



Inhaltsverzeichnis

Taschenbuch der Papiertechnik

Herausgegeben von Jürgen Blechschmidt

ISBN (Buch): 978-3-446-43802-6

ISBN (E-Book): 978-3-446-43701-2

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43802-6>

sowie im Buchhandel.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung – Historischer Abriss	19
2	Begriffe und Papiersorten	30
2.1	Begriffe	30
2.2	Papiersorten	37
2.3	Lexikon der Papiersorten	39
3	Rohstoffe der Papiererzeugung	52
3.1	Übersicht	52
3.2	Aufbau und Zusammensetzung des Holzes	53
3.3	Holzqualität	60
4	Holzvorbereitung für die Faserstoffherzeugung	62
4.1	Rundholzlagerung	63
4.2	Entrindung	64
4.3	Hacken	66
4.3.1	Einflussgrößen der Hackschnitzel auf die Qualität des Faserstoffes	67
4.3.2	Einflussfaktoren auf die Qualität der Hackschnitzel	68
4.3.3	Hacker	68
4.4	Lagerung der Hackschnitzel	70
4.5	Sortieren/Sichten des Hackgutes	71
4.6	Rindenverwertung	72
5	Mechanische Zerfaserung von Holz (Holzstoff)	74
5.1	Einführung – Historischer Abriss	74
5.2	Rohstoff Holz	75
5.3	Verfahren zur mechanischen Zerfaserung von Holz zu Holzstoff	76
5.3.1	Stein-Verfahren	76
5.3.1.1	Wirkprinzip	76
5.3.1.2	Mechanische und thermische Vorgänge beim Stein-Verfahren	77
5.3.1.3	Einfluss verschiedener Parameter auf die Eigenschaften des Stein-Holzschliffes	78
5.3.1.4	Maschinen und Anlagen für die Holzstoff- herzeugung nach dem Stein-Verfahren	81
5.3.2	Refiner-Verfahren	88
5.3.2.1	Wirkprinzip	88

5.3.2.2	Mechanische, thermische und chemische Prozesse im Refiner-Verfahren	90
5.3.2.3	Maschinen und Anlagen für das Refiner-Verfahren	93
5.4	Aufbereitung des Holzstoffes – Sortierung und Rejektbehandlung	96
5.4.1	Grundprinzipien und Parameter	96
5.4.2	Maschinen und Anlagen für die Sortierung und Reinigung von Holzstoff	98
5.4.3	Rejektstoffbehandlung und Wärmerückgewinnung	102
5.5	Bleiche von Holzstoff	102
5.6	Latenz und Eigenschaften von Holzstoff	103
5.6.1	Latenz von Holzstoff	103
5.6.2	Eigenschaften von Holzstoff	104
6	Chemischer Aufschluss von Holz	109
6.1	Sulfitverfahren	109
6.1.1	Einführung und Überblick	109
6.1.2	Technologie der Sulfitzellstoffherstellung	111
6.1.2.1	Sorption von Schwefeldioxid	112
6.1.2.2	Praktische Durchführung der Kochsäureherstellung	113
6.1.2.3	Kochprozess	114
6.1.3	Chemie des Sulfitaufschlusses	117
6.1.3.1	Kinetik des Sulfitaufschlusses	117
6.1.3.2	Reaktionen am Lignin	118
6.1.3.3	Reaktionen an den Kohlenhydraten	120
6.1.4	Verwertung der Sulfitablauge	120
6.1.5	Regenerierung der Kochchemikalien	122
6.1.5.1	Zellstoffwäsche	122
6.1.5.2	Eindampfung der Ablauge	125
6.1.5.3	Ablaugenverbrennung	129
6.2	Sulfatverfahren	130
6.2.1	Einführung und Überblick	130
6.2.2	Technologie der Sulfatzellstoffherstellung	130
6.2.2.1	Kochlauge	131
6.2.2.2	Aufschlussprozess	132
6.2.3	Chemie des Sulfataufschlusses	138
6.2.3.1	Reaktionen am Lignin	138
6.2.3.2	Ligninkondensation im Alkalischen	140
6.2.3.3	Reaktionen an den Kohlenhydraten	140
6.2.4	Nebenprodukte beim Sulfataufschluss	142
6.2.5	Regenerierung der Kochchemikalien	143

6.2.5.1	Eindampfung der Ablauge	143
6.2.5.2	Ausführung der Ablaugeneindampfung	144
6.2.5.3	Ablaugenverbrennung	146
6.3	Bleiche	149
6.3.1	Einführung	149
6.3.2	Chemie und Technologie der Bleiche	150
6.3.2.1	Sauerstoffbleiche	150
6.3.2.2	Chlordioxidbleiche	152
6.3.2.3	Ozonbleiche	153
6.3.2.4	Peroxidbleiche	155
6.3.2.5	Bleiche mit Peressigsäure (PES)	156
6.4	Eigenschaften von Sulfit- und Sulfatzellstoffen	158
7	Altpapieraufbereitung	166
7.1	Begriffe und Definitionen	166
7.1.1	Kenngößen	166
7.1.2	Altpapiersortenliste	168
7.2	Vor- und Nachteile des Altpapiereinsatzes	169
7.3	Physikalisch-chemische Besonderheiten von Altpapierfasern	170
7.4	Reaktivierbarkeit der Eigenschaftskennwerte von Altpapierstoff	173
7.5	Reaktivierung von Altpapierstoffen für Produkte mit geringen Anforderungen an Helligkeit und optische Homogenität („Braune Linie“)	176
7.5.1	Lieferformen des Altpapiers	176
7.5.2	Reaktivierung der Festigkeitskennwerte	176
7.5.3	Probleme und Potenziale der Mahlung von recycelten Fasern	179
7.6	Reaktivierung von Altpapierstoffen für Produkte mit hohen Anforderungen an Helligkeit und optische Homogenität („Weiße Linie“)	181
7.6.1	Wechselwirkung zwischen Druckfarbe und Papier	182
7.6.2	Chemikalien des Deinking-Flotationsverfahrens und ihre Wirkung	184
7.6.3	Überblick über die Verfahrenstechnik der Druckfarbenflotation	185
7.6.3.1	Elementarschritte des Flotationsprozesses	186
7.6.3.2	Selektivität der Flotation bezüglich der Partikelgröße	189
7.6.4	Anlagentechnische Realisierung des Deinking-Flotationverfahrens	191
7.7	Klebende Bestandteile im Altpapier (Stickies)	193

8	Additive der Papiererzeugung	196
8.1	Mineralische Additive	197
8.1.1	Charakterisierung von Füllstoffen und Pigmenten	200
8.1.1.1	Weißgrad	200
8.1.1.2	Brechungsindex (Brechzahl)	200
8.1.1.3	Streuungskoeffizient	201
8.1.1.4	Partikelmorphologie	202
8.1.1.5	Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung	202
8.1.1.6	Spezifische Oberfläche	203
8.1.1.7	Partikelladung	204
8.1.1.8	Härte und Abrasivität	205
8.1.2	Mineralische Füllstoffe und Pigmente	205
8.1.2.1	Calciumcarbonat – GCC (Ground Calcium Carbonate)	205
8.1.2.2	Calciumcarbonat – PCC (Precipitated Calcium Carbonate)	207
8.1.2.3	Kaolin/Clay	209
8.1.2.4	Talkum	212
8.1.2.5	Spezialmineralien	213
8.1.3	Dispergiermittel	218
8.1.4	Anwendungsbeispiele	220
8.1.4.1	Anwendungen im Wet End	220
8.1.4.2	Anwendungen im Bereich der Oberflächenbehandlung (Coating)	222
8.2	Chemische Additive	223
8.2.1	Retentionsmittel und Entwässerungsbeschleuniger	224
8.2.1.1	Aluminiumverbindungen	226
8.2.1.2	Polyaluminiumchloride PAC	227
8.2.1.3	Polyacrylamide (PAM)	228
8.2.1.4	Polyethylenimin	229
8.2.1.5	Polyvinylamine	229
8.2.1.6	Polyamidoamine (PAAm)	229
8.2.1.7	Polydiallyldimethylammoniumchlorid (PolyDADMAC)	230
8.2.1.8	Mikropartikelsysteme	230
8.2.1.9	Netzwerkretentionsmittel – Polyethylenoxid (PEO)	231
8.2.1.10	Modifizierte Stärke	232
8.2.1.11	Wirkungsmechanismen	232
8.2.2	Fixiermittel	234
8.2.3	Leimungsmittel	235
8.2.3.1	Harzleimung	236

8.2.3.2	Alkylketendimer (AKD)	238
8.2.3.3	Alkenylbernsteinsäureanhydrid (ASA)	239
8.2.3.4	Polymerleimungsmittel	240
8.2.4	Trockenverfestiger	241
8.2.5	Nassfestmittel	242
8.2.5.1	Melaminharz-Nassfestmittel	243
8.2.5.2	Epichlorhydrin-Harze	244
8.2.5.3	Glyoxal-Harze	245
8.2.6	Entschäumer/Entlüfter	245
8.2.7	Optische Aufheller	246
8.2.8	Farbstoffe	247
8.2.8.1	Basische Farbstoffe	248
8.2.8.2	Saure Farbstoffe	249
8.2.8.3	Substantive Farbstoffe	249
8.2.8.4	Nuancierfarbstoffe	249
8.2.9	Biozide	250
9	Aufbereitung der Faserstoffe (Halbstoffe)	252
9.1	Dispergieren/Suspendieren	253
9.1.1	Kennzeichnung eines suspendierten Halbstoffsystems	254
9.1.2	Suspendieren von Halbstoffen im LC-Bereich	255
9.1.3	Suspendieren von Halbstoffen im MC-Bereich	258
9.1.4	Suspendieren von Halbstoffen im HC-Bereich	259
9.1.5	Vergleich der Konzepte	261
9.1.6	Kennzeichnung des Zerfaserungserfolges	261
9.1.7	Entstipper und Sekundärpulper	263
9.2	Trennprozesse	265
9.2.1	Ideale Trennung – Technische Trennung	266
9.2.2	Klassierprozesse	268
9.2.3	Sortieren	271
9.2.4	Schaltungsvarianten und Berechnungsgrundlagen für Trennprozesse	273
9.2.5	Abscheiden	275
9.3	Mischen, Stapeln, Lagern	277
9.4	Faserstoffmahlung	277
9.4.1	Physikalisch-chemische Aspekte der Mahlung	278
9.4.2	Mechanische Aspekte der Mahlung	279
9.4.3	Bauarten von Mahlmaschinen	281

9.4.4	Wirkpaarung in messergarnierten Mahlmaschinen	284
9.4.5	Einflussgrößen auf den Mahlprozess	285
9.4.5.1	Einflüsse des Mahlgutes	285
9.4.5.2	Einflüsse der Mahlmaschine	286
9.4.5.3	Einflüsse der Prozessführung	293
10	Erzeugung von Papier	295
10.1	Überblick	295
10.1.1	Aufgabe der Papiermaschine und prinzipielle Lösung	295
10.1.2	Papiermaschinenarten	296
10.1.2.1	Papiermaschinen für grafische Papiere	297
10.1.2.2	Papiermaschinen für Verpackungspapiere	299
10.1.2.3	Kartonmaschinen	301
10.1.2.4	Maschinen für Hygienepapiere	303
10.1.2.5	Maschinen für Spezialpapiere	304
10.1.3	Beispiele für Einsparungen und Verbesserungen bei der Papiererzeugung	306
10.2	Stoffzufuhrsystem	308
10.2.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	308
10.2.2	Ausführung	308
10.3	Stoffauflauf	313
10.3.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	313
10.3.2	Bauformen und Betrieb	314
10.4	Siebpartie	320
10.4.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	320
10.4.2	Ausführungsformen	323
10.4.3	Siebe	327
10.5	Pressenpartie	328
10.5.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	328
10.5.2	Ausführungsformen	330
10.5.3	Presswalzen	331
10.5.4	Filze	334
10.6	Trockenpartie	336
10.6.1	Aufgabe und prinzipielle Lösungen	336
10.6.1.1	Kontakttrocknung	336
10.6.1.2	Konvektionstrocknung	339
10.6.1.3	Infrarottrocknung	339
10.6.1.4	Trocknungskurve	340
10.6.2	Ausführungsformen	341
10.6.2.1	Mehrzylindertrockenpartien	341
10.6.2.2	Tissuetrocknung	344
10.7	Leimpresse	347

10.7.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	347
10.7.2	Ausführungsformen	348
10.8	Glätten	349
10.8.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	349
10.8.2	Ausführungsformen	349
10.9	Streichen	353
10.9.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	353
10.9.2	Ausführungsformen	353
10.10	Rollapparat	355
10.10.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	355
10.10.2	Ausführungsformen	356
10.11	Lauf der Bahn durch die Papiermaschine	357
10.11.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	357
10.11.2	Auf die Bahn wirkende Kräfte	358
10.11.3	Bahnverhalten und Veränderungen der Bahneigenschaften im Herstellprozess	359
10.11.4	Aufführen der Bahn durch die Papiermaschine	361
10.11.5	Ausführungsformen der Bahnführung in den Sektionen	361
10.12	Gleichförmigkeit der Papierbahn	364
10.12.1	Längs- und Querprofile von Papierbahnen .	364
10.12.2	Längsprofile	365
10.12.2.1	Längsprofile Otro-Bahngewicht	365
10.12.2.2	Längsprofile Dicke, Glätte und Glanz	366
10.12.3	Querprofile	367
10.12.3.1	Otro-Querprofil	368
10.12.3.2	Faserorientierungs-Querprofil	371
10.12.3.3	Feuchte-Querprofil	373
10.12.3.4	Dicke-Querprofil	376
10.12.3.5	Glätte-/Glanz-Querprofil	379
10.12.4	Formation	379
10.12.5	Planlage, Ebenheit des Papiers	380
10.12.5.1	Curl	380
10.12.5.2	Cockling	381
10.12.6	Symmetrie der Bahnstruktur in z-Richtung .	382
10.12.6.1	Oberflächenglätte	382
10.12.6.2	Fein- und Füllstoffverteilung	382
10.12.6.3	Verdichtung von Bahnober- und Unterseite .	383
11	Glätten und Ausrüsten von Papier	386
11.1	Einleitung zum Glätten von Papier	386
11.2	Grundlagen der Glättung	386
11.2.1	Glättungsparameter	387

11.2.2	Harter/Weicher Nip	388
11.3	Ausführungsformen der Glättungsanlagen	389
11.3.1	Glättwerke	389
11.3.2	Softnip-Kalander	390
11.3.3	Superkalander	391
11.3.4	Multinip-Kalander	393
11.3.5	Schuhkalander	395
11.3.6	Metallband-Kalander	398
11.3.7	Prägekalander	399
11.3.8	Friktionskalander	400
11.4	Walzen in Glättwerken und Kalandern	400
11.4.1	Durchbiegungseinstellwalzen	400
11.4.2	Beheizte Walzen	402
11.4.2.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	402
11.4.2.2	Walzen aus Schalenhartguss	403
11.4.2.3	Walzen aus Schmiedestahl	404
11.4.2.4	Walzen aus Sphäroguss	404
11.4.2.5	Oberflächenbeschichtungen für die beheizten Walzen	405
11.4.2.6	Ausführungsformen	405
11.5	Externe induktive Zusatzheizung	407
11.6	Dampfblaskästen	407
11.7	Düsenfeuchter	408
11.8	Rollenschneiden	409
11.8.1	Wirkprinzip	409
11.8.2	Aufbau einer Rollenschneidmaschine	412
11.8.3	Nebeneinrichtungen	415
11.9	Formatausrüstung	415
11.9.1	Prinzip	415
11.9.2	Aufbau und Arbeitsweise des Simplex-Querschneiders	416
11.9.3	Sonderbauarten von Querschneidern	418
11.10	Verpacken von Papier	418
11.10.1	Verpacken von Rollenpapieren	418
11.10.2	Verpacken von Formatpapier	420
12	Streichen von Papier und Karton	423
12.1	Einführung	423
12.1.1	Zweck und Bedeutung	423
12.1.2	Entwicklung	425
12.1.3	Anforderungen beim Streichen von Papier und Karton	427
12.1.3.1	Anforderungen an die Streichfarbe	427
12.1.3.2	Anforderungen an das gestrichene Papier ..	428

12.2	Materialien	429
12.2.1	Streichrohpapier	429
12.2.2	Pigmente	430
12.2.2.1	Anforderungen an Pigmente	430
12.2.2.2	Teilchengröße und Teilchengrößenverteilung	431
12.2.3	Bindemittel	433
12.2.3.1	Anforderungen	434
12.2.3.2	Bindemittelkonzepte	435
12.2.3.3	Eigenschaften von Bindemitteln	436
12.2.3.4	Stärke im Strich	436
12.2.3.5	Latex	438
12.2.3.6	Steuerung der Eigenschaften von synthetischen Bindemitteln	440
12.2.4	Strichadditive	441
12.2.4.1	Dispergiermittel	442
12.2.4.2	Schaumverhüter, Schaumzerstörer	443
12.2.4.3	Viskositäts- und WRV-Regler	443
12.2.4.4	Fließ- und Satinagehilfsmittel	445
12.2.4.5	Härter/Vernetzer	445
12.2.4.6	Optische Aufheller	446
12.2.5	Streichfarben und ihre Eigenschaften	447
12.2.5.1	Streichfarbenzusammensetzung	448
12.2.5.2	Scherviskosität	449
12.2.5.3	Wasserrückhaltevermögen	451
12.2.5.4	Dehnrheologie	453
12.2.5.5	Oberflächenspannung	453
12.3	Prozesse beim Streichen	453
12.3.1	Streichfarbenaufbereitung	453
12.3.1.1	Pumpen, Lagern und Bevorraten	454
12.3.1.2	Filtrieren und Sieben	455
12.3.1.3	Dispergier- und Mischvorgänge	455
12.3.1.4	Rohstoffaufschluss	455
12.3.1.5	Entgasung	456
12.3.1.6	Kontinuierliche und diskontinuierliche Streichfarbenaufbereitung	456
12.3.2	Auftragen von Streichfarbe	457
12.3.3	Dosieren von Streichfarben	460
12.3.3.1	Blade-Egalisierung	461
12.3.3.2	Zeitlicher Ablauf beim Blade-Streichen	462
12.3.3.3	Streichmesser (Blades)	463
12.3.3.4	Bartbildung	464
12.3.3.5	Rollschaber-Egalisierung	464
12.3.3.6	Vergleich verschiedener Egalisiererelemente	465
12.3.4	Übertragung einer vordosierten Streichfarbe	466

12.3.5	Direktauftrag	468
12.3.6	Trocknen des gestrichenen Papiers	472
12.3.6.1	Penetration und Migration	473
12.3.6.2	Temperaturführung bei der Strichtrocknung	474
12.3.7	Satinage gestrichener Papiere	474
12.4	Gestrichene Produkte	474
12.5	Beispiele für Streichfarben für spezielle Einsatzzwecke	475
12.5.1	Streichfarbe für Papiere für den Tiefdruck	475
12.5.2	Streichfarbe für Papiere für den Offsetdruck	476
12.5.3	Streichfarbe zum Streichen von Karton	477
12.6	Alternative Streichverfahren	478
13	Papierverarbeitungstechnik	479
13.1	Einleitung	479
13.2	Verfahren der Papierverarbeitung	481
13.2.1	Umformende Verfahren	481
13.2.1.1	Einführung	481
13.2.1.2	Druckumformung	483
13.2.1.3	Biegeumformung	484
13.2.1.4	Zug-/Druckumformung	485
13.2.1.5	Rillen und Falzen	486
13.2.2	Trennende Verfahren	487
13.2.2.1	Einführung	487
13.2.2.2	Druckschnitt	489
13.2.2.3	Scherschnitt	492
13.2.2.4	Abtragende Schneidverfahren	497
13.2.3	Verbindende Verfahren	498
13.2.3.1	Einführung	498
13.2.3.2	Kleben	499
13.2.3.3	Siegeln und Schweißen	504
13.2.3.4	Kraft- und formschlüssige Verfahren	505
13.2.4	Verfahren zur Kombination von Materialien	506
13.2.4.1	Einführung	506
13.2.4.2	Imprägnieren	508
13.2.4.3	Beschichten	509
13.2.4.4	Laminieren und Kaschieren	510
13.2.5	Verfahren zum Übertragen von Informationen (Drucken)	511
13.2.5.1	Einführung	511
13.2.5.2	Konventionelle Druckverfahren	513
13.2.5.3	Digitale Druckverfahren	520
13.2.6	Verfahren zum Transport in Maschinen	523
13.2.6.1	Einführung	523
13.2.6.2	Transport von Rolle zu Rolle	524

13.2.6.3	Transport von Bogen zu Bogen	526
13.3	Zusammenfassung und Ausblick	528
14	Wasserhaushalt	530
14.1	Frischwasseraufbereitung	530
14.1.1	Frischwasserherkunft	530
14.1.2	Aufbereitungsverfahren	530
14.2	Wasserkreisläufe	531
14.2.1	Wassernutzung	531
14.2.2	Kreislaufwasserreinigung	538
14.2.3	Funktion und Dimensionierung von Bütten und Behältern	546
14.2.4	Aspekte eines gut gestalteten Wasserkreislaufs	547
14.2.5	Wasserkreislaufeinengung	548
14.3	Abwasser	554
14.3.1	Abwasserbelastung	554
14.3.2	Verfahrensstufen einer Abwasserreinigungsanlage	556
14.3.2.1	Übersicht	556
14.3.2.2	Vorklärung	556
14.3.2.3	Anaerobe Verfahren	556
14.3.2.4	Aerobe Verfahren	558
15	Prozesskontrolle und Prüftechnik	561
15.1	Qualität und Prüfungen	561
15.1.1	Allgemeine Begriffe zu Prüfungen	562
15.1.2	Grundsätze und allgemeine Abläufe bei Prüfungen	562
15.1.3	Grundlagen von Prüfungen – Normen und Regelwerke	564
15.1.4	Dokumentation von Prüfergebnissen	564
15.2	Prüfungen in der Papiertechnik	565
15.2.1	Übersicht zu Prüfungen	565
15.2.2	Häufig verwendete Prüfnormen	569
15.2.3	Häufig verwendete Gütenormen	571
15.3	Laborprüfungen	572
15.3.1	Prüfungen von Faserstoffen	572
15.3.1.1	Übersicht	572
15.3.1.2	Mikroskopische Unterscheidung und Bewertung von Faserstoffen	573
15.3.1.3	Allgemeines Vorgehen bei Faserstoffprüfungen im Labor	575
15.3.1.4	Bestimmung des Trockengehaltes	576

15.3.1.5	Bestimmung der Stoffdichte	576
15.3.1.6	Nassaufschlagen von Halbstoffen im Labor	577
15.3.1.7	Bestimmung des Glührückstandes	577
15.3.1.8	Labormahlung	578
15.3.1.9	Entwässerungsverhalten	578
15.3.1.10	Formcharakter von Faserstoffen und Kennzeichnung des Mahlungszustandes	579
15.3.1.11	Laborblattbildung und Prüfung	581
15.3.2	Prüfungen von Papier, Karton und Pappe ..	582
15.3.2.1	Allgemeine Grundeigenschaften von Papierwerkstoffen	582
15.3.2.2	Festigkeitseigenschaften	584
15.3.2.3	Oberflächeneigenschaften	587
15.3.2.4	Permeationseigenschaften	588
15.3.2.5	Penetrations- und Sorptionseigenschaften ..	589
15.3.2.6	Optische Eigenschaften	590
15.3.2.7	Bedruckbarkeitseigenschaften	593
15.4	Online-Messungen	596
15.4.1	Beispiele für Online-Messungen	597
15.4.2	Zielsetzung der Online-Messungen und Regelungen	598
15.4.3	Online-Messungen für verschiedene Sortenbereiche	599
15.4.4	Messverfahren Qualitätsleitsystem	599
15.4.4.1	Messung der flächenbezogenen Masse	600
15.4.4.2	Infrarot-Feuchtemessung	601
15.4.4.3	Messung der Dicke	603
15.4.4.4	Messung des Füllstoffgehaltes	604
15.4.4.5	Filzzustandsmessungen	605
15.4.5	Messverfahren Kamerasysteme	605
15.4.6	Bahninspektionssystem (WIS)	606
15.4.7	Abrissanalysesysteme (WBA)	607
15.4.8	Bahnüberwachungssysteme (WMS)	608
15.4.9	Maschinendiagnose	608
15.4.10	Prozessleitsystem mit Feldgeräten	609
15.4.11	Virtuelle Sensoren	610
15.4.12	Regelungen	610
16	Energieeinsatz bei der Papiererzeugung	614
16.1	Energiebedarf	614
16.2	Energieerzeugung	615
16.3	Energieeinsatz	616
16.3.1	Papiermaschine	617
16.3.2	Stoffaufbereitung	621

16.3.3	Nebenanlagen	623
16.4	Energieeinsatz in der Verarbeitung am Beispiel der Wellpappenerzeugung	624
16.5	Reduzierung des Energiebedarfs	626
16.5.1	Optimierungspotenziale	626
16.5.2	Nutzung von Niedertemperaturabwärme ...	628
16.5.3	Ausblick – Neue Wege beschreiten	629
	Sachwortverzeichnis	633