

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	1
1.1. Produktionsentwicklung der Spanplattenindustrie	1
1.2. Übersichtsliteratur	3
1.3. Entwicklung der Normen	3
B. Technische Voraussetzungen der Untersuchung	4
1. Ein-, Mehrstranganlagen	5
2. Aufbereitung des Holzes	5
3. Trocknung	6
4. Beleimung	7
5. Mattenbildung (Streuung)	7
6. Pressung	8
7. Nachbearbeitung der Rohplatten	8
8. Mess- und Regeltechnik	9
8.1. Teilprozesse	9
8.2. Regelung der Teilprozesse	9
8.3. Regelkreis für Prozessparameter	10
8.4. Prozessdatenerfassungssystem (PDES)	11
8.5. Genauigkeit der Messgeräte	11
8.6. Messfehler	11
8.7. Verteilung der Messstellen	12
9. Statistische Qualitätskontrolle	14
9.1. Bestimmungen	14
9.2. Eigenkontrolle des Herstellers	15
9.3. Mängel des Verfahrens	16
C. Betriebswirtschaftliche Voraussetzungen für die optimale Prozesskontrolle OPC	17
1. Notwendigkeit der Echtzeit-Qualitätskontrolle (RTQC)	17
2. Kostenstruktur der Spanplattenfertigung	18
2.1. durch Kontrollvariable steuerbare Kosten	19
2.2. durch Periodenvergleich nachweisbare Kostensenkungen	20
D. Literaturübersicht	21
1. Literatur Spanplattentechnologie	21
1.1. Holzrezepte	21
1.1.1. Holzarteneinfluss	22
1.1.2. Holzsortimente	22
1.1.3. Spangeometrie	22
1.1.4. Fraktionsverteilung	23
1.1.5. Chemische Eigenschaften der Späne	24
1.2. Bindemittel, Quellschutzmittel, Zuschlagstoffe	24
1.2.1. Bindemitteltypen	24
1.2.2. Technologie der Beleimung	25
1.3. Streuung, Vorpressung, Pressung	26
1.3.1. Streuung, Vorpressung	26
1.3.2. Pressung	26
1.3.3. Messtation hinter Presse	27
1.4. Prozessleitsystem im Spanplattenwerk	27
1.5. Zusammenfassung	28
1.5.1. Verfügbare Informationen	28
1.5.2. verwendete Rechenmodelle	28

1.5.3.Kritik der univariaten Betrachtung	29
1.5.4.Probleme der Messung der Prozessdaten	29
2.Literatur Prozessleitsysteme und Regelung in der Papier- und chemischen Industrie	30
2.1.Papierindustrie	30
2.2.Chemische Industrie	32
3.Literatur Prozessanalyse,Regelung,Optimierung	34
E.Prozessanalyse	36
1.Betrachtung nach DIN 68763 u. 52360	36
2.Betrachtung als stochastischer Prozess	37
2.1.Fertigung ein vektoriieller Prozess	37
2.2.Prozessvariable	37
2.3.Abtasttakt	38
2.4.Prozessmodelle	39
2.4.1.Multinormales Modell	39
2.4.2.Unabhängige Regression	40
2.4.3.Stationärität des Prozesses	40
2.4.3.1.Stationärität der x Prozesse	40
2.4.3.2.Stationärität der y Prozesse	41
2.4.4.Unabhängigkeit der Regressoren von den Störvariablen des y Prozesses	41
3.Ordnung der Prozesse der y Variablen	42
3.1.Identifikation als autoregressive Zeitreihe	42
3.2.OLS Schätzung des Autoregressionskoeffizienten	43
3.3.Einführung von verzögerten Variablen im System, Signifikanzprüfung des Koeffizienten von yLag	43
4.Totzeit der Regelstrecke	44
5.Identifikation des Modells der Störvariablen	45
5.1.ACR1 Test der Einzelgleichungen	45
5.2.Untersuchung der Residuenvektoren als univariate Zeitreihe	46
5.3.Multivariate Verfahren	46
5.3.1.Guilkey Test	46
5.3.2.Identifikation der Residuenvektoren als simultane Zeitreihe	47
5.4.Zusammenfassung Prozessidentifikation	47
F.Parameterschätzung,Vorhersage,Vorhersagevarianz	48
1.Wahl der Schätzfunktionen	48
1.1.Beschränkung auf Glieder 1.Grades	48
1.2.Interdependente Systeme	51
2.Parameterschätzung	52
2.1.Voraussetzungen für das 3SLS Verfahren.	52
2.1.1.Konvergenz von $X'X/T$ und $X'u/T$	53
2.1.2.Verteilung von $X'u/T$ und $X'e/T$	54
2.1.3.Verwendung von Schätzern anstelle der wahren Parameter	55
3.Schätzung des Gleichungssystems	56
3.1.OLS Schätzung der reduzierten Form	56
3.2.Schätzung der Strukturform	57
3.3.Schätzung der reduzierten Form aus der Strukturform	59
3.4.Varianz des Vorhersagefehlers	61
3.5.Verteilung des Vorhersagefehlers	61
3.5.1.univariate Betrachtung	61
3.5.2.multivariate Betrachtung	62
3.5.3.Verfahren n.DIN 52360	63

Verzeichnis der Anlagen:

- Anl.1 DIN 68763,S.4,DIN 52360,S.2
- Anl.2 DIN 68761,Tl.4,S.1,DIN 68761,Tl.1,S.1,
DIN 68763,S.2
- Anl.3 Auszug Liste WMTS Programm,Univ.Göttingen
(simultane Identifikation von Zeitreihen
von 5 Residuen Vektoren)
- Anl.4.1 Dokumentation des Versuchs 1 in Auszügen:
- Analyse Einzeldaten: DANV1..LST
Analyse Datenvektoren: MDV..LST,
Kontrollkarten Var.55 und 63 s.Abb.17,17a
Regressorwahl für Prozessanalyse:
ohne verzögerte y Variable: OSA.,,
mit verzögerten y Variablen:OSL..LST
Prozessanalyse:
ohne verzögerte y Variable:RES..LST,
mit verzögerten y Variablen:RSL..LST,
Regressorwahl und Parameterschätzung
für die Steuerung OLC:OSO..LST,EOLC..LST
Regressorwahl und Parameterschätzung
für Echtzeitkontrolle CLC:OSCC..LST,ECC..LST
Optimierungsergebnis:Ausgabeliste OLC/OLCNL
Echtzeit-Qualitätskontrolle:Ausgabeliste CLC
- Anl.4.2 Dokumentation Auswertung V4 als Laborversuch:
- Variablenliste
Regressionsmodelle:
HBY1 mit 5 Kontrollvariablen,
Kosten für eine Platte,Ausgabeliste OLC,CLC für
eine Versuchsplatte.
HBY2 mit 4 Kontrollvariablen,Kosten für 1 m³,
Ausgabeliste OLC,CLC für eine Versuchsplatte.

4.Parameterberechnung bei Autokorrelation der Störvariablen	64
4.1.3SLS Schätzung der Parameter Γ, B, E	65
4.2.GLS Schätzung von Einzelgleichungen	68
4.3.Parameterschätzung bei gleichzeitigem Auftreten von ACRI und verzögerten y Variablen	70
G.Wahl eines Regressorsatzes, OPTSEL	72
1.Auswahlverfahren	73
2.Berücksichtigung des mittleren quadratischen Vorhersagefehlers (MSEP)	75
H.Multikollinearität	77
1.Folgen der Multikollinearität	77
2.Erkennen der Multikollinearität	78
3.Hilfsregressionen	80
4.Ungenauigkeit der Vorhersage bei Multikollinearität	80
I.Mixed estimation (MEST)	81
1.Massnahmen bei Multikollinearität	81
1.1.Mixed estimation	82
2.MEST in OPC	83
2.1.Univariates Modell	83
2.2.MEST im multivariaten System	83
K.Berücksichtigung der Messfehler in simultanen linearen Systemen	84
1.Literatur	84
2.Modell mit bekannter Kovarianzmatrix der Fehler	85
3.Messfehler in OPC	86
3.1.Einfluss der Messfehler in der Koeffizienten- schätzung	86
3.2.Einfluss der Messfehler in der Schätzung der Kovarianzmatrizen von Störvariablen und Koeffizienten	87
3.3.Messfehler bei der Vorhersage	88
L.Echtzeit-Qualitätskontrolle (RTQC)	88
1.Aufgabenstellung	88
2.Modell	89
3.Vorhersagefehler	90
4.Echtzeit-Qualitätskontrolle nach DIN68763	91
5.Statistische Sicherheit der Vorhersage	95
M.Optimale Steuerung (OLC), Regelung (OPC)	96
1.Arten der optimalen Steuerung	96
1.1.Statische Optimierung	97
1.2.dynamische Optimierung	97
2.Bedingte Verteilung im Prozessablauf	97
3.Steuerung bei statischer Optimierung	98
3.1.Zielfunktion	99
3.2.Restriktionen	99
3.3.Rückführung der Regelabweichung	101
3.4.Linearisierung der Restriktionen	101
3.5.Durchführung der Optimierungsrechnung.	102
3.5.1.Konvexität	102
3.5.2.gewähltes Verfahren von Powell	103
3.5.3.Linearisierung des nichtlinearen Problems(NLP)	104

3.6. Programmablauf Steuerung und Regelung	105
4. Dynamische Optimierung, Zustandsregelung	106
4.1. Allgemeine Form des Problems	106
4.2. Dynamischer Prozess	107
4.3. Zustandsgleichung	108
4.4. Parameterschätzung der Differenzengleichung	111
4.5. Zielfunktion (Regelgütefunktional)	111
4.6. Ausgangsgleichung	112
4.7. Kontrollproblem in Chow's Notation	112
4.8. Kontrollproblem in regeltechnischer Notation	113
4.9. Kritik der dynamischen Regelung	114
N. Diskussion der Versuche	115
1. Durchführung der Versuche	115
1.1. Datengewinnung	115
1.2. Zuordnung der Beobachtungen	116
1.3. Untersuchung der Prüfplatten, Varianzanalyse	117
1.4. Erstellen des Datenfiles	119
2. Analyse der Daten, Parameterschätzung	120
2.1. Vorprüfung der Einzeldaten	121
2.2. Prüfung der Datenvektoren :Trend, Correlogramm, F Test, Kontrollkarte	121
2.3. Analyse der Lag- und der Störvariablen	123
2.3.1. Auswahl Regressorsatz	123
2.3.2. Prüfung cond der Regressormatrix	124
2.3.3. Regressionsanalyse RES, RSL	124
2.3.4. Durbins d- und h-Test	124
2.3.5. Guilkeys R Test	124
2.3.6. Prüfung der Residuenvektoren	124
2.4. Auswahl Regressorsatz für OLC und CLC mit OPTSEL	125
2.5. Schätzung Parameter für OLC und CLC	125
3. Optimierung, Echtzeitkontrolle (RTQC)	126
3.1. Optimierung	126
3.2. CLC (Echtzeit-Qualitätskontrolle, RTQC)	127
4. MIXEST	127
5. Übersicht über die Versuche	128
5.1. Versuch 1	131
5.2. Versuch 2	136
5.3. Versuch 3	139
5.4. Versuch 4	143
5.5. Versuch 5	146
6. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	149
6.1. Signifikante Regressoren	149
6.2. Kennzahlen der Versuche	151
6.3. Stichprobe	152
6.4. Kennzahlen der Regressionen	156
6.5. Vorhersage	156
6.6. Bestimmtheitsmasse der Regressionen	157
6.7. Autokorrelation der Störvariablen	158
6.8. Vergleich Stichprobe und Vorhersage für EZQK	158
O. Andere Anwendungen der multivariaten Analyse	160
1. Untersuchung der Beleimungswirksamkeit	160
2. Vergleich von 3 Messvorrichtungen	164
3. Variation von Festwerten in der Maske FW2	167

P. Vergleich der Response Surface Method (RSM) und der optimalen Prozessregelung (OPC)	168
1. Vorgehen von RSM	168
2. Vorgehen von OPC	169
3. Modelle in RSM und OPC	169
3.1. Wahl der Messpunkte, IMSEP	169
3.2. Modellwahl in RSM	170
3.3. Minimierung von MSEP in RSM	171
4. Optimierung in RSM und OPC	171
5. Anwendung von RSM oder OPC bei geplanten Versuchen mit Spanplatten	172
6. Datenerzeugung für RSM und OPC in der Fabrikation	173
Literaturverzeichnis	175

Verzeichnis der Abbildungen ,Tabellen und
Dokumentationen im Text.

1. Abbildungen	Quelle
Abb.1 Entwicklung der Produktionskapazität in Westeuropa 1968 - 1985	Jahresber. FESYP 1985
Abb.2 Materialflussbild eines Spanplattenwerks	
Abb.3 Mehretagenpresse mit Formstrang	C.A.Schenck, Darmstadt
Abb.4 Conti-Roll-Anlage	Siempelkamp, Krefeld
Abb.5 Kalanderpresse mit Formstation	Bähre u.Greten, Springe
Abb.6 Verteilung der Messtellen im Spanplattenwerk	
Abb.7 Langzeit-Mittelwerte von 19mm Spanplatten Versuch 1	
Abb.8 Durchlaufplan Spanplattenwerk	
Abb.9 Polynomiale Regressionen für Plattenmerkmale von 19 mm V100 Platten, Bl.1 - 3	Diplomarbeit B.Verma
Abb.10 Ausgabe der Merkmalschätzung in Echtzeit und der fortgeschriebenen Werte	Programm CLC
Abb.11 Datenfluss in der Fertigungsregelung	Holz a. RWSt. 45(1987)429-437
Abb.12 Blockschalbild statische Regelung	
Abb.13 Schritte in den off-line und on-line Berechnungen in OPC	
Abb.14 Ausgabe Optimierung der Steuerung	Programm OLC
Abb.15 Blockschalbild dynamische Regelung	
Abb.16 Prüfplan Untersuchung der Platten in OPC	
Abb.17 Analyse Merkmalvektor 55 (Querzugfestigkeit V20) und 63 (Varianz von 55 in der Platte)	MODEV
Abb.17a Kontrollkarten der Vektoren 55 und 63 der Abb.17	MODEVP
Abb.18 Ablaufplan OPC	
Abb.19 Ausgabe Unterprogramm RESRF	MINISYS
Abb.20 Festwertspeicher <model>.FW2	OLC, CLC
Abb.21 Datenfluss Programm MIXEST	
Abb.22 Vorschlag Erweiterung Datenverarbeitung in der Beleimung	C.A.Schenck Darmstadt
2. Tabellen	Quelle
Tab.1 Produktionsmengen der Spanplattenindustrie in Westeuropa 1983 - 1987	Jahresber. FESYP 1988
Tab.2 Produktionsmengen der Spanplattenindustrie in Osteuropa, USA und Kanada 1983 - 1987	JAHRESBER. FESYP 1988
Tab.3 Verteilung des Absatzes nach Industrien	Jahresber. FESYP 1988
Tab.4 Güteermkmale der Plattentypen	
Tab.5 Produktionssteigerung je Erzeuger 1982/87	Jahresber. FESYP 1988
Tab.6 Kostenstruktur von Platten mittlerer Dicke	
Tab.7 Allgemeine Angaben zur Kostenstruktur im Fertigungsbereich des Spanplattenwerks	

- Tab.8 Regressionsanalyse des Vorversuchs zu
Versuch 1 Diplomarbeit B.Verma(1979)
- Tab.9 Einflussgrößen (Variable)im Holz a.RWSt
Spanplattenwerk 45(1987)429-437
- Tab.10 Vergleich Variationskoeffizienten
OLS/SURE/3SLS Versuch 1
- Tab.11 Kennzahlen Versuche, Zusammenfassung
- Tab.11a Vergleich Regression ohne/mit yLag1 (RES/RSL)
- Tab.12 Signifikante Einflussgrößen bei der Prozess-
regelung in der Fabrikation
- Tab.13 Bestimmtheitsmasse mit verschiedenen
Regressorsätzen (= Fertigungsabschnitten)
- Tab.13a Partielle Regressionskoeffizienten von
Regressoren im Bereich der Beleimung
- Tab.14 Erreichbare Vorhersagegenauigkeit mit 3 Mess-
vorrichtungen (Variationskoeffizienten in %)

FESYP: Federation Europeenne des Syndicates de Fabricants de
Panneaux de Particules

Holz a.RWSt : Holz als Roh- und Werkstoff, Springer Verlag, Berlin
u.a.

3. Dokumentation zu den Versuchen:

Tab. Kennzahlen der Versuche 1 - 3 bzw. 4 und 5

Liste u. Diagramme zu Versuch 1 - 5 jeweils:
Variablenliste, Diagramme der Beobachtungen und
Vorhersagen für die Perioden 1-25 (bzw. 1-18 in V4)
aus der Regression vor der Presse (OLC) und nach
der Presse (CLC)