktivität bei Burgo, Verzuolo
Wochenblatt für Papierfabrikation 18, 1090-1092, 2004
- 8 Raser P., Habnitt U.
Prozess- und Qualitätsverbesserung durch automatische Regelung der Retentionsmittel bei Mochenwangen Papier
Wochenblatt für Papierfabrikation 134:3/4, 118-126, 2006
- 9 Gerli A.
Mechanischer, betriebstechnischer und chemischer Ansatz zur Verbesserung der Blattbildung bei holzfreien Papieren
Wochenblatt für Papierfabrikation 11/12, 600-606, 2007
- 10 Ford P.A.
Improved quality through innovative wet end solutions
TAPPI Papermakers & PIMA International Leadership Conference, March 11-15, Jacksonville, Florida, 2007
- 11 WEDGE von KCL/Savcor Oy, <http://www1.kcl.fi/wedge/>
- 12 Metso DNA von Metso Automation, <http://metsoautomation.com>
- 13 AUDIT von AUDIT-Software GmbH, <http://www.audit.at>
- 14 PCT Optimizer Suite von LeiKon GmbH, <http://www.leikon.de/>
- 15 PAMOD™ von eposC process optimization GmbH, <http://www.eposc.com>
- 16 Ruel M., Naud S., Lagacé J.-G.
Using performance monitoring and optimization tools for a paper machine start-up
Pulp and Paper Canada 107:3, 41-43, 2006
- 17 Nuyan S., Nissinen A., Hietanen V.
New methods to improve effectiveness in process analysis
Control Systems 2004 Conference, 261-264; Quebec City, 14-17 June 2004

- 18 Kajanto I.
Analysis of paper machine performance using online data
Measurement, Control and Diagnostics in the Papermaking Process, Pira International Conference Proceedings, Paper 9, UMIST Manchester (2004)
- 19 Bottiglieri J.
Taking Wet End Chemistry to the next level
Solutions 6, 48 – 51, 2003
- 20 Main S., Simonson P.
Retention aids for high-speed paper machines
TAPPI Journal 82:4, 78-84, 1999
- 21 Cho B.-U., Garnier G., Paris J., Perrier M.
The process dynamics of filler retention in paper using a PAM/bentonite retention aid system
87th Annual Meeting, Pulp and Paper Technical Association of Canada (PAPTAC) Montreal, Book B, 127-133, 2001
- 22 Molin U., Puutonen P.
Influence of alkalinity and pH stability on wet end chemistry
Pira International conference: Wet End Chemistry
Nice, France 2004
- 23 Huber P. et al.
Optimising the running conditions of several wet end retention systems
Pira International conference proceedings: Wet End Chemistry
Nice, France 2004
- 24 Brüning F.
Dosierstrategien für chemische Additive – auf die Reihenfolge kommt es an
In: Wet-End-Prozesse Teil 1: Optimierung der Verfahrenstechnik. Brüning F. (Hrsg.)
München 2005, Referat Nr. 13
- 25 Hubbe M.A.
Paper's resistance to wetting – A review of internal sizing chemicals and their effects
BioResources 2:1, 106-145, 2007
- 26 Lindström T., Glad-Nordmark G.
A study of AKD size retention, reaction and sizing efficiency, Part 4: The effects of pH, bicarbonate and metal ions on AKD-hydrolysis
Nordic Pulp & Paper Res. J. 22:2, 167-171, 2007
- 27 Clark J., Knesel T.
How to be successful with online charge measurement
TAPPI Papermakers & PIMA International Leadership Conference, March 11-15, Jacksonville, Floridam, 2007
- 28 Ein-Mozaffari F., Chad P.J., Dumont G.A.
Optimization of rectangular pulp stock mixing chests dimensions using dynamic tests
Tappi Journal 2, 24-30, 2007
- 29 Sjöström L., Jacobs A., Radeström R., Nordlund M.
Effects of released organic substances on sizing efficiency - influence of origin, composition and molecular properties of the organic material
Nordic Pulp and Paper Res. J. 21:5, 2006
- 30 Pruszynski P., Jakubowski R.
Understanding sensitivity of retention programs to wet end contamination in TMP-based newsprint furnish
Appita J. 59:2, 114-119, 2006