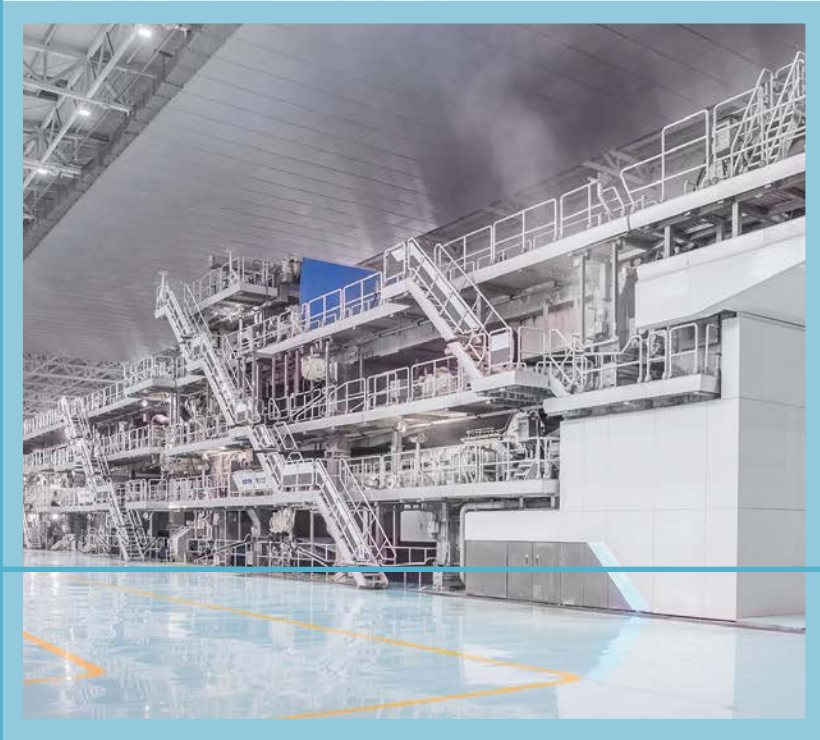


Jürgen Blechschmidt
Sabine Heinemann
Hans-Joachim Naujock

Taschenbuch der Papiertechnik



4., aktualisierte Auflage

HANSER

Bleichschmidt / Heinemann / Naujock
Taschenbuch der Papiertechnik



bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Blechschmidt, Dresden

Dr.-Ing. Sabine Heinemann, Dresden

Prof. Dr.-Ing. em. Hans-Joachim Naujock, Haag an der Amper

Autoren

Dr.-Ing. Christian Bäurich, Kurort Hartha (Kapitel 6)

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Blechschmidt, Dresden (Kapitel 1, 2, 3, 5, 12)

Olav Dau, Bellmer, Niefern (Kapitel 16)

Dr.-Ing. Eduard Davydenko, Andritz Küsters GmbH Krefeld (Kapitel 12)

Dipl.-Ing. Eberhard Dobschall, Altenburg (Kapitel 4)

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Fischer, Kurort Hartha (Kapitel 6)

Prof. Dr.-Ing. Thoralf Gliese, Omya International AG Oftringen/Schweiz und Hochschule für Angewandte Wissenschaften München (Kapitel 9)

Dr.-Ing. Sabine Heinemann, Dresden (Kapitel 1, 2, 3, 5, 12, 16)

Dipl.-Ing. Kurt Hiller, Andritz Küsters GmbH Krefeld (Kapitel 12)

Dipl.-Ing. Holger Jung, TBP Upcon GmbH, Moosburg (Kapitel 17)

Dr.-Ing. Johannes Kappen, M Consult GmbH, Gesellschaft für Papier-, Umwelt- und Energietechnik, Eching/Haselfurt (Kapitel 15)

Prof. Dr. Stephan Kleemann, Seeshaupt (Kapitel 9)

M. eng. Imanuel Kriesten, Mercer Pulp Sales GmbH, Berlin (Kapitel 4)

Prof. Dr.-Ing. em. Hans-Joachim Naujock, Haag an der Amper (Kapitel 7, 10, 11, 16)

Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Öller, Dr. Öller Umweltberatung, München (Kapitel 15)

Dipl.-Ing. Irene Pollex† (Kapitel 16)

Dipl.-Ing. (FH) Daniela Pracht, Stadtwerke München (Kapitel 17)

Dipl.-Ing. (FH) Franka Rochner, Großweitzschen (Kapitel 16)

Dr.-Ing. Reinhard Sangl, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (Kapitel 13)

Dr.-Ing. Peter Svenka, Andritz Küsters GmbH Krefeld (Kapitel 12)

Dr. Renke Wilken, Gröbenzell (Kapitel 14)

Prof. Dr. Helga Zollner-Croll, Hochschule München (Kapitel 8)

Jürgen Blechschmidt
Sabine Heinemann
Hans-Joachim Naujock

Taschenbuch der Papiertechnik

4., aktualisierte Auflage

HANSER



Print-ISBN: 978-3-446-48346-0

E-Book-ISBN: 978-3-446-48462-7

Die allgemein verwendeten Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks für Zwecke des Text und Data Mining nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.

© 2026 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München
Vilshofener Straße 10 | 81679 München | info@hanser.de
www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Titelmotiv: © J.M. Voith SE & Co. KG, mit freundlicher Genehmigung des Unternehmens

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck: Elanders Waiblingen GmbH, Waiblingen

Printed in Germany

Vorwort

Die Erfindung des Papiers in China wurde im Jahre 105 zuverlässig dokumentiert. Seine wichtigste Funktion war lange Zeit die des Informationsträgers. Heute kommen weitere hinzu wie die der umweltfreundlichen Verpackung und des universellen Werkstoffs. In den vergangenen rund 1900 Jahren hat die Erzeugung von Papier eine rasante Entwicklung genommen. Im Jahr 2023 wurden weltweit 409 Millionen Tonnen Papier hergestellt. Wir empfinden es als selbstverständlich, dass gewünschte Papierqualitäten stets in ausreichender Menge zu erschwinglichen Preisen verfügbar sind. Papier fällt in der gesellschaftlichen Wahrnehmung also nicht durch sein Vorhandensein, sondern erst durch sein Fehlen auf.

Der Prokopfverbrauch an Papier, Karton und Pappe beträgt in Deutschland 176 kg (2023). Moderne Papiermaschinen produzieren mit Geschwindigkeiten von über 2000 m/min bei einer Arbeitsbreite von 10 m und darüber.

Holz ist der wichtigste Rohstoff zur Papiererzeugung. Entgegen oft gemachter Aussagen werden für den Bedarf der Papierindustrie keine Urwälder gerodet. Die Verwendung von Durchforstungsholz aus der Waldpflege und von Sägewerksabfällen steht stattdessen für einen umweltbewussten Rohstoffeinsatz. Der Prozess der Verarbeitung des Holzes und zunehmend auch der Nischholzpflanzen zu den Primärfaserstoffen Zellstoff und Holzstoff ist ein Ausgangspunkt der Halbstoffbereitstellung. Diese werden nach Gebrauch zu Sekundärrohstoff, zu Altpapier, das mit 72 % (2024) den mengenmäßig größten Anteil an den Faserstoffen für die Herstellung von neuem Papier in Deutschland hat.

Die Faserstoffe werden für die Herstellung des Papiers auf der Papiermaschine unter Zusatz von Additiven entsprechend der zu erzeugenden Papiersorte zu Ganzstoff aufbereitet. Moderne Papiermaschinen führen über die Prozessstufen Blattbildung, Pressen und Trocknung zum fertigen Papier. Die Qualität der Paperoberfläche kann durch Streichvorgänge und Glättung ein- oder beidseitig verbessert werden. In der Ausrüstung erfährt das Papier die endgültige Fertigstellung zur Auslieferung als Rol-

len- oder Formatware. Das Taschenbuch befasst sich mit diesen Vorgängen und behandelt abschließend die moderne Prozess- und Qualitätskontrolle. Die Papierverarbeitung ist entsprechend ihrer Relevanz für die Wertschöpfung als besonderer Abschnitt aufgenommen.

Das Taschenbuch versteht sich als Kompendium der komplexen Problematik der Papiertechnologie und versucht, den neuesten Stand der Technik unter Nutzung von umfangreichem Bildmaterial und Tabellen wiederzugeben. Die erste Auflage wurde im Jahre 2010 von Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Blechschmidt herausgegeben. Das Buch wurde vor allem an den Universitäten und Hochschulen im deutschsprachigen Raum sowie an Berufsbildungseinrichtungen wie dem Papierzentrum Gernsbach als Standardwerk eingeführt und findet auch international Beachtung. In der zweiten, aktualisierten Auflage von 2013 wurde der Unterabschnitt *Energienutzung* zu einem eigenständigen Abschnitt *Energieeinsatz bei der Papiererzeugung* erweitert. In die dritte Auflage von 2021 wurde der Abschnitt *Biogene Faserstoffe* neu aufgenommen. In der nunmehr vierten Auflage fand in allen wesentlichen Abschnitten eine Anpassung an die aktuelle technische Entwicklung statt.

Zur Abbildung der Breite des Fachgebiets und der Gewährleistung der erforderlichen Kompetenz konnten ausgewiesene Fachexpertinnen und -experten aus dem In- und Ausland als Autorinnen und Autoren gewonnen werden, ohne deren aktives Mitwirken das Entstehen dieses Werkes nicht möglich gewesen wäre. Ihnen sei für ihr aktives Mitwirken recht herzlich gedankt.

Als Leser möchten wir alle am komplexen Prozess der Fertigung des Kulturgutes Papier Interessierten, vorwiegend natürlich das technisch-technologische Personal von Papier erzeugenden und verarbeitenden Betrieben sowie Lehrende, Forschende und Lernende an Universitäten, Fachhochschulen, Ingenieurschulen, Papiertechniker-Ausbildungszentren und an Forschungsinstituten gewinnen.

Dresden und Haag an der Amper im Juni 2026

Die Herausgeber

Inhalt

Vorwort	V
1 Einführung – historischer Abriss	1
1.1 Älteste Beschreibstoffe	2
1.2 Erfindung des Papiers	3
1.3 Steigender Papierbedarf durch spezielle Erfindungen	7
1.4 Schnell steigende Produktivität der neuen Papiermaschinen	8
1.5 Entwicklung der Rohstoffe	9
1.6 Entwicklung der Papiertechnologie seit Einführung neuer Faserrohstoffe bis zur Jahrtausendwende	11
2 Begriffe und Papiersorten	15
2.1 Begriffe und Definitionen	15
2.2 Papier-, Karton- und Pappesorten – Übersicht	24
2.3 Ausgewählte Papier-, Karton- und Pappesorten	27
2.3.1 Papiersorten	27
2.3.2 Karton- und Pappesorten	39
3 Rohstoffe der Papiererzeugung	43
3.1 Übersicht	43
3.2 Aufbau und Zusammensetzung des Holzes	45
3.3 Holzqualität	53

4	Holzvorbereitung für die Faserstoffherzeugung	57
4.1	Lagerung von Rundholz	58
4.2	Entrindung	59
4.3	Hacken	62
4.3.1	Einflussgrößen der Hackschnitzel auf die Qualität des Faserstoffes	62
4.3.2	Einflussfaktoren auf die Qualität der Hackschnitzel	63
4.3.3	Hacker	64
4.4	Lagerung der Hackschnitzel	65
4.5	Sortieren/Sichten des Hackgutes	66
4.6	Rindenverwertung	68
5	Mechanische Zerfaserung von Holz (Holzstoff)	71
5.1	Einführung – historischer Abriss	71
5.2	Rohstoff Holz	72
5.3	Verfahren der Holzstoffherzeugung	73
5.3.1	Stein-Verfahren	73
5.3.1.1	Wirkprinzip	73
5.3.1.2	Mechanische und thermische Vorgänge beim Stein-Verfahren	74
5.3.1.3	Einfluss verschiedener Parameter auf die Eigenschaften des Stein-Holzschliffs	76
5.3.1.4	Maschinen und Anlagen für die Holzstoffherzeugung nach dem Stein-Verfahren	79
5.3.2	Refiner-Verfahren	85
5.3.2.1	Wirkprinzip	85
5.3.2.2	Mechanische und thermische Prozesse im Refiner-Verfahren	86
5.3.2.3	Chemische Prozesse im Refiner-Verfahren	88
5.3.2.4	Spezifischer Energieverbrauch	89
5.3.2.5	Weiterentwicklung des Refiner-Verfahrens	90
5.3.2.6	Maschinen und Anlagen für das Refiner-Verfahren	92
5.4	Aufbereitung des Holzstoffs – Sortierung und Rejektbehandlung	96
5.4.1	Grundprinzipien und Parameter	96
5.4.2	Maschinen und Anlagen für die Klassierung 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	111
6.1	Sulfitverfahren	111
6.1.1	Einführung und Überblick	111
6.1.2	Technologie der Sulfitzellstoffherstellung	113
6.1.2.1	Sorption von Schwefeldioxid	114
6.1.2.2	Praktische Durchführung der Kochsäureherstellung ...	115
6.1.2.3	Kochprozess	116
6.1.3	Chemie des Sulfitaufschlusses	119
6.1.3.1	Kinetik des Sulfitaufschlusses	119
6.1.3.2	Reaktionen am Lignin	120
6.1.3.3	Reaktionen an den Kohlenhydraten	122
6.1.4	Verwertung der Sulfitablauge	123
6.1.5	Regenerierung der Kochchemikalien	124
6.1.5.1	Zellstoffwäsche	124
6.1.5.2	Eindampfung der Ablauge	127
6.1.5.3	Ablaugenverbrennung	130
6.2	Sulfatverfahren	132
6.2.1	Einführung und Überblick	132
6.2.2	Technologie der Sulfatzellstoffherstellung	132
6.2.2.1	Kochlauge	133
6.2.2.2	Aufschlussprozess	134
6.2.3	Chemie des Sulfataufschlusses	140
6.2.3.1	Reaktionen am Lignin	140
6.2.3.2	Ligninkondensation im Alkalischen	141
6.2.3.3	Reaktionen an den Kohlenhydraten	142
6.2.4	Nebenprodukte beim Sulfataufschluss	144
6.2.5	Regenerierung der Kochchemikalien	145
6.2.5.1	Eindampfung der Ablauge	145
6.2.5.2	Ausführung der Ablaugeneindampfung	146
6.2.5.3	Ablaugenverbrennung	147

6.3	Bleiche	151
6.3.1	Einführung	151
6.3.2	Chemie und Technologie der Bleiche	152
6.3.2.1	Sauerstoffbleiche	152
6.3.2.2	Chlordioxidbleiche	153
6.3.2.3	Ozonbleiche	155
6.3.2.4	Peroxidbleiche	156
6.3.2.5	Bleiche mit Peressigsäure (PES)	157
6.4	Eigenschaften von Sulfit- und Sulfatzellstoffen	159
7	Altpapieraufbereitung	167
7.1	Begriffe und Definitionen	167
7.1.1	Kenngrößen	167
7.1.2	Liste der Altpapiersorten	169
7.2	Vor- und Nachteile des Altpapiereinsatzes	170
7.3	Physikalisch-chemische Besonderheiten von Altpapierfasern	171
7.4	Reaktivierbarkeit der Eigenschaftskennwerte von Altpapierstoffen	174
7.5	Reaktivierung von Altpapierstoffen für Produkte mit geringen Anforderungen an Helligkeit und optische Homogenität („Braune Linie“)	177
7.5.1	Lieferformen des Altpapiers	177
7.5.2	Reaktivierung der Festigkeitskennwerte	177
7.5.3	Probleme und Potenziale der Mahlung von rezyklierten 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	187
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	Biogene Faserstoffe	197
8.1	Einführung und Überblick	197
8.2	Allgemeine Fasereigenschaften	198
8.3	Papiertechnologische Anforderungen	200
8.4	Agrarreststoffe	201
8.4.1	Zuckerrohr und Bagasse	201
8.4.2	Stroh	202
8.4.3	Hopfen	204
8.4.4	Spargel	205
8.4.5	Ananas	206
8.4.6	Silphie	206
8.5	Bastfasern (Hanf)	208
8.6	Blattfasern (Abacá)	210
8.7	Gräser	211
8.7.1	Bambus	211
8.7.2	Miscanthus	212
8.7.3	Gras	215
9	Additive der Papiererzeugung	219
9.1	Mineralische Additive	220
9.1.1	Charakterisierung von Füllstoffen und Pigmenten	222
9.1.1.1	Weißgrad	222
9.1.1.2	Brechungsindex (Brechzahl)	223
9.1.1.3	Streuungskoeffizient	224
9.1.1.4	Partikelmorphologie	225
9.1.1.5	Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung	225
9.1.1.6	Spezifische Oberfläche	226
9.1.1.7	Partikelladung	227
9.1.1.8	Härte und Abrasivität	227
9.1.2	Mineralische Füllstoffe und Pigmente	228
9.1.2.1	Calciumcarbonat – GCC (Ground Calcium Carbonate)	228
9.1.2.2	Calciumcarbonat – PCC (Precipitated Calcium Carbonate)	230
9.1.2.3	Kaolin/Clay	232
9.1.2.4	Talkum	234
9.1.2.5	Spezialmineralien	235

9.1.3	Dispergiermittel	240
9.1.4	Anwendungsbeispiele	242
9.1.4.1	Anwendungen im Wet End	242
9.1.4.2	Anwendungen im Bereich der Oberflächenbehandlung (Coating)	244
9.2	Chemische Additive	244
9.2.1	Retentionsmittel und Entwässerungsbeschleuniger	246
9.2.1.1	Aluminiumverbindungen	248
9.2.1.2	Polyaluminiumchloride	248
9.2.1.3	Polyacrylamide	249
9.2.1.4	Polyethylenimine	250
9.2.1.5	Polyvinylamine	250
9.2.1.6	Polyamidoamine	250
9.2.1.7	Polydiallyldimethylammoniumchlorid	251
9.2.1.8	Mikropartikelsysteme	251
9.2.1.9	Netzwerkretentionsmittel – Polyethylenoxid (PEO)	252
9.2.1.10	Modifizierte Stärke	253
9.2.1.11	Wirkungsmechanismen	253
9.2.2	Fixiermittel	255
9.2.3	Leimungsmittel	256
9.2.3.1	Harzleimung	257
9.2.3.2	Alkylketendimer (AKD)	258
9.2.3.3	Alkenylbernsteinsäureanhydrid (ASA)	260
9.2.3.4	Polymerleimungsmittel	261
9.2.4	Trockenverfestiger	261
9.2.5	Nassfestmittel	262
9.2.5.1	Melamin-Harz-Nassfestmittel	263
9.2.5.2	Epichlorhydrin-Harze	264
9.2.5.3	Glyoxal-Harze	265
9.2.6	Entschäumer/Entlüfter	265
9.2.7	Optische Aufheller	266
9.2.8	Farbstoffe	267
9.2.8.1	Basische Farbstoffe	268
9.2.8.2	Saure Farbstoffe	269
9.2.8.3	Substantive Farbstoffe	269
9.2.9	Biozide	269

10	Aufbereitung der Faserstoffe (Halbstoffe)	271
10.1	Dispergieren/Suspendieren	272
10.1.1	Kennzeichnung eines suspendierten Halbstoffsystems	273
10.1.2	Suspendieren von Halbstoffen im LC-Bereich	275
10.1.3	Suspendieren von Halbstoffen im MC-Bereich	277
10.1.4	Suspendieren von Halbstoffen im HC-Bereich	279
10.1.5	Vergleich der Konzepte	281
10.1.6	Kennzeichnung des Zerfaserungserfolges	281
10.1.7	Entstipper und Sekundärpulper	283
10.2	Trennprozesse	285
10.2.1	Ideale Trennung – technische Trennung	285
10.2.2	Klassierprozesse	287
10.2.3	Sortieren	290
10.2.4	Schaltungsvarianten und Berechnungsgrundlagen für Trennprozesse	293
10.2.5	Abscheiden	295
10.3	Mischen, Stapeln, Lagern	296
10.4	Faserstoffmahlung	297
10.4.1	Physikalisch-chemische Aspekte der Mahlung	297
10.4.2	Mechanische Aspekte der Mahlung	298
10.4.3	Bauarten von Mahlmaschinen	300
10.4.4	Wirkpaarung in messergarnierten Mahlmaschinen	302
10.4.5	Einflussgrößen auf den Mahlprozess	303
10.4.5.1	Einflüsse des Mahlguts	304
10.4.5.2	Einflüsse der Mahlmaschine	304
10.4.5.3	Einflüsse der Prozessführung	311
11	Papierherstellung	315
11.1	Stoffzufuhrsysteme (konstanter Teil)	315
11.1.1	Stoffdichteregulierung	316
11.1.2	Entlüftung der Suspension	317
11.1.3	Mengen und Strömungsgeschwindigkeiten	318

11.2	Papiermaschine	319
11.2.1	Grundfunktionen der Papiermaschine	320
11.2.1.1	Suspensionszuführung und -verteilung	320
11.2.1.2	Stoffauflauf	322
11.2.1.3	Die Spezifik der Suspensionsentwässerung über einem Sieb	327
11.2.1.4	Systeme für die Bahnbildung	335
11.2.1.5	Rundsieb	336
11.2.1.6	Rundsiebformer (Saugformer)	337
11.2.1.7	Langsieb	338
11.2.1.8	Langsieb mit Hybridformer	343
11.2.1.9	Doppelsiebformer	344
11.2.1.10	Schrägsieb	345
11.2.1.11	Crescent-Former	346
11.2.2	Nasspressen	347
11.2.2.1	Theorie des Nasspressvorgangs	348
11.2.2.2	Bauarten und Anordnung von Nasspressen	357
11.2.2.3	Pressfilze	360
11.2.2.4	Grenzen der mechanischen Entwässerung – Pressensimulation	361
11.2.3	Thermische Trocknung	364
11.2.3.1	Kontakt Trocknung	365
11.2.3.2	Konvektionstrocknung	374
11.2.3.3	Strahlungstrocknung	376
11.2.4	Auftrag von Oberflächenbeschichtungen (Inline-Konzepte)	377
11.2.4.1	Zusammensetzung der Streichfarbe [11.44]	377
11.2.4.2	Baugruppen zum Oberflächenauftrag	378
11.2.5	Satinage (Inline-Konzepte)	381
11.2.6	Fertigstellung in der Schlussgruppe – Aufrollen der Papierbahn..	385
11.2.7	Bauarten von Papiermaschinen	386
11.2.7.1	Papiermaschinen für grafische Papiere	387
11.2.7.2	Papiermaschinen für Verpackungspapiere, -Karton	389
11.2.7.3	Papiermaschinen zur Herstellung von Tissue	393
11.2.7.4	Papiermaschinen für Spezialpapiere	393

12	Glätten und Ausrüsten von Papier	399
12.1	Glätten von Papier – Einleitung	399
12.2	Grundlagen der Glättung	400
12.2.1	Parameter der Glättung	400
12.2.2	Niparten – Harter Nip und Softnip	401
12.3	Ausführungsformen der Glättungsanlagen	402
12.3.1	Glättwerke	402
12.3.2	Softnip-Kalander	403
12.3.3	Superkalander	404
12.3.4	Multinip-Kalander	406
12.3.5	Schuhkalander	408
12.3.6	Metallband-Kalander	410
12.3.7	Prägekalander	412
12.3.8	Friktionskalander	412
12.4	Walzen in Glättwerken und Kalandern	412
12.4.1	Durchbiegungseinstellwalzen	412
12.4.2	Beheizte Walzen	415
12.4.2.1	Aufgabe und prinzipielle Lösung	415
12.4.2.2	Walzen aus Schalenhartguss	415
12.4.2.3	Walzen aus Schmiedestahl	416
12.4.2.4	Walzen aus Sphäroguss	417
12.4.2.5	Oberflächenbeschichtungen für die beheizten Walzen..	417
12.4.2.6	Ausführungsformen	418
12.5	Externe induktive Zusatzheizung	419
12.6	Dampfblaskästen	420
12.7	Düsenfeuchter	421
12.8	Rollenschneider	421
12.8.1	Wirkprinzip	421
12.8.2	Aufbau einer Rollenschneidmaschine	425
12.8.3	Nebeneinrichtungen	427
12.9	Formatausrüstung	428
12.9.1	Prinzip der Formatausrüstung	428
12.9.2	Aufbau und Arbeitsweise des Simplex-Querschneiders	429
12.9.3	Sonderbauarten von Querschneidern	431

- 12.10 Verpacken von Papier 431
 - 12.10.1 Verpacken von Rollenpapieren 431
 - 12.10.2 Verpacken von Formatpapier 433
- 13 Streichen von Papier und Karton 435**
- 13.1 Einführung 435
 - 13.1.1 Zweck und Bedeutung 435
 - 13.1.2 Entwicklung 437
 - 13.1.3 Anforderungen beim Streichen von Papier und Karton 439
 - 13.1.3.1 Anforderungen an die Streichfarbe 439
 - 13.1.3.2 Anforderungen an das gestrichene Papier 440
- 13.2 Materialien 442
 - 13.2.1 Streichrohpapier 442
 - 13.2.2 Pigmente 443
 - 13.2.2.1 Anforderungen an Pigmente 443
 - 13.2.2.2 Teilchengröße und Teilchengrößenverteilung 443
 - 13.2.3 Bindemittel 446
 - 13.2.3.1 Anforderungen 447
 - 13.2.3.2 Bindemittelkonzepte 448
 - 13.2.3.3 Eigenschaften von Bindemitteln 449
 - 13.2.3.4 Stärke im Strich 449
 - 13.2.3.5 Latex 450
 - 13.2.3.6 Steuerung der Eigenschaften von synthetischen Bindemitteln 452
 - 13.2.4 Strichadditive 454
 - 13.2.4.1 Dispergiermittel 454
 - 13.2.4.2 Schaumverhüter, Schaumzerstörer 455
 - 13.2.4.3 Viskositäts- und WRV-Regler 456
 - 13.2.4.4 Fließ- und Satinageadditive 458
 - 13.2.4.5 Härter/Vernetzer 458
 - 13.2.4.6 Optische Aufheller 459
 - 13.2.5 Streichfarben und ihre Eigenschaften 460
 - 13.2.5.1 Streichfarbenzusammensetzung 461
 - 13.2.5.2 Scherviskosität 461
 - 13.2.5.3 Wasserrückhaltevermögen 463

13.2.5.4	Dehnrheologie	465
13.2.5.5	Oberflächenspannung	465
13.3	Prozesse beim Streichen	466
13.3.1	Streichfarbenaufbereitung	466
13.3.1.1	Pumpen, Lagern und Bevorraten	466
13.3.1.2	Filtrieren und Sieben	467
13.3.1.3	Dispergier- und Mischvorgänge	467
13.3.1.4	Rohstoffaufschluss	467
13.3.1.5	Entgasung	468
13.3.1.6	Kontinuierliche und diskontinuierliche Streichfarbenaufbereitung	469
13.3.2	Auftragen von Streichfarbe	469
13.3.3	Dosieren von Streichfarben	472
13.3.3.1	Blade-Egalisierung	473
13.3.3.2	Zeitlicher Ablauf beim Blade-Streichen	474
13.3.3.3	Streichmesser (Blades)	474
13.3.3.4	Bartbildung	475
13.3.3.5	Rollschaber-Egalisierung	476
13.3.3.6	Vergleich verschiedener Egalisierelemente	477
13.3.4	Übertragung einer vordosierten Streichfarbe	477
13.3.5	Direktauftrag	480
13.3.6	Abstimmung von Streichfarbe und Rohpapier	483
13.3.7	Trocknen des gestrichenen Papiers	485
13.3.7.1	Penetration und Migration	487
13.3.7.2	Temperaturführung bei der Strichtrocknung	487
13.3.8	Satinage gestrichener Papiere	487
13.4	Gestrichene Produkte	488
13.5	Beispiele für Streichfarben für spezielle Einsatzzwecke	488
13.5.1	Streichfarbe für Papiere für den Tiefdruck	488
13.5.2	Streichfarbe für Papiere für den Offsetdruck	489
13.5.3	Streichfarbe zum Streichen von Karton	490
13.6	Alternative Streichverfahren	491

14	Papierverarbeitungstechnik	493
14.1	Einleitung	493
14.2	Die Verfahren der Papierverarbeitung	496
14.2.1	Gruppe 1: Umformende Verfahren	496
14.2.1.1	Einführung	496
14.2.1.2	Druckumformung	498
14.2.1.3	Biegeumformung	499
14.2.1.4	Zug-/Druckumformung	501
14.2.1.5	Rillen und Falzen	501
14.2.2	Gruppe 2: Trennende Verfahren	502
14.2.2.1	Einführung	502
14.2.2.2	Druckschnitt	505
14.2.2.3	Scherschnitt	508
14.2.2.4	Abtragende Schneidverfahren	513
14.2.3	Gruppe 3: Verbindende Verfahren (Fügen)	514
14.2.3.1	Einführung	514
14.2.3.2	Kleben	515
14.2.3.3	Schweißen und Siegeln	522
14.2.3.4	Kraft- und formschlüssige Verfahren	522
14.2.4	Gruppe 4: Verfahren zur Kombination von Materialien	525
14.2.4.1	Einführung	525
14.2.4.2	Imprägnieren	528
14.2.4.3	Beschichten	528
14.2.4.4	Laminieren und Kaschieren	529
14.2.5	Gruppe 5: Verfahren zum Übertragen von Informationen (Drucken)	531
14.2.5.1	Einleitung	531
14.2.5.2	Konventionelle Druckverfahren	533
14.2.5.3	Digitale Druckverfahren	540
14.2.6	Gruppe 6: Verfahren zum Transport in Maschinen	544
14.2.6.1	Einführung	544
14.2.6.2	Transport von Rolle zu Rolle	545
14.2.6.3	Transport von Bogen zu Bogen	547

14.2.7	Verfahren zum Trocknen (Trocknungstechnik)	548
14.2.7.1	Einleitung	548
14.2.7.2	Grundlagen der Wärmeübertragung	549
14.2.7.3	Grundlagen von Trocknungsvorgängen	551
14.3	Zusammenfassung und Ausblick	555
15	Wasserhaushalt	559
15.1	Frischwasseraufbereitung	559
15.1.1	Frischwasserherkunft	559
15.1.2	Aufbereitungsverfahren	559
15.2	Wasserkreisläufe	560
15.2.1	Wassernutzung	560
15.2.2	Kreislaufwasserreinigung	567
15.2.3	Funktion und Dimensionierung von Bütten und Behältern	575
15.2.4	Aspekte eines gut gestalteten Wasserkreislaufs	576
15.2.5	Wasserkreislaufeinengung	577
15.3	Abwasser	583
15.3.1	Abwasserbelastung	584
15.3.2	Übersicht zu den Verfahrensstufen einer Abwasserreinigungsanlage	586
15.3.3	Vorklärung	586
15.3.4	Anaerobe Verfahren	586
15.3.5	Aerobe Verfahren	588
15.3.6	Dritte Reinigungsstufe bzw. weitergehende Verfahren	589
16	Prüftechnik und Prozesskontrolle	593
16.1	Qualität und Prüfungen	593
16.1.1	Allgemeine Begriffe zu Prüfungen	594
16.1.2	Grundsätze und allgemeine Abläufe bei Prüfungen	595
16.1.3	Grundlagen von Prüfungen – Normen und Regelwerke	596
16.1.4	Dokumentation von Prüfergebnissen	597
16.2	Prüfungen in der Papiertechnik	598
16.2.1	Übersicht zu Prüfungen	598
16.2.2	Häufig verwendete Prüfnormen	602
16.2.3	Häufig verwendete Gütenormen	606

16.3	Laborprüfungen	607
16.3.1	Prüfungen von Faserstoffen	607
16.3.1.1	Übersicht	608
16.3.1.2	Mikroskopische Unterscheidung und Bewertung von Faserstoffen	608
16.3.1.3	Allgemeines Vorgehen bei Faserstoffprüfungen im Labor	612
16.3.1.4	Bestimmung des Trockengehalts	613
16.3.1.5	Bestimmung der Stoffdichte	614
16.3.1.6	Nassaufschlagen von Halbstoffen im Labor	614
16.3.1.7	Bestimmung des Glührückstands	615
16.3.1.8	Labormahlung	615
16.3.1.9	Entwässerungsverhalten	616
16.3.1.10	Formcharakter von Faserstoffen und Kennzeichnung des Mahlungszustands	617
16.3.1.11	Bildung und Prüfung von Laborblättern	619
16.3.2	Prüfungen von Papier, Karton und Pappe	620
16.3.2.1	Allgemeine Grundeigenschaften von Papierwerkstoffen	621
16.3.2.2	Festigkeitseigenschaften	623
16.3.2.3	Oberflächeneigenschaften	628
16.3.2.4	Permeationseigenschaften	630
16.3.2.5	Penetrations- und Sorptionseigenschaften	630
16.3.2.6	Optische Eigenschaften	631
16.3.2.7	Bedruckbarkeitseigenschaften	635
16.3.3	Automatisierte Prüfsysteme	639
16.4	Online-Messungen	639
16.4.1	Beispiele für Online-Messungen	640
16.4.2	Zielsetzung der Online-Messungen und -Regelungen	642
16.4.3	Online-Messungen für verschiedene Sortenbereiche	643
16.4.4	Messverfahren Qualitätsleitsystem	643
16.4.4.1	Messung der flächenbezogenen Masse über Betastrahlung	643
16.4.4.2	Messung der Papierfeuchte über Infrarot-Strahlung ...	644
16.4.4.3	Messung der Dicke	646
16.4.4.4	Messung des Füllstoffgehalts	647
16.4.4.5	Filzzustandsmessungen	648

16.4.5	Messverfahren mit Kamerasystemen	648
16.4.6	Bahninspektionssystem (WIS)	649
16.4.7	Abrissanalysesysteme (WBA)	650
16.4.8	Bahnüberwachungssysteme (WMS)	650
16.4.9	Maschinendiagnose	651
16.4.10	Prozessleitsystem mit Feldgeräten	652
16.4.11	Virtuelle Sensoren	653
16.4.12	Online-Regelungen	653
16.5	Die Implementierung künstlicher Intelligenz (KI)	655
16.5.1	Einführung	655
16.5.2	Beispiele industrieller Anwendungen von KI	659
16.5.2.1	Beispiele der Firma ANDRITZ	659
16.5.2.2	Beispiele der Firma Valmet	659
16.5.2.3	Beispiele der Firma Voith	660
16.5.3	Fazit	660
17	Energieeinsatz bei der Papiererzeugung	665
17.1	Energiebedarf	665
17.2	Energieerzeugung	666
17.3	Energieeinsatz	667
17.3.1	Papiermaschine	668
17.3.2	Stoffaufbereitung	672
17.3.3	Nebenanlagen	674
17.3.4	Energieeinsatz bei der Wellpappenerzeugung	676
17.4	Reduzierung des Energiebedarfs	677
17.4.1	Optimierungspotenziale	677
17.4.2	Nutzung von Niedertemperaturabwärme	679
17.4.3	Ausblick – neue Wege beschreiten	680
Index	683	

1

Einführung – historischer Abriss

Von Jürgen Blechschmidt und Sabine Heinemann

Die Geschichte der Zivilisation ist auch die Geschichte von Papier, die auf Papier festgehalten wurde.

Die Papierherstellung selbst hat eine lange Tradition. Nach seiner Erfindung vor über 2000 Jahren diente Papier über viele Jahrhunderte hinweg ausschließlich zum Beschreiben und Bedrucken sowie als Kommunikationsmittel zur Verbreitung von Wissen und Nachrichten. Die Bedeutung des Papiers als Informationsträger ist auch heute noch vorhanden, wenn auch mengenmäßig rückläufig. Die Verbreitung von Informationen über elektronische Medien hat den Anteil an der Erzeugungsmenge der grafischen Papiere in Deutschland auf knapp 21 % (2024) schrumpfen lassen. Dafür ist – nicht zuletzt auch durch die Intensivierung des Internethandels – der Anteil von Verpackungspapieren im selben Zeitraum auf knapp 68 % gestiegen. Etwa 7 % entfallen auf Hygienepapiere, etwa 8,5 % auf sogenannte Technische und Spezialpapiere [1.1]. Bis zur Einführung der digitalen Medien ließ sich der Zivilisationsgrad einer Kultur auch am Papierverbrauch messen [1.2][1.3].

Die nachfolgenden Ausführungen vermitteln in ausgewählten Jahreszahlen einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung und Bedeutung des Papiers, basierend auf unterschiedlichen Literaturquellen [1.4][1.5][1.6][1.7][1.8][1.9][1.10]. Jahresangaben vor dem Beginn der heutigen Zeitrechnung sind mit v. u. Z. gekennzeichnet, Jahresangaben unserer Zeitrechnung zur besseren Unterscheidung gelegentlich mit u. Z. Bei Jahresangaben ohne besondere Kennzeichnung handelt es sich immer um Zeiten unserer Zeitrechnung.

1.1 Älteste Beschreibstoffe

Mit der für die Menschheit entscheidenden Entwicklung der Schrift entstand der Bedarf nach Beschreibstoffen. Durch die anfängliche Verwendung von Stein, Holz, Wachstafeln, Rinde, Blättern usw. war die Verbreitung der Schrift nur in geringem Umfang möglich. Es musste ein Beschreibstoff gefunden werden, der leicht transportierbar war und in beliebiger Menge zur Verfügung stand.

- | | |
|----------------------------------|--|
| 20 000
bis 10 000
v. u. Z. | Älteste Felszeichnungen in Europa (Südschweden). Petroglyphen (eingemeißelt) und Petrogramme (gemalt) sind Vorstufen der Schrift. Als Beschreibstoff diente die rohe, unbearbeitete Felswand. |
| 12 000
bis 8000
v. u. Z. | Mit buchstabenähnlichen Zeichen in roter und schwarzer Farbe bemalte Kieselsteine (Durchmesser < 9 cm), beispielsweise in der Höhle von Mas d'Azil in Südfrankreich, nahe der spanischen Grenze |
| 4. Jahr-
tausend
v. u. Z. | Keilschrift in Mesopotamien, als Beschreibstoff dienen Tontafeln |
| um 3200
v. u. Z. | Bilderschrift (Hieroglyphen) in Ägypten |
| um 3000
v. u. Z. | parallele Existenz mehrerer Beschreibstoffe: Pergament (Beschreibstoff aus Häuten von Kälbern, Ziegen, Eseln usw. mit begrenzter Herstellungsmenge und bis ins 13. Jh. u. Z. benutzt), und Papyrus (Beschreibstoff aus der Papyrusstaude, gefertigt aus in dünne Streifen geschnittenen Stängeln der Pflanze, übereinander gelegt und durch Schlagen aneinander gefügt, mit der nächsten Schicht rechtwinklig zur vorhergehenden angeordnet, unter Verwendung des Safts der Papyruspflanze als Bindemittel und bis 936 u. Z. in Ägypten für Urkunden benutzt). |
| 1300
bis 1100
v. u. Z. | Semitische Lautschrift in Syrien und Einzellautschrift bei Phöniziern mit Tontafeln als Beschreibstoff |
| um 11. Jh.
v. u. Z. | Phönizische Schrift als Ausgangspunkt für die Entwicklung aller Buchstabenschriften. Aus der phönizischen Schrift ist das griechische Alphabet hervorgegangen, aus diesem das lateinische und aus beiden wiederum weitere Schriftarten. |
| 310 v. u. Z. | Älteste, auf Papyrus geschriebene Urkunde (ein Ehevertrag, gefunden in Oberägypten) |
| 253 v. u. Z. | Erste Normen für Papyrus |

- 150 v. u. Z. Älteste erhaltene Bibeltexte, verfasst zwischen 150 v. u. Z. und 70 u. Z., geschrieben auf Rollen aus Papyrus und Pergament, im Jüdischen Krieg (66 bis 73 u. Z.) aus Jerusalem ausgelagert und von 1947 bis 1956 u. a. in den Qumran-Höhlen (Westjordanland) gefunden
- 44 v. u. Z. Ermordung Gaius Iulius Caesars nicht mit dem Dolch, sondern mit spitzen Schreibgriffeln, wie man sie zum Schreiben auf Wachstafeln benutzte.

1.2 Erfindung des Papiers

- 105 „Erfindung“ des Papiers in China als Beschreibstoff aus pflanzlichen Fasern
 Offiziell wird die Erfindung dem Minister *Tsai Lun* zugesprochen, der 105 dem Kaiser Ho-ti der Han-Dynastie über das Aufschließen von Pflanzenfasern und Geweberesten durch Zerstampfen in Steinmörsern und über das Schöpfen und Verfilzen der Fasern mittels eines siebartigen Formrahmens aus Bambus berichtete (Bild 1.1). Im Jahr 114 wird *Tsai Lun* von der Kaiserin mit dem Titel „Marquis von tong-Tong“ geehrt.
 Die eigentliche Erfindung fand wahrscheinlich bereits zwischen 21 v. u. Z. und 71 u. Z. statt. Nach *Weiß* [1.4] wurde zunächst die Eingießtechnik verwendet (auf ein bewegtes Sieb wurde der Stoff gegossen), erst zwischen 300 und 600 kam die Schöpftechnik zur Anwendung. Die Arbeitsschritte Eingießen bzw. Schöpfen, Pressen und Trocknen bilden bis heute die verfahrenstechnischen Grundlagen der modernen Papiererzeugung.

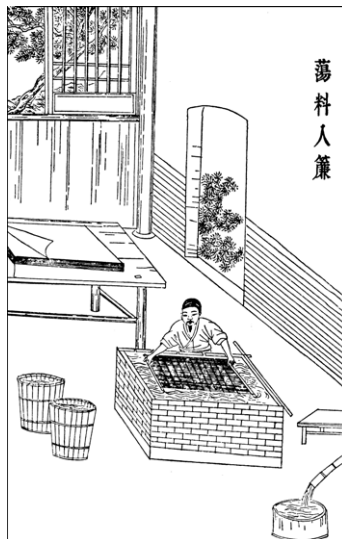
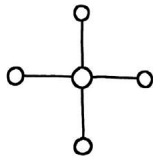


Bild 1.1

Schöpfen von Papier im alten China

- um 125 Älteste Handschrift des Neuen Testaments auf Papyrus geschrieben
- 312 Zusatz von Leimstoffen (Stärke) im Papier in China
- 363 Erste Zeitung auf Papier: „Pekinger Zeitung“
- 610 Einwanderung von Koreanern und Chinesen nach Japan als buddhistische Priester. Sie bringen auch das Prinzip der Papierherstellung und die chinesische Schrift nach Japan.
- ab 618 Lieferung von sogenanntem „Koreanischem Papier“ aus Seidenraupenkokons an den kaiserlichen Hof in China als Tribut aus Korea
7. Jh. Papierherstellung in Tibet, Papiergeld in China
- 751 Papierherstellung in Samarkand
Die Kunde des Papiermachens kommt über chinesische Kriegsgefangene der Schlacht von Samarkand (Turkmenien) zu den Arabern. Seit dieser Zeit sind Hadern für über 1000 Jahre der einzige Rohstoff für Papier.
Über Arabien kommt das Papier nach Europa.
- 969 Spielkarten aus Papier in China nachgewiesen
10. Jh. Papierherstellung in Ägypten
- 1102 König Roger von Sizilien verleiht einer alten Papiermacherfamilie ein Privileg zur Errichtung einer Papierwerkstatt. Diese, noch auf arabischem Papier geschriebene Urkunde ist die älteste europäische Papierurkunde und zugleich das erste Papiermacher-Privilegium in Europa.
- 1173 Luftpostpapier für die Brieftaubenpost zwischen Bagdad und Kairo
- 1144 Papierherstellung in Spanien (Xativa bei Valencia)
- um 1200 Nutzung von Papier als Beschreibstoff im Tartarenreich
Ein ägyptischer Arzt entrüstet sich, dass Beduinen die alten ägyptischen Gräber ausplündern, um die Leinwandbinden der Mumien als Hadernrohstoff an Papiermacher zu verkaufen.
- 1218 Kaiser Friedrich II. schreibt in Süditalien den ersten „Brief“ im Heiligen Römischen Reich Deutscher Nation.
- 1221 Kaiser Friedrich II. befiehlt, alle öffentlichen Urkunden auf Pergament umzuschreiben, da die Qualität des „Baumwollpapiers“ schlecht sei.
- 1246 Ein Registerbuch des Passauer Domdechanten Beheim, geschrieben auf italienischem Papier, gilt als älteste erhaltene Papierhandschrift in Deutschland

- 1260 Papiergeld in Japan
- 1268 Papierherstellung in Italien (Fabriano)
- 1282 Ältestes Wasserzeichen im Raum Bologna nachgewiesen (ein griechisches Kreuz) (Bild 1.2). Das Wasserzeichen ist eine europäische Erfindung zum Zwecke der Signierung, wofür ein starres Drahtsieb benötigt wird, das man nur in Europa benutzt.

**Bild 1.2**

Ältestes nachgewiesenes Wasserzeichen [1.11]

- 1302 Der Fehdebrief von Johann von Beuren an die Stadt Aachen gehört zu den ältesten Papirdokumenten in Deutschland.
- 1326 Papierherstellung in Frankreich (bei Ambert, Auvergne), heute noch in Betrieb als Papiermühle Richard de Bas
- 1390 Papierherstellung in Deutschland. *Ulman Stromer* errichtet in Nürnberg die erste Papiermühle, die Gleismühle, auch als Gleismühl bekannt (Bild 1.3).

**Bild 1.3**Gleismühle von *Ulman Stromer* an der Pegnitz vor den Toren Nürnbergs 1390 [1.12]

- 1391 Erstes Toilettenpapier in China
- ab 1435 Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Metalllettern und Handpresse durch *Johannes Gensfleisch zur Laden zum Gutenberg* in Mainz (siehe auch Abschnitt 1.3)
- 1457 Erstes in drei Farben gedrucktes Buch, das Psalterium Moguntinum (Mainzer Psalter) von *Peter Schöffer* und *Johannes Fust* in Mainz.

- 1470 Papierherstellung in Österreich (St. Pölten)
- 1515 Nach Einführung des Buchdrucks erste Normierung des Papierformats, das sog. Folio-Format (von lat. Folia, das Blatt) mit den Abmessungen 210 mm × 330 mm.
- 1573 Papierherstellung in Schweden (Klippan bei Helsingborg)
- 1575 Papierherstellung in Russland (Moskau)
- 1590 Ende des 16. Jahrhunderts gibt es in Deutschland 190 Papiermühlen (Bild 1.4)



Bild 1.4

Mittelalterliche Papiermacherwerkstatt mit den drei grundlegenden Arbeitsgängen Schöpfen, Gautschen, Legen (nach einem kolorierten Holzschnitt von E. A. Endter [1.13])

- 1666 Um den Papiermachern den Rohstoff zu sichern, ergeht in England ein Dekret, das die Verwendung von Leinen und Baumwolle zur Totenbestattung untersagt (nur Wolle darf verwendet werden). Dadurch konnten 200 000 Pfund Leinen und Baumwolle als Rohstoff für die Papierherstellung gewonnen werden.
- 1667 Papierherstellung in Finnland (Tomasböle/Tammisaari)
- 1690 Papierherstellung in Nordamerika (Papiermühle bei Germantown/Pennsylvania, errichtet von W. Rittenhouse)

1.3 Steigender Papierbedarf durch spezielle Erfindungen

- 1435 bis 1440 Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern durch *Johannes Gensfleisch zur Laden zum Gutenberg* (bekannt als *Johannes Gutenberg*). Die Erfindung beinhaltet eine Gießeinrichtung für die Herstellung der beweglichen Metalllettern, die Rezeptur der Druckfarbe aus Leinölfirnis und Ruß sowie eine Tiegelpresse.
- 1455 Druck von 185 Luther-Bibeln in Erstaufgabe, davon 35 auf Pergament und 150 auf Papier. Für die 35 Bibeln auf Pergament mussten 8000 Kälber geschlachtet werden. Das Papier wurde aus Lumpen geschöpft und mit einer Oberflächenleimung aus Knochen und Lederabfällen versehen. Eine Pergament-Bibel kostete 50 Goldgulden, eine Papier-Bibel 40 Goldgulden. Für diesen Preis konnte zur betreffenden Zeit ein einfaches Handwerkerhaus erworben werden [1.14].
- 1670 Erfindung des sogenannten Holländers, einer mit einer Walze ausgestatteten Maschine zur Faserstoffaufbereitung, die das bisher ausschließlich für diesen Zweck genutzte Stampfwerk schrittweise ablösen sollte (Bild 1.5).

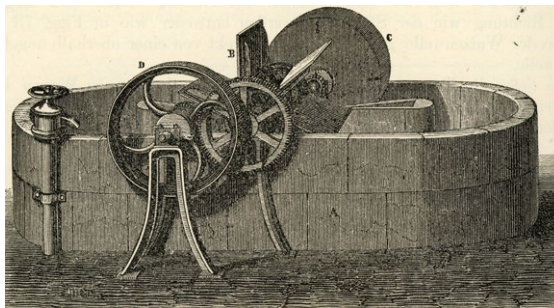


Bild 1.5 Holländer mit gemauertem Trog um 1890 [1.15]

- 1765 Zunehmender Rohstoffmangel veranlasste u. a. den Regensburger Pfarrer, Naturforscher, Techniker und Erfinder *Jacob Christian Schäffer*, nach alternativen Faserstoffen zu suchen. Seine Versuchsergebnisse publizierte er in der mehrbändigen Schrift „Versuche und Muster, ohne alle Lumpen oder doch mit einem geringen Zusatz derselben Papier zu machen“ [1.16] [1.17].

- 1774 Erfindung des Deinking-Verfahrens durch *Justus Claproth* und Publikation in der Druckschrift „Eine Erfindung, aus bedrucktem Papier wiederum ein neues Papier zu machen, und die Druckfarbe völlig herauszuwaschen“
Entdeckung des elementaren Chlors durch *Karl Wilhelm Scheele*
- 1785 Anwendung des Chlors als Bleichmittel durch *Claude Louis Berthollet*
- 1797 Entwicklung der Lithographie durch *Alois Senefelder*

1.4 Schnell steigende Produktivität der neuen Papiermaschinen

- 1799 Erfindung und Patentierung der ersten Papiermaschine von *Nicholas-Louis Robert* (Bild 1.6), eigentlich eine Mechanisierung des Handschöpfens, wodurch eine endlose, gegautschte Papierbahn über einem umlaufenden Sieb erzeugt werden konnte.

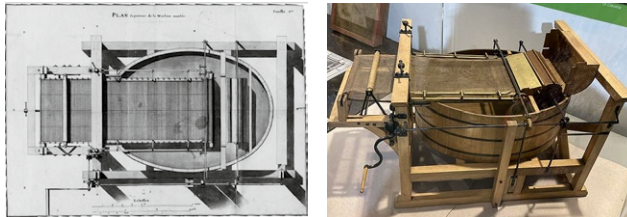


Bild 1.6 Links: Plan der Papiermaschine von *Nicolas-Louis Robert* [1.18], rechts: originalgetreuer Nachbau dieser Papiermaschine [1.19]

Die Brüder *Henry und Sealy Fourdrinier* in England waren später Patentinhaber der Robert-Maschine, weshalb Langsieb-Papiermaschinen im angelsächsischen Sprachraum auch als Fourdrinier-Maschinen bezeichnet werden.

- 1803 bis 1823 Der englische Ingenieur *Brian Donkin* baut 38 Papiermaschinen nach Patenten Roberts und finanziert durch die *Gebrüder Fourdrinier* mit wesentlichen Weiterentwicklungen – mechanischer Antrieb anstelle des Handantriebs, Siebschüttelung, Deckelriemen, Gautsche und 2. Presse.
- 1805 Erfindung der Rundsieb-Papiermaschine durch *Joseph Bramah*

- 1806 Erfindung der Masseleimung von Papier mit Harzleim durch *Moritz Friedrich Illig*
- 1810/1811 Erfindung der Buchdruck-Schnellpresse und der Zylinderdruckmaschine durch *Johann Friedrich Gottlob Koenig*
- 1819 Erste Papiermaschine mit Trockenzyclindern von *John Dickinson* und *Heinrich Christoph Adolph Keferstein*
- 1824 Bau der ersten Papiermaschine mit Glättzylinder und Deutscher Presse durch *Gustav Schäuffelen*
- 1827 Erste Selbstabnahme-Papiermaschine von *Jacob Oechelhäuser*
Erfindung des Egoutteurs durch *Thomas John Marshall*
- 1829 Erfindung des Knotenfängers durch *Leopold Franke*
- 1830 Einführung der Registerwalzen in die Siebpartie
- 1831 Nutzung von Metallsieben durch *Gustav Schäuffelen*
- 1839 Entwicklung der Vier-Farben-Tapetendruckmaschine durch *Charles Harold Potter*
- ab 1876 Spezialisierung des Papiermaschinenbaus sortenbezogen

1.5 Entwicklung der Rohstoffe

Als Rohstoff für die Papiererzeugung wurden bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in Europa Lumpen und Hader eingesetzt. Durch den mit der steigenden Produktivität der Papiermaschinen wachsenden Bedarf an Rohstoffen entstand eine Rohstoffknappheit, die zu bedeutenden Erfindungen und Entwicklungen der Faserstoff-Erzeugung führte.

1843 Erfindung des Holzschliffs (Bild 1.7) durch *Friedrich Gottlob Keller* (Bild 1.8)

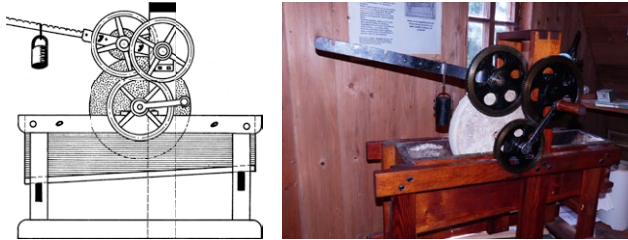


Bild 1.7 F. G. Kellers zweiter Schleifapparat (links) und sein Modell (rechts), nachgebaut von G. Englick, heute im Museum der Neumann-Mühle im Kirnitzschtal, Sächsische Schweiz



Bild 1.8

Friedrich Gottlob Keller (1816 – 1895)

- 1844 Parallele Erfindung des Holzschliffs in Kanada durch *Charles Fenerty* (ca. 1820 – 1892), in der deutschsprachigen Fachliteratur und in Lexika bis auf wenige Ausnahmen nicht erwähnt [1.20][1.21][1.22]
- 1851 Erstmalige Herstellung von Natronzellstoff durch die Chemiker *Hugh Burgess* und *Charles Watt*
- 1863 bis 1876 Erfindung des Sulfat-Zellstoff-Verfahrens durch *Benjamin Chew Tilghman*, *Carl Daniel Ekman* und *Alexander Mitscherlich*
- 1867 Erfindung des Braunschliffs durch *Moritz Behrend*
- 1871 Erfindung des Natron-Zellstoff-Verfahrens durch *Max Dresel*
- 1884 Erfindung des Sulfatzellstoffs durch *Carl F. Dahl*

1.6 Entwicklung der Papiertechnologie seit Einführung neuer Faserrohstoffe bis zur Jahrtausendwende

- 1850 Erfindung der Kegelstoffmühle (Jordanmühle) durch den Amerikaner *Joseph Jordan*
- 1859 Entwicklung des Raffineurs durch *Johann Matthäus Voith*, der die Produktion von Holzschliff mit einem Schleifer großtechnisch durchsetzt
- 1860 Erfindung des Mehrwalzenkalanders
Erste Tiefdruckmaschine für das Bedrucken von Papier von *Auguste Godchaux*
- 1871 Gebrauch von Toilettenpapier von der Rolle in den USA
- 1873/1874 Erfindung der Rollenschneidmaschine durch *K. Th. Bischof*
- um 1879 In Deutschland gibt es etwa 340 Holzschleifereien
- 1889 Erste Holzentrindungstrommel konstruiert von *E. Morbernd*
Erfindung des Lochkartensystems durch *Hermann Hollerith*
- 1904 Erfindung des Offset-Druckverfahrens durch *Ira William Rubel* und *Caspar Hermann*
- 1906 Erste Milchtüte aus Papier in den USA
- 1908 Erfindung der Saugwalze durch *William Hulse Millspaugh*
Der Papiersack erscheint auf dem Markt.
Errichtung eines Denkmals zu Ehren des Erfinders des Holzschliffs *F. G. Keller* in Hainichen/Sachsen
- 1910 Erfindung des Tiefdruckverfahrens
Erste Steilkegelmühle und erster Magazinschleifer von Voith
- 1916 Patent auf einen automatischen Stoffdichte-Regler von Trimbey
Erster Hochdruckstoffauflauf der Fa. J. M. Voith
- 1919 Erster Mehrmotorenantrieb für Papiermaschinen durch Westinghouse Electric
Der Friedensvertrag von Versailles wird auf Pergament geschrieben.
- um 1920 Als Zellstoff-Bleichmittel werden Hypochlorit und zum Färben von Papierstoff künstliche organische Farbstoffe eingesetzt.

- 1921 Erster Stetigschleifer der Welt von Voith
Beginn der Chlordioxid-Bleiche von Zellstoff
- 1923 Druckerei Giesecke & Devrient entwickelt ein besonderes Geldschein-Papier mit dünnen, schmalen Papierstreifen, die mit einem nur mit Lupe lesbaren Text versehen sind.
Während der Inflation in Deutschland produzieren 12 Papiermaschinen Papier für Papiergeld.
- 1925 Altpapier-Einsatzquote in Deutschland 10 %
Erfindung der Holländer-Mahlwaage
- 1926 Erster Zwillingschleifer von der MIAG
- 1930 Europas breiteste Papiermaschine (595 cm) arbeitet in der russischen Fabrik Balachna
- 1931 Patentanmeldung für das Refiner-Verfahren zur Holzstofferzeugung durch *A. Asplund*
- 1932 Entwicklung der Grewin-Ausschuss-Auflösung an der Papiermaschine
Der Weltpostvertrag wird auf Gazellenleder geschrieben.
- 1935 Entwicklung eines Verfahrens zum Streichen von Papier in der Papiermaschine durch *Massey*
- 1937 Erster Pumpenhochdruck-Stoffauflauf von Voith
Erfindung der Vakuum-Bahnabnahme (Pick-up) in der Fa. Millspaugh Ltd.
- 1939 Einführung des Stofflösers (Pulpers) in den USA
- 1941 Erster Superkalander mit 20 Walzen von der Fa. Eck-Haubold
- 1945 Im Potsdamer Abkommen wird der Pro-Kopf-Verbrauch an Papier für das deutsche Volk auf 7 kg festgelegt.
Einsatz von gebogenen Breitstreckwalzen durch Mount Hope
- 1947 Erste Wegwerfwindel aus Zellstoffwatte in Schweden
- 1948 Erste Magnesiumbisulfit-Anlage mit Chemikalien-Rückgewinnung in den USA
- 1950 Erstmals Verwendung von Glasfasern bei der Herstellung papierner Flächengebilde in den USA
Einsatz von Nadelfilzen anstelle konventioneller Webfilze
- nach 1956 Entwicklung der Inverform- und Twinverform-Siebpartien an Papiermaschinen

- 1957 Entwicklung des Fabric-Siebes in Schweden
Erste RMP-Holzstoffanlage in Schweden
- 1959 Erste Produktion von Papier aus 100 % Synthese-Fasern in Deutschland
Erste Sortierquerschneider, der von der Rolle arbeitet, in Kanada
- 1960 Erstmaliger Einsatz einer schwimmenden Walze (S-Walze), einer Durchbiegungsausgleichwalze, in einer Papiermaschine von Küsters/Krefeld
Beginn der Entwicklung von Prozessleitsystemen für die Zellstoff- und Papierindustrie
Zweistufige Deinking-Flotationsanlage von Voith
- ab 1960 Ablösung des Holländers durch Kegelstoffmühlen (Refiner)
Entwicklung der Refiner-Holzstoffe RMP, TMP, CTMP
- 1964 Einsatz der ersten Entstipper
Erste Versuche zum Schleifen unter Überdruck (PGW) durch *F. G. Powell*, *F. Luhde* und *K. C. Logan* [1.23]
- 1965 Einsatz von schwimmenden Walzen (S-Walzen) in Glättwerken
- ab 1966 Entwicklungsbeginn von Doppelsieb-Partien bei der Papiererzeugung
- 1968 Erster Duo-Former der Fa. J. M. Voith
- 1969 Historische Neumann-Mühle zur Holzschlifferzeugung in der Sächsischen Schweiz wird technisches Kultur-Denkmal
- 1972 Nutzung von Glättschaber-Streichanlagen
- 1977 Pilotanlage zur Erzeugung von Druck-Holzstoff PGW in Schweden
- 1979 Erste industrielle Druckschleifer der Fa. Tampella/Finnland
- ab 1980 Entwicklung der chlorfreien Bleiche
- ab 1990 In Deutschland Bleiche von ECF-Zellstoff mit Chlordioxid und TCF-Zellstoff mit Sauerstoff bzw. Sauerstoff-Verbindungen

Literatur

- [1.1] Die Papierindustrie – Paper & Facts. Figures 2024. Die Papierindustrie e.V., Zugriff (Download) am 26. 3. 2025
- [1.2] Hoppe, J.; Baumgarten, H. L.: Die Zukunft des Papiers im elektronischen Zeitalter: Papier auf dem Weg in sein 3. Jahrtausend. Teil 1. Wochenblatt für Papierfabrikation 125 (1997) 18, 860 – 871
- [1.3] Hoppe, J.; Baumgarten, H. L.: Die Zukunft des Papiers im elektronischen Zeitalter: Papier auf dem Weg in sein 3. Jahrtausend. Teil 2. Wochenblatt für Papierfabrikation 125 (1997) 19, 918 – 927
- [1.4] Weiß, W.: Zeittafel zur Papiergeschichte. Leipzig: Fachbuchverlag, 1983
- [1.5] Papierherstellung in den vergangenen 150 Jahren. Ausgangsbedingungen und Faserstoffe. Wochenblatt Papierfabrikation 150 (2022) 11, 30 – 37
- [1.6] Papierherstellung in den vergangenen 150 Jahren. Papiererzeugung, Papierprüfung und Ausblick. Wochenblatt Papierfabrikation 150 (2022) 11, 38 – 44
- [1.7] Blechschmidt, J.: Überblick zur Geschichte des Papiers in ausgewählten Zahlen. Wochenblatt für Papierfabrikation 134 (2006) 10, 569 – 571
- [1.8] Blechschmidt, J.: Überblick zur Geschichte des Papiers in ausgewählten Zahlen (Teil II). Wochenblatt für Papierfabrikation 136 (2008) 20, 1212 – 1213
- [1.9] Klipphan, H.: Technikgeschichte (Druck- und Vorstufenbereich), in: Klipphan, H. (Hrsg.): Handbuch der Printmedien, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2000, Abschnitt 13.1.1, 1069 – 1088
- [1.10] Taschenbuch Papiertechnologie. Leinfelden-Echterdingen: Haefner-Verlag GmbH, 2007
- [1.11] Kluge, M.: Wasserzeichen: Erfassen – Verstehen – Deuten. Teil II: Ein historischer Abriss über die Wasserzeichen. Schweizer Papierhistoriker, sph-Kontakte Nr. 105, Juli 2018, 8 – 13 <https://www.papierhistoriker.ch/allgemein/wasserzeichen-teil-ii-historischer-abriss/>, abgerufen am 2. 4. 2025
- [1.12] Ausschnitt aus Schedel, H.: Weltchronik 1493, Blatt C. Köln: Reprint im Taschen Verlag, 2001
- [1.13] Franzke, J. (Hrsg.): Zauberstoff Papier – Sechs Jahrhunderte Papier in Deutschland. Begleitbuch zur gleichnamigen Ausstellung im Schloss Faber-Castell in Stein bei Nürnberg anlässlich des 600jährigen Jubiläums der Papierherstellung in Deutschland. 2. Auflage, S. 39. München: Hugnbubel, 1990
- [1.14] Pies, E.: Löhne und Preise von 1300 bis 2000. Abhängigkeit und Entwicklung über 7 Jahrhunderte. Wuppertal: E. & U. Brockhaus Verlag, 7. Auflage, 2014
- [1.15] Hofmann, C.: Praktisches Handbuch der Papierfabrikation, Bd. 1. Berlin: Verlag der Papierzeitung, 1891, 130
- [1.16] Schaeffer, J. C.: Versuche und Muster ohne all Lumpen oder doch mit einem geringen Zusatz derselben Papier zu machen. Erster Band. Regensburg 1765.
- [1.17] Schaeffer, J. C.: Versuche und Muster ohne all Lumpen oder doch mit einem geringen Zusatz derselben Papier zu machen. Muster und Kupfertafeln. Zweyter Band. Regensburg 1765.
- [1.18] Robert, N.-L.: Machine à faire le papier, d'une très grande étendue, franz. Patent erteilt am 18. 1. 1799
- [1.19] Papiermaschine – Langsiebpapiermaschine. Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/wiki/Papiermaschine>, abgerufen am 9. 4. 2025
- [1.20] Sander mann, W.: Die Kulturgeschichte des Papiers, Berlin 1988
- [1.21] Burger, P.: Charles Fenerty and his Paper Invention. PB Publishing Inc., Toronto 2007
- [1.22] Wolf, H.-J.: Geschichte des Papiers. Historische Grundlagen, Portraits, Technologie. Ulm: Historia-Selbstverlag, 2012.
- [1.23] Powell, F. G.; Luhde, F.; Logan, K. C.: Supergroundwood by Grinding. Pulp and Paper Magazine of Canada 66 (1965) 8, T399 – T406

2

Begriffe und Papiersorten

Von Jürgen Blechschmidt und Sabine Heinemann

2.1 Begriffe und Definitionen

Zur einheitlichen Anwendung sind unter Nutzung der aktuellen Normen DIN 6730 [2.1], ISO 4046 [2.2][2.3] und DIN 19303 [2.4] sowie weiterer Literaturquellen [2.5][2.6] [2.7][2.8][2.9][2.10] wichtige Begriffe der Papiertechnik zusammengefasst. Ausgewählte Begriffe zu Werkstoffen bzw. Papier-, Karton- und Pappesorten, die in den vorhergehenden Auflagen auch in diesem Abschnitt enthalten waren, sind jetzt ausschließlich in den Abschnitten 2.2 und 2.3 erläutert.

Abscheiden: Mechanisches Trennverfahren mit dem Ziel der weitestgehenden Trennung von Phasen (z. B. fest-flüssig). Im Falle einer Stoffsuspension bedeutet Abscheiden die Entfernung eines oder mehrerer Bestandteile aus einem Stoffgemisch.

Altpapier: Oberbegriff für papierne Flächengebilde (Papier, Karton und Pappe) und Produkte daraus, die außerhalb ihres Produktionsprozesses nach Verarbeitung und Gebrauch anfallen und für eine Wiederverwendung (Recycling) geeignet sind. Altpapier ist mengenmäßig der wichtigste Rohstoff der Papierindustrie.

Altpapierstoff: Faserstoff aus Altpapier für die Erzeugung von Papier (siehe dort, Abschnitt 2.2), Karton (siehe dort, Abschnitt 2.2) und Pappe (siehe dort, Abschnitt 2.2), der vor seiner Verwendung intensiven Reinigungsprozessen in der Stoffaufbereitung unterworfen wird. Altpapierstoff aus bedrucktem Papier, dem die Druckfarbe durch Deinking (siehe dort) entzogen wurde, nennt man Deinkingstoff.

Aufschlussverfahren: Oberbegriff für alle Verfahren zur Gewinnung von Faserstoffen aus Holz oder anderen nachwachsenden Rohstoffen unabhängig davon, ob die Faservereinzelung durch mechanische (**Holzstoff** (siehe dort)), chemische (**Zellstoff** (siehe dort)) oder chemisch-mechanische Prozesse (Halbzellstoff) verursacht wird.

Bahn: im Vergleich zum Blatt (siehe dort) endloses papiernes Flächengebilde während seiner Herstellung oder Verarbeitung.

Bahnbreite: Maß der Papierbahn quer zur Längsrichtung (Laufrichtung, Maschinenrichtung, siehe dort) am Ende der Fertigungsmaschine (beschnitten oder unbeschnitten).

Blade: Oberbegriff für alle starren Entwässerungselemente einer Papiermaschine sowie Schaber an Walzen, Trockenzylindern sowie in Streichmaschinen

Blatt: im Vergleich zur Bahn (siehe dort) formatiertes papiernes Flächengebilde (siehe dort) im ungefalteten Zustand, kleiner als Format (siehe dort) DIN A3. Einzelblätter im Format DIN A3 und größer werden üblicherweise als Bogen (siehe dort) bezeichnet.

Blattbildung: Summe der notwendigen Teilprozesse, die von der Faserstoffsuspension zum feuchten Blatt führen (im Zusammenhang mit kontinuierlichen Prozessen in der Papier- oder Kartonmaschine eigentlich richtiger Bahnbildung).

Blattformation: siehe Formation

Blattstruktur: dreidimensionale Anordnung der Fasern und Füllstoffe im Blatt.

Bleichen: Bezeichnung von Prozessen zur Entfernung oder chemischen Modifizierung färbender Bestandteile im Faserstoff unter Einwirkung von Chemikalien mit dem Ziel einer höheren Weiße und Reinheit des Faserstoffs.

Bogen: übliche Bezeichnung für ein einzelnes Blatt (siehe dort) im Format (siehe dort) DIN A3 und größer.

Chemie-Zellstoff: hochreiner, durch geeignete Behandlung reaktiver Zellstoff aus nahezu reiner Cellulose zur Herstellung von chemischen Derivaten (aus dem Englischen auch bekannt als Dissolving Pulp).

Decklage: äußere vorderseitige Faserstoffbahn bei mehrlagigen papiernen Flächengebilden (siehe auch Lage).

Deinking: Verfahren zur Entfernung von Druckfarben aus der Suspension zerfaserten Altpapiers. Deinking ist die wichtigste Verfahrensstufe bei der Aufbereitung bedruckter heller Altpapiere zur Weiterverarbeitung in grafischen Papieren (siehe dort, Abschnitt 2.2) und Hygienepapieren (siehe dort, Abschnitt 2.2).

Doppelsiebformer: Bahnbildungseinheit einer Papiermaschine mit einer Siebführung, bei der sich zwei Siebe gleichzeitig im Kontakt mit dem Faservlies über eine bestimmte Entwässerungsstrecke befinden. Doppelsiebformer sind ursprünglich als Hybrid-Former (siehe dort) konstruiert worden, als modernere Ausführung kommen Spalt-Former (siehe dort) zum Einsatz (auch als Gap-Former bekannt).

Durchsicht: Erscheinungsbild der Formation (siehe dort) gegen diffuses, durchfallendes Licht betrachtet.

einseitig glatt: Bezeichnung für den Zustand eines Papiers, dessen Oberflächenrelief nur auf einer Seite durch geeignete technische Einrichtungen wie z. B. Glättzylinder eingeebnet wird und deshalb auf einer Seite eine deutlich glattere Oberfläche aufweist als auf der anderen.

Faserguss: Herstellung von dreidimensionalen Faserformteilen (z. B. Eierverpackungen) mit hohem Aufwand für die Herstellung der Formwerkzeuge.

Faserorientierung: Ausrichtung der Fasern im papiernen Flächengebilde. Die Positionierung in einer Vorzugsrichtung (Anisotropie) wird von der Arbeitsweise der Papier-, Karton- bzw. Pappenmaschine bestimmt (siehe auch Längsrichtung).

Faserstoff: meist aus Pflanzenfasern gewonnene Stoffkomponenten in der Herstellung papierner Flächengebilde.

Faserstoffzusammensetzung: Art und Anteil der Faserstoffe, die im papiernen Flächengebilde verwendet werden, angegeben in Masse-% ofentrocken (siehe dort) (siehe auch Stoffeintrag).

flächenbezogene Masse: Masse eines Blatts, eines Bogens oder einer Bahn aus Papier, Karton oder Pappe, bezogen auf eine Fläche von einem Quadratmeter, angegeben in g/m^2 . Die umgangssprachlich noch häufig verwendeten Begriffe *Grammatur* oder *Grammgewicht* sind weder normgerecht noch sachlich richtig und sollen deshalb nicht verwendet werden.

Format (Papierformat): Kennzahl für die Größe der Fläche eines Blattes oder Bogens. Nach DIN EN ISO 216 [2.11] ist das Grundformat (DIN A0) mit einer Fläche von 1 m^2 festgelegt ($841 \text{ mm} \times 1189 \text{ mm}$). Mit aufsteigender Kennzahl (DIN A1 usw.) halbiert sich jeweils die Größe der Fläche bei gleichbleibendem Längenverhältnis der Seiten $1: \sqrt{2}$.

Formation (= Blattformation): nach ISO 4046 [2.3] räumliche Verteilung der Fasern im Papier als Ergebnis des Prozesses der Blattbildung (siehe dort). Die resultierenden kleinflächigen, stochastischen Masseschwankungen mit Wellenlängen bis 100 mm sind messbar und werden zur Quantifizierung der Formation herangezogen.

Formatpapier: Papier, das ab Werk auf die vorgegebenen Formate zugeschnitten ist, im Gegensatz zu Rollenpapier (siehe dort).

Former: Bahnbildungsvorrichtung, bei der streckenweise keine freie Gegenfläche gegen Luft zum Faservlies existiert (siehe Spalt-Former und Hybrid-Former).

Füllstoff: in der Regel weiße, aber auch farbige, feine, in Wasser unlösliche anorganische Stoffe mineralischer Herkunft oder als Ergebnis einer Fällungsreaktion entstandener Partikel zum Erzielen besonderer Eigenschaften, die dem Halbstoff während der Stoffaufbereitung zugegeben werden.

Ganzstoff (Papierstoff): in Wasser suspendiertes Stoffgemisch vor der Zuführung zur Papiermaschine (siehe auch Stoffeintrag).

Gap-Former: siehe Spalt-Former

gegauscht: Bezeichnung für ein papiernes Flächengebilde aus zwei oder mehreren vorgebildeten Faserstofflagen, die im feuchten Zustand ohne Verwendung von Klebstoff durch Druck verbunden wurden.

geleimt: Bezeichnung für ein papiernes Flächengebilde (siehe dort), dessen Wasseraufnahmevermögen durch Zusatz von Leim oder anderen Additiven verringert, also hydrophobisiert wurde (Gegensatz: ungeleimt (siehe dort)).

Grammatur = flächenbezogene Masse (siehe dort)

Gutstoff: umgangssprachlicher Begriff für den Teil eines in Wasser suspendierten Stoffgemischs, der in Trennprozessen (Klassieren und/oder Sortieren) akzeptiert wird (heute oft verwendeter englischer Begriff: Accept). Je nach Führung des Trennprozesses kann es sich dabei um einen Rückstand oder einen Durchgang handeln.

holzfrei: umgangssprachliche Charakterisierung für Papier, Karton oder Pappe mit einem maximalen Anteil an Holzstoff von 5 %. Die richtigere Bezeichnung wäre „holzstofffrei“ (im vorliegenden Buch verwendet).

holzhaltig: umgangssprachliche Charakterisierung für Papier, Karton oder Pappe, dessen Faserstoffanteil zu mehr als 5 % aus Holzstoff besteht. Die richtigere Bezeichnung wäre „holzstoffhaltig“ (im vorliegenden Buch verwendet).

Holzstoff (mechanical pulp): Oberbegriff für alle durch mechanische Zerkleinerung von Holz gewonnenen Faserstoffe, unabhängig vom Zerkleinerungsverfahren (aus dem Englischen oft *falsch übersetzt* als Mechanischer Zellstoff).

- **Stein-Holzschliff** (stone groundwood): durch mechanische Zerkleinerung von Rundholz auf einem Schleiferstein gewonnener Faserstoff.
- **Refiner-Holzstoff** (refiner mechanical pulp): durch mechanische Zerkleinerung von Hackschnitzeln in einem Refiner (Scheibenmühle) gewonnener Faserstoff.

Hybridformer: Siebpartie einer Papiermaschine aus der Familie der Doppelsiebformer (siehe dort) mit folgenden Kennzeichen:

- Siebanordnung beginnt mit einer Langsiebzone, der sich eine Doppelsiebzone anschließt,
- Faserstoffsuspension läuft wie beim konventionellen Langsieb (siehe dort) auf das Untersieb (siehe dort) auf,
- initiale Entwässerung erfolgt in der Langsiebzone nach einer Seite durch das Untersieb, in der Doppelsiebzone beginnt die Entwässerung nach beiden Seiten.

Imprägnieren: Ein- oder Aufbringen von Teilchen eines formlosen Stoffes auf bzw. in das Fasergefüge, ohne dass eine geschlossene Schicht entsteht (siehe auch imprägniertes Papier, Abschnitt 2.3.1)

Kalandrieren = **Satinieren** (siehe dort)

Klassieren: in der Verfahrenstechnik Trennen (siehe dort) eines dispersen Feststoffgemischs (Faserstoffs) in mindestens zwei Fraktionen, vorzugsweise nach den Kriterien Teilchengröße oder -form, wobei bei einer idealen Trennung die Untergrenze der einen Fraktion zugleich die Obergrenze der anderen Fraktion ist.

klebende Bestandteile: bei der Verarbeitung von Primär- und Sekundärfaserstoffen auftretende, im Sinne des Recyclings in der Regel unerwünschte, weil produktions-schädliche Bestandteile (siehe auch Stickies und Störstoff).

Lage (Faserstofflage): bei gegautschten oder gewickelten papiernen Flächengebilden Benennung für die einzelne Faserstoffbahn; die außenliegenden Lagen werden **Decklage** (siehe dort) bzw. **Rückenlage** genannt (vgl. auch Schicht).

Langsieb (eigentlich Langsiebmaschine): Papiermaschine mit einer horizontal ausgerichteten Siebpartie mit nur einem Sieb, der sogenannten Langsiebpartie (vergl. Schrägsieb).

Längsprofil: Verteilung einer Messgröße, vorzugsweise der flächenbezogenen Masse, in Längsrichtung (siehe dort) über die gesamte Länge der aufgerollten Bahn eines papiernen Flächengebildes; gilt als Indikator für die Gleichmäßigkeit der Stoffzuführung am Stoffauflauf, beeinflusst durch Stoffdichteschwankungen und/oder Druckpulsationen.

Längsrichtung: Richtung, in der die Bahnbildung auf der Papier- oder Kartonmaschine erfolgt, im Allgemeinen die bevorzugte Faserorientierungsrichtung im papiernen Flächengebilde. Als Synonyme sind die Begriffe **Laufriichtung** und **Maschinenrichtung** bekannt.

Laufriichtung: siehe Längsrichtung.

lufttrocken (lutro): Bezeichnung für den Zustand eines Faserstoffs (siehe dort) oder papiernen Flächengebildes (siehe dort), dessen Feuchtegehalt im thermodynamischen Gleichgewicht zum Feuchtegehalt der umgebenden Luft steht.

Mahlung: verfahrenstechnisch ein Zerkleinerungsprozess. Aufgabe der Mahlung von Papierfaserstoffen ist die Umformung der Fasern durch mechanische, thermische und teilweise chemische Einwirkung in Anwesenheit von Wasser mit der Zielsetzung, ihre Fähigkeit zur Ausbildung von bindungsaktiven Kontaktflächen und ihr Quellungsvermögen zu steigern (Steigerung der massespezifischen Oberfläche von Faserstoff). Die Zunahme der spezifischen Oberfläche geht immer mehr oder weniger stark mit einer Reduzierung der Faserlänge einher und bestimmt dadurch wichtige Papiereigenschaften wie statische und dynamische Festigkeit, Permeabilität oder optische Eigenschaften wie beispielsweise die Opazität.

maschinenglatt: Bezeichnung für den Zustand eines papiernen Flächengebildes nach Behandlung im Glättwerk am Ende der Papiermaschine, wobei beide Seiten des Papiers durch Einebnung des Oberflächenreliefs mit einer bestimmten Oberflächenstruktur (Glätte) versehen werden.

Maschinenrichtung: siehe Längsrichtung

Mutterrolle: am Ende einer Papier-, Karton- oder Tissuemaschine bis zum Durchmesser von 1...3,5 m aufgerollte Bahn, deren Breite der unbeschnittenen Arbeitsbreite der betreffenden Maschine entspricht (etwa 2...10 m). Sie ist Ausgangsmaterial für alle nachfolgenden Verarbeitungsprozesse und wird manchmal fälschlicherweise im allgemeinen Sprachgebrauch auch als Tambour (siehe dort) bezeichnet.

nassfest: Bezeichnung für ein Papier, das mit speziellen Additiven versehen wurde, um den Rückgang seiner Festigkeit im nassen Zustand zu verringern.

naturfarbig: in der Papier-, Karton- und Pappenherstellung Bezeichnung für die Farbe eines Erzeugnisses, die aus dem verwendeten Faserstoff ohne zusätzliche Verwendung von Farbstoffen oder optischen Aufhellern herrührt, also „naturbelassen“ ist.

NSSC-Halbzellstoff: nach dem Neutralsulfit-Verfahren vorwiegend aus Laubhölzern hergestellter Halbzellstoff, Faserstoffausbeute 70...85 %. Die Bezeichnung stammt aus dem Englischen: **neutral sulfite semi chemical**.

Oberseite: in einer Langsiebpapiermaschine die oben befindliche, der Siebseite (siehe dort) entgegengesetzte Seite des Papiers oder Kartons.

Obersieb: Eins der beiden Siebe eines Doppelsiebformers (siehe dort), Bezeichnung geht historisch auf die Lage in einem Hybrid-Former (siehe dort) zurück (siehe auch Untersieb).

ofentrocken (otro): Bezeichnung für den Zustand eines Faserstoffs (siehe dort) oder papiernen Flächengebildes (siehe dort) direkt nach der Trocknung unter definierten Bedingungen.

papierne Flächengebilde: Oberbegriff für Papier, Karton und Pappe.

Papiermaschine: Maschine zur Herstellung einer endlosen Papierbahn aus Ganzstoff (Faserstoffsuspension pflanzlichen Ursprungs, vermischt mit Leim-, Füll- und Farbstoffen und gegebenenfalls weiteren Additiven) durch Wasserentzug.

Papierqualität: Beschaffenheit von Papier bezüglich seiner Eignung, die für bestimmte Anwendungsbereiche notwendigen Qualitätsanforderungen bzw. Eigenschaftskennwerte zu erfüllen.

Papierverarbeitungstechnik: Teildisziplin des ingenieurwissenschaftlichen Gesamtgebietes der Verarbeitungstechnik mit dem Werkstoff Papier, deren Aufgabe die Analyse, Synthese und industrielle Realisierung aller stoffformenden, form- und lageabhängigen Prozesse im Bereich der Stoffwirtschaft ist.

Pigmentieren: Oberflächenauftrag von pigmenthaltigen Präparationen mit geringem Feststoffanteil (< 10 %), zur Verbesserung der Qualität oberflächengeleimter Papiere oder als Vorstrich zur Optimierung des Streichens (siehe dort).

Querprofil: Kontinuierliche oder diskrete Verteilung einer Messgröße (z. B. einer physikalischen Eigenschaft) eines Papiers quer zur Längsrichtung (siehe dort) über die gesamte Bahnbreite.

Querrichtung: Richtung senkrecht zur Längsrichtung (siehe dort) der Bahn auf der Papier- oder Kartonmaschine.

Rejektstoff: Begriff für den Teil eines in Wasser suspendierten Stoffgemischs, der in Trennprozessen (Klassieren und/oder Sortieren) ausgesondert wird. Der heute häufiger verwendete, aus dem Englischen stammende Begriff ersetzt den umgangssprach-

lichen, verfahrenstechnisch ungenauen Begriff „Spuckstoff“. Je nach Führung des Trennprozesses kann es sich dabei um einen Rückstand oder einen Durchgang handeln.

Rohpapier: Bezeichnung für jede Art von Papier, das als Halbfertigprodukt hergestellt wurde. Seine Eigenschaften werden in nachfolgenden Weiterverarbeitungsprozessen (Veredlung) dem jeweiligen Verwendungszweck angepasst.

Roll: Oberbegriff für alle rotierenden Entwässerungselemente einer Papiermaschine.

Rolle: aufgewickelte Bahn in Form eines Zylinders, mit oder ohne Wickelhülse oder Wickelkern (siehe auch Mutterrolle).

Rollenbreite: Maß einer Rolle in Querrichtung.

Rollenpapier: Papier, das von der Mutterrolle (manchmal fälschlicherweise Tambour genannt) in der Ausrüstung auf bestimmte Rollendurchmesser gewickelt und in Rollenschneidmaschinen auf bestimmte Rollenbreiten geschnitten wird, im Gegensatz zu Formatpapieren (siehe dort).

röschner Stoff: umgangssprachliche, verfahrenstechnisch nicht korrekte Bezeichnung für einen Faserstoff mit geringem Entwässerungswiderstand.

Rundsieb: Einrichtung zur Bahnbildung mithilfe eines auf einem Zylinder oder einem Expansionszylinder aufgebrachten Siebes. Für die Herstellung mehrlagiger Flächengebilde bei der Kartonherstellung kombiniert man mehrere Rundsiebe, deren einzelne Lagen miteinander vergautscht werden (siehe auch gegautscht). Für die Herstellung von Wertpapier wird u. U. nur ein einzelnes Rundsieb verwendet.

Rundsiebformer: Former (siehe dort) mit einem Rundsieb als Bahnbildungseinrichtung. Im Gegensatz zum Rundsieb (siehe dort) ist ein Teil des Rundsiebzyinders durch eine Oberlippe abgedeckt. Die Entwässerungszone ist vakuumbeaufschlagt (andere Bezeichnung: Saugformer).

Satinieren (= Kalandrieren): innerhalb und/oder außerhalb der Papiermaschine durch Druck, Wärme und Feuchte vorgenommene Verdichtung des Papiergefüges zum Erzielen von Glätte und/oder Transparenz.

Saugformer: siehe Rundsieb-Former

Schicht (Faserschicht): bei verklebten Papieren oder Pappen Benennung für die einzelnen Faserstoffbahnen; die außenliegenden Faserstoffbahnen werden Deckschicht genannt (vgl. auch Lage).

Siebpartie: Teil der Papiermaschine, in dem die Blattbildung (siehe dort) mit der initialen Entwässerung beginnt. Es existieren verschiedene Konstruktionsformen, wie Langsieb (siehe dort), Rundsieb (siehe dort) oder Former (siehe dort).

Siebmarkierung: Oberflächenrelief des papiernen Flächengebildes, das während der Herstellung durch Eindrücken der Maschen des Siebes in die nasse Bahn entsteht und durch das nachfolgende Pressen, Trocknen und ggf. Satinieren (siehe dort) wieder eingebnet wird.

Siebseite: Seite eines Papiers, die während seiner Herstellung mit einem Entwässerungssieb in Berührung war.

schmieriger Stoff: umgangssprachliche, verfahrenstechnisch nicht korrekte Bezeichnung für einen Faserstoff mit hohem Entwässerungswiderstand.

Schrägsieb (eigentlich Schrägsiebmaschine): Papiermaschine mit geneigter Langsiebpartie, die beispielsweise zur Herstellung von Vliesstoffen oder Teebeutelpapieren zum Einsatz kommt.

Sortieren: in der Verfahrenstechnik mechanisches Trennen (siehe dort) nach einem physikalischen Merkmal, z. B. Teilchendichte oder Benetzbarkeit (vergleiche auch Klassieren).

Spaltformer: Bahnbildner aus der Familie der Doppelsiebformer mit folgenden Kennzeichen:

- Doppelsiebanordnung mit Entwässerung nach beiden Seiten,
- Faserstoffsuspension wird nach Verlassen des Stoffauflaufs als kompakter Strahl auf möglichst kurzem Weg direkt in den Spalt (Gap) zwischen Obersieb (siehe dort) und Untersieb (siehe dort) gespritzt.

Eine Benennung der Spaltformer erfolgt auch über die verwendeten Entwässerungselemente in der Reihenfolge der Anordnung vom Stoffauflauf her unter Verwendung von starren (Blade (siehe dort)) und rotierenden (Roll (siehe dort)) Entwässerungselementen. Beispiele dieser Benennung sind Roll-Blade-Former oder Blade-Roll-Former.

Spuckstoff: siehe Rejektstoff

Stickies: Bezeichnung für klebende Partikel, die aus dem Rohstoff Altpapier resultieren. Sie lassen sich folgendermaßen klassifizieren:

- *Klassifizierung nach Herkunft/Entstehung:*

Primärstickies: werden mit dem Rohstoff eingetragen und kleben unter Prüfbedingungen.

Sekundärstickies: entstehen durch chemisch-physikalische Einflüsse im Prozess und kleben unter Prüfbedingungen.

- *Klassifizierung physikalisch-chemisch* nach Abtrennbarkeit, Adhäsion/Klebrigkeit, Oberflächenenergiedichte und Größe. Trennkriterium ist in der Regel die Schlitzweite einer Laborsortierung. **Makrostickies** finden sich nach ihrer Abtrennung im Siebrückstand, **Mikrostickies** werden nach der Abtrennung im Durchlauf detektiert.

Stoffeintrag: Art und Anteil der faserigen und nichtfaserigen Bestandteile des Ganzstoffes (siehe dort), abgesehen vom Wasser.

Stoffzusammensetzung: Arten und Anteile der faserigen und nichtfaserigen Bestandteile im papiernen Flächengebilde (vgl. auch Faserstoffzusammensetzung).

Störstoff: Oberbegriff in der Chemie der Papiererzeugung ohne einheitliche Definition. Nach *Auhorn* [2.12] sind Störstoffe die Summe aller anionischen Oligomere und Polymere sowie nichtionischer Hydrokolloide, die nicht ausreichend an Fasern und Füllstoffen fixiert sind, deshalb in das Kreislaufwasser gelangen und sich ab einer bestimmten Konzentration negativ auf den Produktionsprozess auswirken. Im Falle des Altpapiereintrags werden auch produktionsschädliche Papiere, Pappen, Materialverbunde (z. B. gewachst, bituminiert, beschichtet) als Störstoffe betrachtet (siehe auch Stickies).

Streichen: spezifische technologische Verfahren zum Auftragen einer Schicht aus mineralischer Dispersion, Stärkelösung oder synthetischer Dispersion auf die Oberfläche einer oder beider Papierseiten, um sie vollständig zu bedecken mit dem Ziel, das Aussehen und die Bedruckbarkeit des Produkts zu verbessern oder zusätzliche Barriereeigenschaften bereitzustellen. Charakteristische Parameter für die Qualität nach der Beschichtung sind z. B. Helligkeit, Glanz und Opazität, Glätte, Oberflächenfestigkeit und Druckfarbenaufnahme. Die aufzutragende Schicht wird als **Streichmasse** bezeichnet oder auch Streichfarbe genannt.

Sulfatzellstoff: Zellstoff (siehe dort), der durch Aufschluss pflanzlicher Rohstoffe mit Natronlauge und Natriumsulfid erhalten wird. Die Bezeichnung geht auf das Natriumsulfat zurück, das während des laufenden Aufschlussprozesses zugeführt und zu Natriumsulfid reduziert wird.

Sulfitzellstoff: Oberbegriff für Zellstoff (siehe dort), der durch Aufschluss pflanzlicher Rohstoffe nach einem Sulfitverfahren erhalten wird. Zu den technisch interessanten und angewandten Prozessen zur Herstellung von Sulfitzellstoff gehören u. a. das saure Bisulfit-Verfahren, das Neutralsulfit-Verfahren oder das alkalische Sulfit-Verfahren.

Tambour: gezeugenes, mit Hartgummi beschichtetes Stahlrohr als Wickelkern zum Aufrollen der Bahn am Ende der Papier- oder Kartonmaschine, manchmal fälschlicherweise als Bezeichnung für die Mutterrolle (siehe dort) verwendet.

Trennen: in der Verarbeitungstechnik teilweise oder vollständige Aufhebung des stofflichen Zusammenhalts des Verarbeitungsgutes an genau definierten Stellen (siehe im Vergleich dazu verfahrenstechnische Definitionen für Klassieren (siehe dort), Sortieren (siehe dort) und Abscheiden (siehe dort)).

Trockengehalt: Verhältnis der Masse einer Probe, die bei einer Temperatur von $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ unter definierten Bedingungen bis zu einer konstanten Masse getrocknet wurde, zur Masse der Probe vor dem Trocknen. Der Trockengehalt wird üblicherweise als Massenanteil in Prozent angegeben.

ungeleimt: Bezeichnung für ein papiernes Flächengebilde (siehe dort), dessen natürliches Wasseraufnahmevermögen nicht durch den Zusatz von Leim oder anderen Additiven verringert wurde (Gegensatz: geleimt (siehe dort)).

Unterseite: siehe Siebseite.

Untersieb: Eins der beiden Siebe eines Doppelsiebformers (siehe dort), Bezeichnung geht historisch auf die Lage in einem Hybrid-Former (siehe dort) zurück (siehe auch Obersieb). Im Hybrid-Former ist das Untersieb dasjenige Bahnbildungssieb, das die Bahn zur Bahnabnahme führt.

Verpackung: Umhüllung eines Produktes. Sie wird aus Packmitteln und Packhilfsmitteln während des Verpackungsvorganges gebildet (z. B. Transportverpackung, Umverpackung oder Sichtverpackung). Es ist die Gesamtheit von Mitteln, die zum Schutz eines Gutes vor Gebrauchswertminderungen und Verlust, bei Transport, Umschlag und Lagerung, zur Erleichterung der Handhabung des Gutes, gegebenenfalls zum Schutz der Umwelt im Zirkulationsprozess, zur Information über und zur Werbung für das Gut dient.

Wasserzeichen: Markierung im Papier, die beim Betrachten im durchfallenden Licht sichtbar wird. Man unterscheidet echte Wasserzeichen (hergestellt durch Verdrängung und/oder Anreicherung von Stoff während der Herstellung der Papierbahn auf dem Sieb) und Molette-Wasserzeichen (sogenannte unechte Wasserzeichen, hergestellt durch Prägen eines Musters in die noch feuchte Papierbahn).

Zellstoff: aus pflanzlichen Rohstoffen durch chemischen Aufschluss ohne wesentliche mechanische Nachbehandlung gewonnener Faserstoff. Ziel des Zellstoffaufschlusses ist es, ohne Beeinträchtigung der Faserstruktur möglichst viele nichtzellulose Bestandteile (Lignin) in eine wasserlösliche Form zu überführen und zu entfernen. Die Wahl des Aufschlussverfahrens (Sulfatzellstoff oder Sulfitzellstoff, siehe dort) hängt beispielsweise vom Endprodukt oder der als Rohstoff verwendeten Holz- oder Pflanzenart ab.

Zweiseitigkeit: unbeabsichtigte Unterschiede der Oberflächeneigenschaften auf den beiden Seiten eines papiernen Flächengebildes.

2.2 Papier-, Karton- und Pappesorten – Übersicht

In diesem Abschnitt werden grundlegende Definitionen und Oberbegriffe aus dem Bereich Papier, Karton und Pappe erläutert.

Als **Papier** wird ein ebenes, überwiegend aus Fasern meist pflanzlicher Herkunft bestehendes Flächengebilde bezeichnet, das durch Entwässerung einer Faserstoffsuspension auf einem Sieb gebildet wird. Dabei entsteht ein Filz mit einer flächenbezogenen Masse $< 225 \text{ g/m}^2$, der anschließend verdichtet und getrocknet wird [2.1]. Diese Abgrenzung zu Karton (siehe dort) und Pappe (siehe dort) entstand bereits im 19. Jahrhundert und bezeichnete ursprünglich die Dicke des Materials, bis zu der es ohne Zuhilfenahme von Werkzeugen gefaltet werden konnte, ohne zu brechen [2.13].

Eine grundsätzliche Aufteilung erfolgt in vier Hauptgruppen [2.6]:

- grafische Papiere (Druck- und Schreibpapiere),
- Verpackungspapiere (und Verpackungskarton),
- Hygienepapiere,
- technische Papiere und Spezialpapiere.

Grafische Papiere (Druck- und Schreibpapiere) können auf verschiedene Weise weiter unterteilt werden. Aus der Sicht der stofflichen Zusammensetzung spricht man von

- ungestrichenen holzstoffhaltigen Papieren, z. B. Zeitungsdruckpapier (siehe dort, Abschnitt 2.3.1) und SC-Papier (siehe dort, Abschnitt 2.3.1),
- gestrichenen holzstoffhaltigen Papieren, z. B. LWC-Papier (siehe dort, Abschnitt 2.3.1),
- ungestrichenen holzstofffreien Papieren, z. B. Büropapier (siehe dort, Abschnitt 2.3.1),
- gestrichenen holzstofffreien Papieren, z. B. Kunstdruckpapier (siehe dort, Abschnitt 2.3.1).

Aus der Sicht der Verwendung können grafische Papiere auch unterteilt werden in

- Büro- und Administrationspapiere,
- Druck- und Pressepapiere.

Die Eigenschaftsvarianten von **Verpackungspapieren** und -karton nehmen mit steigendem Anteil an den Papiersorten zu. Aber noch immer dominieren Wellen- und Deckenpapiere zur Herstellung von Wellpappe diese Hauptgruppe. Im Falle von Verpackungskarton handelt es sich vornehmlich um Faltschachtelkarton für die Herstellung von Verkaufsverpackungen zum Schutz von Lebensmitteln und Gebrauchsgütern. Auf Verpackungskarton wird weiter unten im Detail eingegangen.

Der massebezogene Anteil von **Hygienepapieren** (siehe dort, Abschnitt 2.3.1) an der Gesamtmasse des in Deutschland produzierten Papiers ist mit 7,1 % (2024) [2.14] aufgrund der geringen flächenbezogenen Masse dieser Produkte recht klein, nach Fläche betrachtet ist dieser Anteil viel größer. Zu den Hygienepapieren gehören Toilettenpapier, Küchenrollenpapier, Handtuchpapier, Taschentuchpapier, Serviettenpapier und Gesichtstuchpapier. Ein großer Produktanteil findet im medizinischen Sektor Anwendung.

Am zahlenmäßig umfangreichsten und in Faserstoffzusammensetzung sowie qualitativ unterschiedlichsten ist die Gruppe der **Spezialpapiere**, auch als Technische Papiere bezeichnet. An diese Papiere werden oftmals hohe und individuelle Anforderungen gestellt. Die Gruppe umfasst alle Papiersorten, die keine Zuordnung zu den anderen drei Hauptgruppen haben, wie beispielsweise Dekorpapier (siehe dort) für die Möbelindustrie, Fotopapier (siehe dort), Filtrierpapier (siehe dort), Elektroisolierpapier (siehe dort) oder Banknotenpapier (siehe dort).

Als **Karton** bezeichnet man ein ebenes, überwiegend aus Fasern meist pflanzlicher Herkunft bestehendes Flächengebilde, das hinsichtlich der flächenbezogenen Masse von 150...600 g/m² sowohl in das Gebiet der Papiere als auch in das der Pappe hineinreicht. Karton ist steifer als Papier und wird im Allgemeinen aus hochwertigeren Faserstoffen als Pappe hergestellt. Karton wird unter anderem in Druckereien als Druckuntergrund, in der Verpackungsindustrie zum Schutz von Packgut sowie im grafischen Gewerbe als Gestaltungsuntergrund eingesetzt.

Der Faserstoffeintrag von **Primärfaserkarton** besteht ausschließlich aus Primärfaserstoffen und eigenem Fertigungsausschuss aus Primärfaserstoff. Die Ober- und Rückseite können pigmentiert oder gestrichen sein. Im Gegensatz dazu ist **Sekundärfaserkarton** ein mehrlagiger Karton, der mindestens eine Mittellage aus überwiegend recycelten Faserstoffen enthält. Die Oberseite besteht aus gebleichten Primärfasern oder hellen und deinkten ausgewählten recycelten Fasern. Zwischen der Oberlage und der/den Mittellage(n) kann sich eine Lage aus Zellstoff, Holzstoff oder hellen und deinkten recycelten Faserstoffen befinden. Die Rückseite kann aus ausgewählten recycelten Faserstoffen oder gebleichten und/oder ungebleichten Frischfasern bestehen. Ober- und Rückseite können außerdem mit mineralischen oder synthetischen Pigmenten gestrichen sein.

Die Kartonsorten sind nach den Faserarten unterteilt, die bei ihrer Herstellung verwendet wurden, sowie nach ihrer Oberflächenbehandlung. Der für die Unterteilung anzuwendende Schlüssel besteht aus zwei Merkmalen (Buchstabenbezeichnung) und einer Kennziffer, die die Farbe der Rückseite und das spezifische Volumen berücksichtigt.

Merkmal für die Oberflächenbehandlung:

- A gussgestrichen (besondere Art von pigmentgestrichen),
- G pigmentgestrichen,
- U ungestrichen.

Merkmal für den Faserstoffeintrag:

- Z gebleichte Primärfasern (Zellstoff),
- N ungebleichte Primärfasern,
- C Holzstoff,
- T Sekundärfasern aus Karton mit weißer, gelber oder brauner Rückseite,
- D Sekundärfasern aus Karton mit grauer Rückseite.

Ausgewählte Beispiele:

- AZ = gussgestrichener Primärfaserkarton (gebleichter Zellstoff),
- ZU = ungestrichener Primärfaserkarton,
- GD1 = pigmentgestrichener, sekundärfaserhaltiger Karton mit grauer Rückseite mit einem spezifischen Volumen > 1,45 cm³/g.

Pappe ist der Oberbegriff für Vollpappe (siehe dort) und Wellpappe (siehe dort).

Vollpappe ist, im Gegensatz zu Wellpappe, eine massive Pappe im Wesentlichen aus Fasern meist pflanzlicher Herkunft mit einer flächenbezogenen Masse $> 225 \text{ g/m}^2$, einlagig oder gegautscht, auch zusammengeklebt, beklebt, imprägniert oder beschichtet als Maschinenpappe (siehe dort, Abschnitt 2.3.2) oder Wickelpappe (siehe dort, Abschnitt 2.3.2) hergestellt.

Wellpappe ist ein konstruktives Erzeugnis der Papierverarbeitung, bei dem ein gewelltes Papier auf eine Lage oder zwischen mehreren Lagen eines anderen Papiers oder Kartons (siehe Deckenpapier, Abschnitt 2.3.1, und Liner, Abschnitt 2.3.2) geklebt ist. Es wird unterschieden zwischen einseitiger Wellpappe, ein-, zwei- oder dreiwelliger Wellpappe. Neben dem Lagenaufbau ist die Geometrie der eingesetzten Wellenbahn ein wesentliches Unterscheidungskriterium von Wellpappe. Wellpappe, in Deutschland überwiegend aus Altpapierstoff hergestellt, wird als Packstoff für formstabile Verpackungen eingesetzt. Aufgrund ihres Aufbaus gilt Wellpappe als erfolgreiches Beispiel für angewandten Leichtbau.

2.3 Ausgewählte Papier-, Karton- und Pappesorten

Die Anzahl der Papiersorten ist bedingt durch die unterschiedlichen stofflichen Zusammensetzungen und vielfältigen Einsatzzwecke erheblich. Aus der großen Anzahl von rund 3000 bekannten Sorten Papier, Karton und Pappe sind wichtige exemplarisch herausgegriffen und in Auswertung mehrerer Literaturquellen [2.1][2.6][2.7][2.8][2.15][2.16][2.17] innerhalb jedes Unterabschnitts alphabetisch geordnet. Einige Sorten, die in den früheren Auflagen noch enthalten sind, wurden aufgrund veränderten Anwendungs- bzw. Gebrauchsverhaltens der Endnutzer hier nicht mehr aufgeführt. Andere, deren Bedeutung zunimmt, wurden neu aufgenommen. In wichtigen Fällen wurde auch berücksichtigt, dass im Handel häufig für dieselben Papiere unterschiedliche Sortennamen üblich sind.

2.3.1 Papiersorten

Alterungsbeständiges Papier: Papier, dessen wichtigste Eigenschaften bei der Lagerung über längere Zeiträume erhalten bleiben.

AP-Packpapier(Packpapier aus Altpapier): meist einseitig glattes Papier, das ganz oder überwiegend aus Altpapierstoff für Verpackungszwecke besteht.

Aromadichtes Papier: Verpackungspapier für Kaffee, Tee, Gewürze usw., das sich durch Aromadichtigkeit auszeichnet. Zum Einsatz kommen Verbundmaterialien, die derartige Barriereigenschaften besitzen (vgl. auch Verbundkarton, Abschnitt 2.3.2).

Ausstattungspapier: Oberbegriff für verschiedene Papiersorten, die für Ausstattungszwecke genutzt werden, (z. B. bei Briefmappen, Kassetten, Glückwunschkarten) oder zum Geschenke einwickeln. Die flächenbezogene Masse liegt zwischen 80 g/m^2 und 200 g/m^2 (siehe auch Ausstattungskarton, Abschnitt 2.3.2). Das Papier ist vollgeleimt, meist einseitig gestrichen, je nach Verwendungszweck lackiert, bronziert, marmoriert, geprägt, weiß oder bunt. Als Ausstattungspapiere werden Schreibpapier (siehe dort), Chromopapier, Glanzpapier, Dekorationspapier, Buntpapier, Einwickelseidenpapier, Pergamentpapier u. a. genutzt.

Banknotenpapier: dauerhaftes, nassfestes, griff- und falzfestes, für Mehrfarbendruck geeignetes, fälschungssicheres Papier mit echtem mehrstufigem Wasserzeichen und weiteren Sicherheitsmerkmalen. In Deutschland kommen als Faserrohstoff überwiegend Baumwollkämmlinge zum Einsatz. Die flächenbezogene Masse beträgt $60 \dots 80 \text{ g/m}^2$.

Barrierepapier: Oberbegriff für recyclingfähige, kunststofffreie Spezialpapiere mit mittlerer Feuchtigkeits- und Fettbeständigkeit, die für eine Vielzahl von Endanwendungen bei der Verpackung von empfindlichem Packgut Einsatz finden. Barrierepapiere haben eine Mineralölbarriere und sind frei von Fluorchemikalien. Sie werden beispielsweise mit flächenbezogenen Massen von $55 \dots 90 \text{ g/m}^2$ gefertigt und sind für Offset- und Flexodruck geeignet.

Beschichtetes Papier: Oberbegriff für Papiere, deren Oberfläche während oder im Anschluss an deren Herstellung mit anderen Materialien so kombiniert werden, dass sich der Werkstoffkern (das Rohpapier) nicht oder nur unwesentlich verändert. Die aufzubringenden Beschichtungen können selbsthaftend sein oder spezielle Bindemittel zur Verankerung auf dem Trägerpapier erfordern. Als Beschichtungsmaterial kommen Schmelzen, Lösungen und Dispersionen zum Einsatz. Das häufigste beschichtete Papier ist gestrichenes Papier (siehe dort). Es gibt keine klare Abgrenzung zum imprägnierten Papier (siehe dort), da einige Beschichtungsmaterialien auch zum Imprägnieren eingesetzt werden können (z. B. Wachspapier, Bitumenpapier).

Bibeldruckpapier = Dünndruckpapier: holzstofffreies, manchmal hadernhaltiges, meist stark füllstoffhaltiges Spezialdruckpapier mit niedriger flächenbezogener Masse ($25 \dots 30 \text{ g/m}^2$) und hoher Alterungsbeständigkeit.

Briefumschlagpapier: holzstofffrei und holzstoffhaltig, einseitig glatt oder satiniert, weiß und farbig für Umschläge hergestellt. Es muss undurchsichtig, beschreibbar, bedruckbar und falzfest sein.

Buchdruckpapier (= Werkdruckpapier): holzstofffreies oder holzstoffhaltiges, meist auf Volumen gearbeitetes Druckpapier.

Buntpapier: Oberbegriff für farbige und an der Oberfläche behandelte Papiere, z. B. gestrichen, bedruckt, lackiert, marmoriert, gemustert, velouriert oder bronziert, wobei die Oberfläche auch zusätzlich geprägt sein kann.

Büttenpapier (echtes Büttenpapier)

- **Handgeschöpftes Büttenpapier:** mit Schöpfform manuell hergestelltes oder aus einer Bütte geschöpftes hadernhaltiges oder holzstofffreies Papier, meist gerippt und in unbeschnittenem Zustand mit einem faserigen Rand (echter Büttenrand). Verwendung heute als Urkundenpapier oder individuelles Briefpapier mit hohem Repräsentationswert.
- **Rundsieb-Büttenpapier:** aus der Bütte mit einem Rundsieb geschöpftes hadernhaltiges oder holzstofffreies Papier, meist gerippt und im unbeschnittenen Zustand meist mit echtem Büttenrand.

Chromopapier: einseitig hochwertig gestrichenes Papier, wobei der Strichauftrag einfach oder doppelt erfolgen kann. Historisch betrachtet handelt es sich um das einseitig gestrichene Pendant zum beidseitig gestrichenen Kunstdruckpapier (siehe dort).

Clupak-Papier: Papier mit erhöhter Dehnfähigkeit und – im Gegensatz zu Krepppapier (siehe dort) – glatter Oberfläche, hergestellt nach dem Clupak-Verfahren.

Deckenpapier: Papiere mit guter Planlage, zwischen denen die gewellten Wellenpapiere (siehe dort) bei der Produktion von Wellpappe (siehe dort, Abschnitt 2.2) eingeklebt werden. Sie müssen eine hohe Berstfestigkeit und einen hohen Stauchwiderstand (RCT, SCT) aufweisen. Äußere Deckenpapiere werden normalerweise im Flexodruckverfahren bedruckt. Je nach Qualität werden drei Sorten von Deckenpapieren hergestellt: Kraftliner (siehe dort, Abschnitt 2.3.2), Testliner (siehe dort, Abschnitt 2.3.2) und Schrenz (siehe dort).

Dekorpapier: Laminatrohpapier (siehe dort), holzstofffreies, weißes oder farbiges, saugfähiges Spezialpapier für die Herstellung von mit Kunstharz getränkten Schichtstoffen. Es wird vorwiegend aus gebleichten Zellstoffen mit einem Füllstoffgehalt bis zu 40 % (Titandioxid) gefertigt (flächenbezogene Massen 50...200 g/m²). Für die Verwendung als Furniersatz in der Möbelindustrie wird das Papier vor der Imprägnierung mit Kunstharz z. B. mit Motiven von Holzfurniertexturen bedruckt.

Dokumentenpapier: holzstofffreies, auch mit Hadernzusatz gefertigtes Papier mit hoher Alterungsbeständigkeit für Schriftstücke, die lange aufbewahrt werden müssen.

Druckpapier: Oberbegriff für holzstofffreie und holzstoffhaltige Papiere, die ungestrichen oder gestrichen zum Bedrucken geeignet sind und sich in verschiedenen Druckverfahren störungsfrei verarbeiten lassen.

Dünndruckpapier = Bibeldruckpapier (siehe dort)

Duplexpapier: Papier, das aus zwei stofflich oder auch nur farblich unterschiedlichen Lagen besteht.

Duplextapetenpapier: siehe Tapetenrohpapier

Echt-Pergament: aus saugfähigem, gebleichten Zellstoff hergestelltes fettdichtes Papier, das in einem Spezialverfahren (im Allgemeinen unter Verwendung von konzentrierter Schwefelsäure) produziert wird.

Elektroisolierpapier: meist mit Kunstharzen imprägniertes, porenfreies Papier aus Zellstoff, manchmal auch anteilig mit Hadern, das keine Füllstoffe oder stromleitende Verunreinigungen, Salze oder Säuren enthalten darf. Zu dieser Gruppe gehören die Kondensator-, Kabelisolier- und Elektrolytpapiere. Kondensatorpapier weist eine Dicke von 0,006...0,012 mm und eine flächenbezogene Masse von 6...7 g/m² auf. Hochwärmebeständiges Elektroisolierpapier ist bei Temperaturen bis mindestens 120 °C einsetzbar. Elektroisolierpapier, das als Dielektrikum für Kondensatoren eingesetzt wird, wird als Kondensatorpapier bezeichnet und gehört zu den teuersten Papiersorten.

Endlosvordruckpapier: für den Endlosdruck in Schnelldruckern der zentralen Datenverarbeitung geeignetes Papier mit Randlochung für den exakten Papiertransport.

Etikettenpapier: Oberbegriff für Papiere, deren Stoffzusammensetzung sich nach dem Verwendungszweck als Etikett richtet und das mindestens einseitig im Offset- und Tiefdruck mehrfarbig bedruckbar und/oder beschreibbar, lackierbar, bronzierbar und stanzbar, manchmal auch nass- und laugenfest ist.

Feinpapier: Oberbegriff für eine Vielzahl hochwertiger, holzstofffreier, auch mit Hadernzusatz gefertigter Papiere, an die höchste Ansprüche in Bezug auf gleichmäßige Durchsicht, Oberflächenbeschaffenheit sowie Alterungs- und Lichtbeständigkeit gestellt werden.

Fettdichtes Papier siehe Echt Pergament, Pergamentersatzpapier und Pergamin.

Filtrierpapier: holzstofffreies, teilweise auch mit Hadernersatz hergestelltes, ungeleimtes, zum Teil nassfest ausgerüstetes Papier zum Abscheiden von Feststoffteilchen aus Flüssigkeiten oder Gasen. Filtrationsgeschwindigkeit und Trennfähigkeit hängen stark mit der Porosität des Filtrierpapiers zusammen.

Flammfestes Papier: weitgehend flammfestes (nicht brennbares) Spezialpapier mit nur geringem Anteil an Zellstoff, aber hohen Anteilen an nicht brennbaren Werkstoffen, wie Synthesefasern, Glasfasern oder Mineralwollefasern. Es kann zusätzlich oder anstelle dessen mit flamm sicherem Material beschichtet oder imprägniert sein, das beispielsweise die Entzündungstemperatur erhöht oder bei Hitze ein Schutzgas entwickelt.

Fluting: Wellenpapier (siehe dort) entweder ausschließlich oder überwiegend aus Halbzellstoff (NSSC-Halbzellstoff (siehe dort, Abschnitt 2.1) aus Laubholz) und maximal 35 % Altpapierstoff mit einer flächenbezogenen Masse von 100...180 g/m² (vgl. auch Wellenstoff).

Fotopapier: holzstofffreies Papier mit gleichmäßiger Durchsicht und Oberfläche, weitgehend nassfest und dimensionsstabil, chemisch neutral sowie frei von Verunreinigungen, die die lichtempfindliche Schicht beeinträchtigen. Heute in der Regel beidseitig mit einer dünnen Polyethylenfolie beschichtet.

Gestrichenes Papier: Druckpapier mit einer eingeebneten, geschlossenen Oberfläche, die für die Wiedergabe von fein gerasterten Bildvorlagen geeignet ist, erzielt durch einen gleichmäßigen Auftrag von Streichmasse über 5 g/m^2 (siehe auch Streichen, Abschnitt 2.1).

Grafisches Papier: Oberbegriff für Papiere, die bedruckt oder beschrieben werden können, einschließlich der Feinpapiere (siehe dort).

Gussgestrichene Papiere: gestrichenes Spezialpapier, das seinen hohen Glanz durch Abformen der noch oder wieder feuchten Strichoberfläche am Mantel eines verchromten, polierten Trockenzyinders erhält.

Hadernpapiere: ausschließlich aus Hadern (früher Leinenlumpen, heute Baumwollabfälle der Textilindustrie) hergestelltes Papier.

Handgeschöpftes Papier siehe Büttenpapier.

Heißsiegelpapier: beschichtetes Papier (siehe dort) mit einseitiger Beschichtung, die unter gleichzeitiger Einwirkung von Wärme und Druck auf einem anderen Werkstoff fixierbar ist (vgl. auch Teebeutelpapier).

Hüllpapier: maschinenglatte, einseitig glatte oder satinierte, gefärbte oder ungefärbte, in verschiedenen Leimungsgraden hergestelltes Papier zu Verpackungszwecken. Die Eigenschaften richten sich nach dem Verwendungszweck. Hochwertige Hüllpapiere, die in der Hauptsache Schutz gegen mechanische Einflüsse bieten sollen, benötigen hohe Festigkeitseigenschaften, im Gegensatz zu minderwertigen Sorten, die stark altpapierstoffhaltig oder holzstoffhaltig hergestellt werden.

Hygienepapier: Oberbegriff für nass oder trocken gekreppte Papiere niedriger flächenbezogener Masse, die als Textilersatz hygienischen oder sanitären Zwecken dienen, gekennzeichnet durch einmaligen Gebrauch als Wegwerfartikel. Die Papiere bzw. die daraus gewonnenen Produkte müssen über eine hohe Weichheit und Saugfähigkeit verfügen. Als Rohstoffe werden gebleichter Zellstoff oder Deinkingstoff eingesetzt. Im internationalen Sprachgebrauch hat sich der Begriff Tissue (siehe dort) oder Tissuepapier als Synonym für alle Hygienepapiere eingebürgert, obwohl Tissue ursprünglich nur Hygienepapiere bezeichnete, die ausschließlich aus Zellstoff hergestellt wurden.

Illustrationsdruckpapier: ungestrichenes, meist holzstoff- und füllstoffhaltiges Druckpapier (Glührückstand um 15 %) mit flächenbezogenen Massen von $55 \dots 80 \text{ g/m}^2$, das sich zur Wiedergabe von fein gerasterten Bildvorlagen eignet (Synonym für Magazinpapier und Zeitschriftenpapier).

Imprägniertes Papier: Oberbegriff für Papiere, die nach ihrer Herstellung über den gesamten Querschnitt mehr oder weniger gleichmäßig von Imprägniermittel durchdrungen werden. Wichtige Vertreter dieser Papiere sind fungizides Papier, insektizides Papier und pestizides Papier.

Inkjet-Papier: Papier für berührungsfreie Inkjet-Druckverfahren (Farbstrahl- oder Tintendruck). Sie können ungestrichen, pigmentiert oder gestrichen sein und müssen die Fixierung der Farbstoffe an der Oberfläche, keine übermäßige Tropfenverbreiterung, eine hohe Wasseraufnahmekapazität, eine schnelle Trocknung sowie kein Durchschlagen auf die Rückseite sicherstellen.

Insektizides Papier: imprägniertes Papier, das durch verdampfende Bestandteile oder Kontaktwirkung Insekten tötend wirkt.

Kabelpapier: siehe Elektroisolierpapier

Kalenderwalzenpapier: aus Baumwolle, Wolle und/oder Mineral- bzw. Synthefasern bestehendes Papier (flächenbezogene Masse ca. $100 \dots 2000 \text{ g/m}^2$) zum Herstellen von Kalenderwalzen mit elastischer Oberfläche, wie sie heute noch für die Satinage von Spezialpapieren wie Pergamin oder Kondensatorpapier verwendet werden.

Kaschierpapier: Papier zur Abdeckung flächiger Materialien, um neue Eigenschaften des Verbundmaterials zu erzielen (siehe Kaschieren, Abschnitt 2.1). Es gibt vielfältige Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Materialien, wie Metall, Kunststofffolien, aber auch Papier und Karton. Die flächenbezogene Masse liegt zwischen 40 g/m^2 und 140 g/m^2 .

Kondensatorpapier siehe Elektroisolierpapier

Kopierpapier: eigentlich Oberbegriff für alle Papiersorten, die für Vervielfältigungsverfahren verwendbar sind, holzstofffrei oder holzstoffhaltig einschließlich Recyclingpapier, mit einer flächenbezogenen Masse von $70 \dots 120 \text{ g/m}^2$. Im allgemeinen Sprachgebrauch Bezeichnung für Papier, das in elektrofotografischen Verfahren eingesetzt wird. Das Papier muss dimensionsstabil, opak, abriebfest, glatt, staubfrei und biegesteif sein mit einer gut verfestigten Oberfläche und hoher Wärme- und Elektrostabilität. Für Anforderungen im niedrigeren Druckqualitätsbereich kommen unabhängig vom Druckverfahren zunehmend sogenannte Universalsorten zum Einsatz, für höherwertige Druckergebnisse erfolgt eine Sortenspezialisierung entsprechend der Anforderungen des Vervielfältigungsverfahrens (siehe Inkjet-Papier, Laserdruckpapier oder Fotopapier).

Korrosionsschutzpapier: Packpapier (siehe dort), das mit speziellen Additiven imprägniert oder beschichtet ist, die gasförmige Verbindungen freisetzen und dadurch z. B. metallische Oberflächen vor Korrosion schützen.

Kraftaltpapier (recovered kraft paper): Altpapier, das aus Kraftliner (siehe dort, Abschnitt 2.3.2), Kraftsackpapier und/oder Kraftpapier (siehe dort) besteht.

Kraftpapier: Verpackungspapier aus gebleichtem oder ungebleichtem, langfasrigen Nadelholz-Sulfatzellstoff (Kraftzellstoff) oder gleichwertigen Fasern mit hohen statischen und dynamischen Festigkeiten sowie hohem Arbeitsaufnahmevermögen, dem Kraftaltpapier (siehe dort) zugesetzt werden kann. Kraftpapier findet Verwendung für Papiersäcke, Tragebeutel, Tüten und ähnliche Produkte. Die flächenbezogene Masse beträgt in der Regel $60 \dots 115 \text{ g/m}^2$. Dünnes, einseitig glattes Kraftpapier mit $20 \dots 22 \text{ g/m}^2$ wird als Einschlagpapier verwendet.

Krepppapier: Papier, das durch Feinfaltung (Kreppfalte) in sich gestaucht ist, um eine erhöhte Dehnbarkeit zu erzeugen. Je nach angewandtem Krepp-Verfahren wird in Trockenkrepp, Nasskrepp, Doppelkrepp unterschieden.

Kunstdruckpapier: hochwertiges, verhältnismäßig schweres, zweiseitig gestrichenes Druckpapier mit glatter, geschlossener Oberfläche zur Wiedergabe fein gerasterter und mehrfarbiger Bilder.

Laminatroh papier Oberbegriff für hoch saugfähige, naturfarbige, gefärbte oder weiße Papiere (flächenbezogene Masse 80...200 g/m²) für die Weiterverarbeitung zu mit Kunstharz getränkten Schichtstoffen, vorzugsweise für Möbelindustrie und Innenausbau (siehe auch Dekorpapier)

Laserdruckpapier: Papier, das als Bedruckstoff in Laserdruckern benutzt wird. Das Papier ist holzstofffrei oder holzstoffhaltig, meist oberflächengeleimt mit flächenbezogenen Massen von 50...80 g/m². Es wird in Laserdruckern verwendet, die nach dem elektrofotografischen Verfahren arbeiten, und ähnelt in seinen Eigenschaften dem Kopierpapier (siehe dort).

Lebensmittelverpackungspapier: Oberbegriff für ein Sortiment an Papieren und Kartonen, die zum Verpacken bzw. Einwickeln von Lebensmitteln verwendet werden und direkt mit dem Verpackungsgut in Berührung kommen. Papier mit flächenbezogenen Massen von 150...120 g/m² wird für flexible Verpackungen verwendet, mit flächenbezogener Masse bis 400 g/m² für Kartonverpackungen. Die gesundheitlichen Anforderungen sind in speziellen Empfehlungen und Richtlinien geregelt.

Löschpapier: Papier mit hoher Saugfähigkeit und geringer Dichte, das für die Aufnahme überschüssiger wässriger Medien wie beispielsweise Tinte verwendet werden kann. Es wird ohne Füllstoff aus gebleichtem Zellstoff, teilweise auch mit Zusatz von gebleichtem Linters, für einfache Sorten auch holzstoffhaltig hergestellt.

LWC-Papier: zweiseitig gestrichenes, holzstoffhaltiges Druckpapier mit Strichgewicht in der Regel 5...10 g/m² je Seite. Die flächenbezogene Masse des Rohpapiers ist geringer als 72 g/m². Der Begriff ist aus dem Englischen übernommen (LWC = light weight coated).

Magazinpapier: Oberbegriff für holzstoffhaltige gestrichene oder ungestrichene Druckpapiere mit sehr guter Bedruckbarkeit, hoher Glätte und hohem Glanz. Zu den Magazinpapieren werden hauptsächlich LWC-Papiere (siehe dort) und SC-Papiere (siehe dort) gerechnet.

Metallisiertes Papier: Papier, das einseitig mittels Vakuumbedampfung mit einem dünnen Metallfilm aus vorzugsweise Aluminium überzogen ist. Die Dicke der Metallschicht beträgt 10...100 nm. Als Rohpapiere werden holzstofffreie oder holzstoffhaltige, weiße oder farbige, ungestrichene oder gestrichene Papiere verwendet, die den hohen Eigenschaftsanforderungen für die Vakuumbedampfung (Gleichmäßigkeit von Feuchteanteil und Formation) genügen müssen. Metallisierte Papiere sind zwar teurer als mit Metallfolien kaschierte Papiere (= Metallpapiere, siehe dort) aber besser rezyklierbar.

Metallpapier: Papier, das ein- oder beidseitig mit einer Metallfolie kaschiert ist. Das Papier ist weitgehend feuchte-, sauerstoff- und aromadicht, kann bedruckt, gerillt oder geprägt werden und wird für flexible Verpackungen, Etiketten oder Geschenkpapier verwendet. Die flächenbezogene Masse beträgt 20...150 g/m². Durch die Metallfolie ist das Papier weniger gut rezyklierbar als metallisiertes Papier (siehe dort).

Nassfestes Papier: Spezialpapier, das durch Zusatz alkalibeständiger Nassfestmittel (meist spezielle Harze wie Melamin-, Harnstoff-Formaldehyd-, Polyamidamin- oder Epichlorhydrinharze) auf eine bestimmte permanente oder temporäre Nassfestigkeit eingestellt wird, z. B. Sackpapier, Filtrierpapier, Hygienepapier oder Banknotenpapier.

Naturpapier: unwissenschaftliche technologische Bezeichnung für ungestrichenes Papier ohne oder mit Oberflächenbehandlung oder Pigmentierung bis 5 g/m². Im deutschen Sprachgebrauch wird jedes ungestrichene bzw. unbeschichtete Papier, das nach der Herstellung in der Papiermaschine und ggf. einer Satinagebehandlung als Fertigprodukt vorliegt, als Naturpapier bezeichnet. Papiere, die in weiteren Verarbeitungsschritten z. B. beschichtet werden sollen, nennt man dagegen Rohpapier (siehe dort).

NCR-Papier: siehe Selbstdurchschreibpapier

Offset-Papier: Oberbegriff für Druckpapiere, deren Stoffzusammensetzung und Oberflächeneigenschaften den Anforderungen beim Offsetdruck entsprechen.

Overlaypapier: Laminatrohpapier aus gebleichtem Zellstoff höchster Reinheit, ungefüllt, bedruckbar, lichteht, mit einer flächenbezogenen Masse von 20...50 g/m², das als oberste Schicht in einer Schichtpressstoffplatte oder direkt beschichteten Holzwerkstoffplatte durch Kunstharzimprägnierung transparent wird.

Packpapier: Oberbegriff für Papiere unterschiedlicher Faserstoffzusammensetzung und Eigenschaften, deren Gemeinsamkeit nur im Verwendungszweck als Packmittel besteht. Auswahl und Mischung der Faserstoffe richten sich nach den an das Papier gestellten Anforderungen.

Pergament: Beschreibstoff aus Tierhäuten, insbesondere von Ziegen, Schafen und Kälbern, der heute noch für besonders wertvolle Dokumente und Urkunden verwendet wird. Namensgebend ist die antike Stadt Pergamon, wo es im 2. Jahrhundert v. u. Z. erfunden worden sein soll. Bis zum Siegeszug des Papiers war Pergament der wichtigste Beschreibstoff im Mittelalter.

Pergamentersatz: holzstofffreies Papier, das durch fibrillierendes und langes Mahlen bestimmter Zellstoffsorten und/oder den Zusatz von besonderen Additiven und/oder durch Behandlung in der Papiermaschine hergestellt wird und dadurch bezüglich der Fettdichte ähnliche Eigenschaften erhalten hat wie Echt Pergament (siehe dort).

Pergamentpapier siehe Echt Pergament

Pergamin: hoch satiniertes, aus stark gemahlenem Zellstoff mit oder ohne Zusatz von Additiven hergestelltes, weitgehend fettdichtes, aber nicht nassfestes Papier mit ho-

her Transparenz, soweit nicht gefärbt oder opak. Einsatzgebiete sind z. B. Abdeckblätter in Fotoalben oder Briefumschlagfenster.

Plakatpapier: Hoch gefülltes, meist farbiges und durch Leimung wetterbeständig gemachtes, bedruckbares Papier.

Recyclingpapier: Oberbegriff für papierne Flächengebilde mit 100 % Altpapierstoff im Faserstoffeintrag, wobei eingesetzter Fertigungsausschuss nur aus einer Recyclingpapierproduktion stammen darf.

Sackpapier siehe Kraftpapier

Satiniertes Papier: zwischen den Walzen eines Kalanders geglättetes, verdichtetes Papier (siehe auch SC-Papier).

SC-Papier: holzstoffhaltiges, stark satiniertes Naturpapier (siehe dort) mit hohem Glanz und hoher Glätte (SC = super calendered).

Schleifrohpapier: Naturfarbiges oder gefärbtes, ungeleimtes oder massegeleimtes Spezialpapier zur Herstellung von Schleifpapier. Die geforderten hohen Zug- und Durchreißfestigkeiten werden durch hochwertige Sulfatzellstoffe erzielt, teilweise in Kombination mit Synthese-, Glas- oder Baumwollfasern. Meist sind die Papiere mit funktionellen Barrierestrichen versehen. Die flächenbezogene Masse beträgt 45... 500 g/m². Dickere Sorten über 160 g/m² werden geklebt hergestellt, wodurch sich die Steifigkeit erhöht. Die separate Beschichtung mit Schleifkörnern erfolgt mit Leim- und/oder Kunstharzbindern.

Schreibpapier: Papier beliebiger Faserstoffzusammensetzung, das sich zum beidseitigen Beschreiben mit Tinte eignet, d. h. die Paperoberfläche soll der Schreibfeder einen möglichst geringen Widerstand entgegensetzen (ausreichende Rupffestigkeit und Glätte). Die Schriftzüge dürfen weder auslaufen noch durchschlagen. Holzstofffreie Schreibpapiere finden auch als Drucker- oder Kopierpapiere (siehe dort) Verwendung.

Schrenz(papier): historische, aber immer noch übliche Bezeichnung für ein Papier aus gemischtem Altpapier zur Erzeugung von Beuteln (z. B. Obsttüten) oder für Deckenpapiere bei der Wellpappenerzeugung im unteren Qualitätsbereich.

Seidenpapier: Oberbegriff für dünne Papiere unterschiedlicher Zusammensetzung mit einer flächenbezogenen Masse < 30 g/m². Das dünne, weiche und verhältnismäßig feste Papier wird vorwiegend zum Verpacken empfindlicher Gegenstände verwendet.

Selbstdurchschreibpapier: Papier, das einseitig oder beidseitig mit farbreaktiven Schichten versehen ist und direkte Durchschriften als chemische Farbreaktion, ausgelöst durch mechanischen Druck, ermöglicht. Es ist auch als **NCR-Papier** bekannt.

Sicherheitspapier: Oberbegriff für fälschungssichere und verfälschungshemmende Papiere mit Sicherheitsmerkmalen wie Wasserzeichen, spezielle Färbungen, die Verwendung von Melierfasern oder reagenzfähiger Chemikalien (Indikatorstoffe), in der Papierbahn mitlaufende Sicherheitsfäden oder spezielle Oberflächenbehandlungen

(Prägen, Bedrucken). Zu den Sicherheitspapieren gehören Wertpapiere, Wertzeichenpapiere (siehe dort), Urkundenpapiere, Banknotenpapiere (siehe dort).

Silikonpapier: „adhäsives“ Papier, dessen Oberfläche sich abweisend gegen die meisten Stoffe verhält. Durch Beschichten mit Silikon wird z. B. das Anhaften von Leim, Kleister oder anderen klebrigen Stoffen verhindert.

Streichrohpapier: holzstofffreies oder holzstoffhaltiges Rohpapier (siehe dort, Abschnitt 2.1), das mit einer oder mehreren Schichten von wässrigen Pigmentdispersionen (Streichfarbe) gestrichen wird. Die Strichmasse kann je nach Papiersorte bis zu 30 g/m^2 betragen. Die Rohpapiere haben einen Füllstoffgehalt von 2...30 % je nach flächenbezogener Masse und Papiersorte. Es gilt der alte Spruch: Ein schlechtes Rohpapier kann nicht gut gestrichen werden. Ein gutes Rohpapier verträgt einen schlechten Strich.

Synthesefaserpapier: Papier, das aus synthetischen Fasern wie Polyamid oder Polyester, aus Zellwolle und zum Teil auch unter Zusatz von Füllstoffen hergestellt wird. Für den Zusammenhalt der Fasern untereinander werden Bindemittel benötigt.

Tapetenrohpapier: Oberbegriff für Papiere, die zur Herstellung von Tapeten geeignet sind. Das Papier ist so beschaffen, dass es veredelt und/oder bedruckt, dubliert und/oder geprägt werden kann. Folgende Unterscheidung kann getroffen werden:

- **einlagig:** Simplexpapier holzstofffrei oder holzstoffhaltig, ungestrichen oder gestrichen, auch beschichtet, abziehbar und/oder vorgekleistert.
- **mehrlagig:** Duplexpapier gegautscht oder geklebt, holzstofffrei oder holzstoffhaltig, ungestrichen oder gestrichen, spaltbar oder abziehbar, auch beschichtet bzw. vor-gekleistert.
- **abziehbar:** Eigenschaft, sich trocken restlos überwiegend in einer Bahn von der Klebefläche (Wand) abziehen zu lassen.
- **dubliert:** prägestabil kaschiert.
- **spaltbar:** Eigenschaft von mehrlagigem Tapetenrohpapier, sich spalten zu lassen, wobei die Unterschicht auf der Klebefläche (Wand) verbleibt.
- **vorgekleistert:** auf Tapetenrohpapier aufgebrachte Kleisterbeschichtung, die vor dem Tapezieren, z. B. durch kurzzeitiges Einwirken von Wasser, aktiviert wird.

Technisches Papier: Oberbegriff für eine Reihe von Spezialpapieren, die weder den grafischen Papieren (siehe dort), noch den für Verpackungszwecke verwendeten Papieren noch Hygienepapieren (siehe dort) zugeordnet werden können und deren Anwendungsfälle – wie der Name sagt – im technischen Bereich liegen (z. B. Elektroisolierpapier (siehe dort), Filtrierpapier (siehe dort) oder Tapetenrohpapier (siehe dort)).

Teebeutelpapier: hochporöses, nassfestes Filterpapier zur Herstellung von Teebeuteln mit einer flächenbezogenen Masse von $12...15 \text{ g/m}^2$, das aus langen Fasern pflanzlicher Herkunft, vorzugsweise Abaca- (Manilahanf-)Fasern und Synthesefasern (An-

teil < 30 %) hergestellt wird. Es muss geschmacksneutral sein und ist häufig heißsiegelfähig.

Telefonbuchpapier: ungestrichenes, holzstoffhaltiges Druckpapier mit einer flächenbezogenen Masse von etwa 35 g/m^2 mit hoher Opazität aus Holzstoff und Zellstoff, heute auch aus bis zu 100 % Deinkingstoff hergestellt.

Thermopapier: Einseitig beschichtete thermoreaktive Papiere zum Ausdruck von Text und Grafiken mit Thermoplottern und Thermodruckern (z. B. für Etiketten, Tickets, Kassenbons oder andere Belege).

Tiefdruckpapier: meist holzstoffhaltiges, stark satiniertes Papier mit hohem Füllstoffanteil, das gestrichen und ungestrichen hergestellt wird und in Stoffzusammensetzung und Oberflächeneigenschaften den Anforderungen beim Tiefdruck entspricht.

Tissue: Oberbegriff für nass oder trocken gekreppte Papiere niedriger flächenbezogener Masse, die als Textilersatz hygienischen oder sanitären Zwecken dienen, gekennzeichnet durch einmaligen Gebrauch als Wegwerfartikel (siehe Kapitel 8). Die Papiere bzw. die daraus gewonnenen Produkte müssen über eine hohe Weichheit und Saugfähigkeit verfügen. Als Rohstoffe werden gebleichter Zellstoff oder Deinkingstoff eingesetzt. Im internationalen Sprachgebrauch hat sich der Begriff „Tissue“ als Synonym für alle Hygienepapiere eingebürgert, obwohl Tissue ursprünglich nur Hygienepapiere (siehe dort) bezeichnete, die ausschließlich aus Zellstoff hergestellt wurden. Der Begriff „Tissue“ wird auch zur Bezeichnung von einlagigem oder mehrlagigem Tissue-Papier verwendet, das als Halbfertigprodukt hergestellt wurde und für eine Weiterverarbeitung zum Endprodukt (Gesichtstücher, Papiertaschentücher, Servietten, Küchenrollen, Papierhandtücher, Toilettenpapier) vorgesehen ist.

Toilettenpapier: siehe Tissue und Hygienepapier

Transparentzeichenpapier: durch langes, fibrillierendes Mahlen von hochwertigen Spezialzellstoffen oder Hadern hergestelltes, in der Regel nicht präpariertes transparentes Papier zur Herstellung pausbarer Zeichnungen. Durch zusätzliche Oberflächenleimung lassen sich Beschreibbarkeit, Radierfestigkeit, Dimensionsstabilität und die Unempfindlichkeit gegen Fingerabdrücke verbessern.

Vulkanfaserpapier: Spezialpapier, das aus ungeleimtem und ungefülltem Rohpapier mit hoher Saugfähigkeit, Nassfestigkeit und Reinheit durch Imprägnieren mit Zinkchlorid erzeugt wird. Es werden gebleichte und ungebleichte Zellstoffe mit hoher Quellfähigkeit mit Zusätzen von Hadern oder Linters verwendet, die meist rotbraun oder schwarz eingefärbt werden.

Wellenpapier: Oberbegriff für Papiere, das als gewellte Bahn hauptsächlich bei der Herstellung von Wellpappe (siehe dort, Abschnitt 2.2) verwendet wird. Je nach Zusammensetzung wird unterschieden nach Wellenstoff (siehe dort) und Fluting (siehe dort).

Wellenstoff: Wellenpapier überwiegend aus sortiertem Altpapier für die Welle der Wellpappe, in Rollen gegebenenfalls mit Präparationen von Hilfs- oder Zusatzstoffen zwecks Erhöhung der Festigkeit.

Wellpappenpapier (Wellpappenrohpapier): Oberbegriff für Papiere zur Herstellung von Wellpappe unterteilt in Deckenpapier (siehe dort) und Wellenpapier (siehe dort). Für Deckenpapiere werden Kraftliner (siehe dort, Abschnitt 2.3.2), Testliner (siehe dort, Abschnitt 2.3.2) und Schrenz (siehe dort) eingesetzt. Sowohl Decken- als auch Wellenpapiere werden entweder einlagig oder zweilagig hergestellt mit einer flächenbezogenen Masse von 90...400 g/m².

Werkdruckpapier: siehe Buchdruckpapier

Wertzeichenpapier: holzstofffreies, teilweise hadernhaltiges, hochwertiges Papier mit einem echten Wasserzeichen. Druckerzeugnisse auf Wertzeichenpapier sind z. B. Briefmarken, Steuerbanderolen und Aktien (siehe auch Sicherheitspapier).

Zeichenpapier: Hadernpapier, hadernhaltiges oder holzstofffreies, in der Masse oder an der Oberfläche geleimtes, opakes Papier mit hoher Radier- und Abwaschfestigkeit mit einer flächenbezogenen Masse > 80 g/m² für technische oder künstlerische Zwecke, dessen Eigenschaften auf bestimmte Zeichen- oder Maltechniken abgestimmt sind. Einfache Qualitäten (z. B. Schulzeichenpapier) können auch holzstoffhaltig hergestellt werden.

Zeitschriftenpapier: Synonym für Illustrationsdruckpapier (siehe dort) oder Magazinpapier (siehe dort).

Zeitungsdruckpapier: stark holzstoffhaltiges, oft aus deinktem Altpapierstoff hergestelltes, maschinenglattes oder satiniertes Papier mit flächenbezogener Masse von 40...56 g/m². Das Papier muss eine gute Bedruckbarkeit und Verdruckbarkeit vorzugsweise im Offsetdruckverfahren aufweisen. Aufgebessertes Zeitungsdruckpapier unterscheidet sich vom normalen Zeitungsdruckpapier nur in seiner Helligkeit, nicht in seiner stofflichen Zusammensetzung.

Zellstoffwatte: besonders saugfähiges gekrepptes Faservlies mit offener Formation, das aus Cellulose-Fasern (hauptsächlich Chemiezellstoff) hergestellt wird und aus einer oder mehreren Lagen leichtgewichtigen Papiers (flächenbezogene Masse der Lage vor der Kreppung < 25 g/m²) besteht. Die Dehnung des Vlieses beträgt über 35 %.

Zigarettenpapier: ungeleimtes, holzstofffreies Papier (flächenbezogene Masse 16...24 g/m²) zur Produktion von Zigaretten, auch aus Leinen- oder Hanffasern hergestellt, mit Füllstoffanteilen von etwa 30 %. Die Glimmfähigkeit wird durch verwendungsgerechte Porosität des Papiers und eine spezielle Ausrüstung erzielt.

2.3.2 Karton- und Pappesorten

Bierglasuntersetzerpappe: saugfähige Maschinenholzpappe (siehe dort) für Bierglasuntersetzer („Bierdeckel“) aus Holzstoff. Andere Bezeichnungen sind Bierdeckelpappe und Bierfilzpappe.

Braunpappe: Vollpappe (siehe dort), früher aus Braunschliff, heute überwiegend aus Altpapierstoff, mit braun gefärbten Decklagen oder in der Masse braun durchgefärbt.

Buchbinderpappe: graue, flachliegende, geglättete, zieh-, rill-, stanz- und prägbare Wickelpappe, die zur Herstellung von Buchdeckeln verwendet wird.

Chromoersatzkarton: vorwiegend weiß gedeckter, aus mindestens drei Lagen bestehender Karton, der sich durch eine gleichmäßige, geschlossene, hochgeglättete und festhaftende holzstofffreie Decke auszeichnet. Die Zwischenlagen und Einlagen bestehen aus Holzstoff oder Altpapierstoff. Der Karton muss rill-, ritz-, biege- und stanzfähig sowie gut bedruckbar sein, wobei jede Drucktechnik zur Anwendung kommen kann. Er wird vorwiegend für Faltschachteln und Verpackungen aller Art verwendet.

Chromokarton: ein- oder mehrlagiger gestrichener Karton aus gebleichtem oder ungebleichtem Zellstoff. In einzelnen Lagen kann auch Altpapierstoff zum Einsatz kommen. Der Strichauftrag auf der Vorderseite beträgt mindestens 10 g/m^2 , die flächenbezogene Masse $250 \dots 500 \text{ g/m}^2$. Die Oberseite muss im Mehrfarbendruck bedruckbar und lackierbar sein.

Dachpappe: Pappe, die mit Teer, Bitumen und/oder Naturasphalt getränkt ist und meist einen Zusatz von Reißwolle enthält (siehe auch Rohdachpappe).

Duplexkarton: einseitig glatter Karton aus zwei Lagen. Die helle Oberseite ist holzstofffrei (Zellstoff) und/oder aus Deinkingstoff hergestellt, die meist graue oder braun eingefärbte Rückseite aus Altpapierstoff. Die Rückseite kann pigmentiert oder gestrichen sein.

Faltschachtelkarton: meist mehrlagiger Karton aus Primär- und/oder Sekundärfasern, teilweise mit gestrichener Oberseite, der rill- und ritzfähig sein muss. Aufgrund seiner Falz-, Ritz-, Rill-, Nut- und Bedruckbarkeit ist er besonders zum Herstellen von Faltschachteln geeignet. Die flächenbezogene Masse liegt zwischen 180 g/m^2 und 600 g/m^2 . Faltschachtelkarton ist meist ein Multiplexkarton (siehe dort) und besteht aus einer Decklage (etwa 40 g/m^2), einer Schonlage (etwa 30 g/m^2), einer volumengebenden Einlage und einer Rückenlage (etwa 30 g/m^2). Er wird gestrichen und ungestrichen genutzt.

Feinpappe: Oberbegriff für stark verdichtete steife Wickelpappe (siehe dort) von besonders hoher Biegesteifigkeit, Spaltfestigkeit und Oberflächenhärte, naturfarbig (siehe dort, Abschnitt 2.1) oder eingefärbt. Nach [2.9] sind Feinpappe und Hartpappe (siehe dort) identisch.

Getränkekarton: Verbundkarton (siehe dort), bei dem mehrere Deck- oder Zwischenschichten aus Polyethylen (PE) und Aluminium aufgetragen werden, um ein Durch-

weichen des Kartons bzw. den Kontakt des Füllgutes mit Licht und Luft zu verhindern. Gesundheitliche Unbedenklichkeit für den Karton und die Beschichtungen sowie gute Bedruckbarkeit sind erforderlich.

Graukarton: Karton aus Altpapierstoff, rau oder einseitig glatt, teilweise auch ein- oder beidseitig gedeckt. Er wird z. B. für Kalenderrückwände oder als Unterlage für Schreib- oder Zeichenblöcke verwendet.

Graupappe: Oberbegriff für Vollpappen (siehe dort) mit ähnlichen Eigenschaften, die als Maschinenpappe (siehe dort) oder als Wickelpappe (siehe dort) mit Dicken von 0,5...4 mm hergestellt werden und durch den Einsatz von Altpapierstoff grau gefärbt sind. Vollpappen sind mäßig fest, rill- und bedingt ziehfähig.

Handpappe = Wickelpappe (siehe dort)

Hartpappe: Oberbegriff für Pappen mit ähnlichen Eigenschaften (Vollpappe), die durch Aufwickeln und Zusammengautschen mehrerer feuchter Faserstofflagen auf einer Formatwalze hergestellt werden und besonders biegefest und sehr zäh sind. Hartpappe ist geleimt, oft gefärbt und soll wasserabweisend sein. Sie findet Verwendung für die Herstellung von Kartonagen, Stanz- und Prägeartikeln und wird mit einer flächenbezogenen Masse zwischen 450 und 5000 g/m² hergestellt. Zu den Hartpappen gehören beispielsweise Buchbinderpappe (siehe dort), Kofferpappe (Verwendung für Koffer usw.), Marmorpappe (Verwendung für Briefordner, Mappen, Kästen usw.), Schuhpappe (Verwendung für Brandsohlen als Ersatz für Leder usw. in der Schuhindustrie) oder Stanzpappe (Verwendung als Unterlage beim Stanzen). Nach [2.9] sind Hartpappe und Feinpappe (siehe dort) identisch.

Holzpappe: siehe Maschinenholzpappe

Hülsenkarton: maschinenglatte, ein- oder mehrlagige Karton hergestellt und speziell ausgerüstet für die Herstellung von Hülsen, Wickelkernen, runden und nicht runden Gefäßen usw.

Kraftliner: Verpackungspapier aus gebleichtem oder ungebleichtem Sulfatzellstoff ab einer flächenbezogenen Masse von 120 g/m² für Deckschichten von Wellpappe. Zumischungen von Altpapierstoff bis zu 20 % sind üblich.

Liner: Oberbegriff für Papier oder Pappe bestimmter Festigkeitseigenschaften, die als glatte Bahnen bei der Herstellung von Wellpappe und Vollpappe verwendet werden (siehe auch Deckenpapier, Abschnitt 2.3.1). Speziell für die Herstellung von Wellpappe wird in Kraftliner (siehe dort) und Testliner (siehe dort) unterschieden.

Maschinenholzpappe: Maschinenpappe (siehe dort) überwiegend aus Holzstoff hergestellt, auch als Holzpappe bezeichnet.

Maschinenkarton: Gruppe von Kartonsorten, vorwiegend zur Herstellung von Packmitteln aus Karton.

Maschinenpappe: Vollpappe, die im Gegensatz zur Wickelpappe (siehe dort) auf Langsieb- oder Rundsiebmaschinen oder auf kombinierten Lang- und Rundsiebmaschinen in endloser Bahn hergestellt wird.

Multiplexkarton: Karton aus mindestens drei Lagen, die sich entweder in der Stoffzusammensetzung, der flächenbezogenen Masse oder der Farbe voneinander unterscheiden. Er wird im feuchten Zustand ohne Verwendung von Klebstoffen durch Pressen hergestellt.

Pressspan: gefärbte, außerordentlich dichte Pappe mit hoher mechanischer Festigkeit und Glätte, für Zwecke der Elektrotechnik auch mit hoher Dielektrizitätszahl. Pressspan weist eine hohe Härte, Zähigkeit, Steifigkeit und Dimensionsstabilität auf. Der Einsatz erfolgt vor allem in der Elektroindustrie als Elektro-, Kondensatoren- oder Transformatorenpressspan (englisch: Transformerboard) mit einer Dicke von 1...8 mm und einer Dichte von $1,1...1,3 \text{ g/cm}^3$, was einer flächenbezogenen Masse von etwa $1000...10\,000 \text{ g/m}^2$ entspricht.

Rohdachpappe: besonders saugfähige Rohpappe mit einer flächenbezogenen Masse bis 500 g/m^2 aus Textilabfällen und Altpapierstoff, die mit Teer, Bitumen und/oder Naturasphalt getränkt und für Bauzwecke eingesetzt wird (siehe auch Dachpappe).

Testliner: Papier oder Karton nicht festgelegter Faserstoffzusammensetzung überwiegend aus Altpapierstoff, mit bestimmten Festigkeitseigenschaften für glatte Deckbahnen von Wellpappe oder Deckschichten von Vollpappe, vielfach als Duplexpapier (siehe dort, Abschnitt 2.3.1) gearbeitet.

Verbundkarton: Oberbegriff für Werkstoffe, die durch Kombination unterschiedlicher Materialien erhalten werden, z. B. Karton und Aluminiumfolie oder Kunststofffolie. Durch die Kombination entstehen Eigenschaften, die mit einem Basismaterial nicht erzielt werden. Beispiel für einen Verbundkarton ist Getränkekarton (siehe dort).

Weichpappe: im Gegensatz zur Hartpappe (siehe dort) Oberbegriff für weiche, voluminöse Pappen mit filzartigem Charakter, wie sie beispielsweise für Abdeckpappen, Bierglasuntersetzerpappen (siehe dort) oder Dachpappen (siehe dort) verwendet werden.

Wickelpappe (= Handpappe): Vollpappe, hergestellt durch Aufwickeln einer oder mehrerer nasser Faserstoffbahnen auf einer Formatwalze. Im Gegensatz zur Maschinenpappe (siehe dort) entsteht keine endlose Bahn, sondern ein Bogen mit der Formatwalze entsprechenden Abmessungen. Man unterscheidet weiße Wickelpappe aus Holzstoff, die stanz-, zieh- und prägbar sein muss (z. B. als Bierglasuntersetzerpappe (siehe dort)), braune Wickelpappe (auch Kartonagenpappe oder Kistenpappe genannt), die heute aus braun gefärbtem Altpapierstoff (früher Braunschliiff) besteht, und graue Wickelpappe aus Altpapierstoff (z. B. Buchbinderpappe (siehe dort)).

Literatur

- [2.1] DIN 6730: 2017-09 Papier, Pappe und Faserstoff – Begriffe
- [2.2] ISO 4046-2: 2016-03-01 Paper, board, pulp and related terms – vocabulary. Part 2: Pulping terminology
- [2.3] ISO 4046-3: 2016-03-01 Paper, board, pulp and related terms – vocabulary. Part 3: Paper making terminology
- [2.4] DIN 19303: 2011-03 Karton – Begriffe und Sorteneinteilungen
- [2.5] *Blechtschmidt, J.; Heckers, W.*: Begriffe der Blattbildung. Wochenblatt für Papierfabrikation 122 (1994) 3, 76 – 77
- [2.6] *Göttsching, L.; Katz, C.* (Hrsg.): Papier-Lexikon. Gernsbach: Deutscher Betriebswirte-Verlag, 1999
- [2.7] Taschenbuch Papiertechnologie. Leinfelden-Echterdingen: Haefner-Verlag GmbH, 2007
- [2.8] Papier-ABC. Herausgegeben vom Verband Deutscher Papierfabriken, Bonn (heute Die Papierindustrie e. V., Berlin), Stand November 2015
- [2.9] *Blechtschmidt, J.; Naujock, H.-J.* (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik. 3. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, München: Carl Hanser Verlag, 2021
- [2.10] *Blechtschmidt, J.; Heinemann, S.; Naujock, H.-J.* (Hrsg.): Papierverarbeitungstechnik. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage, München: Carl Hanser Verlag, 2024
- [2.11] DIN EN ISO 216:2007-12 Schreibpapier und bestimmte Gruppen von Drucksachen – Endformate – A- und B-Reihen und Kennzeichnung der Maschinenlaufrichtung
- [2.12] *Auhorn, W.*: Das Störstoff-Problem bei der Verringerung der spezifischen Abwassermenge. Wochenblatt für Papierfabrikation 112 (1984) 2, 37 – 48
- [2.13] Meyers Lexikon, 7. Auflage, Neunter Band, S. 335, Leipzig: Bibliographisches Institut, 1928
- [2.14] DIE PAPIERINDUSTRIE – Leistungsbericht PAPIER 2025. Berlin: Die Papierindustrie e. V., Mai 2025
- [2.15] *Blechtschmidt, J.* (Hrsg.): Altpapier. Leipzig: Fachbuchverlag 2011
- [2.16] ISO 4046-4:2016-03-01 Paper, board, pulp and related terms – vocabulary. Part 4: Paper and board grades and converted products
- [2.17] *Lehmann, H.; Richter, L.*: Werkstoffe der Papierverarbeitung. Leipzig: Fachbuchverlag 1979

3

Rohstoffe der Papiererzeugung

Von Jürgen Blechschmidt und Sabine Heinemann

3.1 Übersicht

Rohstoffgrundlage der Papiererzeugung sind die Papierfaserstoffe, wobei zwischen **Primär-** und **Sekundärfaserstoffen** unterschieden wird. Primärfaserstoffe werden direkt aus pflanzlichen Rohstoffen wie Holz und Nicht-Holzpflanzen (Ein- oder Mehrjahrespflanzen) gewonnen, Sekundärfaserstoffe aus Altpapier (siehe Kapitel 7). **Haldern** (Lumpen) kommen nur noch im geringen Maße zum Einsatz. Bis zur Erfindung der Verfahren zur Holzstoff- und Zellstoffherzeugung im 19. Jahrhundert (siehe Kapitel 1) waren Lumpen (gebrauchte Textilien) die einzige Rohstoffquelle. **Synthetische** und **mineralische Faserstoffe** spielen eine untergeordnete Rolle und finden bei Spezialpapieren Anwendung (z. B. Glasfasern in Spezialfiltern oder Basaltfasern für Dämmstoffe).

Holz ist weltweit zu 95 % Rohstoffquelle [3.1]. Traditionell werden **Nicht-Holzpflanzen** als Rohstoff in Gebieten mit geringen Holzressourcen, größeren Flächen ungenutzten Agrarlandes und größeren Reststoffüberschüssen (z. B. Stroh) eingesetzt. Zellstoffe aus z. B. Jute, Flachs, Hanf, Sisal oder Bagasse sind für Spezialpapiere geeignet (z. B. Filterpapiere, Dünndruckpapiere). Aber auch außerhalb dieses Bereichs gewinnt die Erzeugung von Faserstoffen aus biogenen Agrarreststoffen zunehmend an Bedeutung, weshalb diesen Faserrohstoffen in Kapitel 8 ein besonderes Kapitel gewidmet ist. Das vorliegende Kapitel 3 befasst sich schwerpunktmäßig mit dem Rohstoff Holz.

Der Rohstoff **Holz** wird vor allem aus Durchforstungsholz und Sägewerksabfällen industriell gewonnen. In den tropischen und subtropischen Ländern stammt Faserholz vorwiegend aus Plantagen (z. B. Eukalyptusholz). Durch mechanische Zerkleinerung von Holz (und geeigneter Nicht-Holzpflanzen) entsteht **Holzstoff** (siehe Kapitel 5), durch chemischen Aufschluss von Holz (oder Nicht-Holzpflanzen) entsteht **Zellstoff** (siehe Kapitel 6).

Während bei den auf chemischem Weg gewonnenen Zellstoffen mit Ausbeuten von 45...55 % gerechnet wird, liegen diese beim auf mechanischem Weg erzeugten **Holzstoff** bei 80...90 % und darüber. Aus der gleichen Masse Holz wird also im Vergleich zu Zellstoff etwa die doppelte Menge an Faserstoff gewonnen.

Tabelle 3.1 Entwicklung des weltweiten Verbrauchs an Faserstoffen und Papier [3.1] [3.3]

Faserstoffe	1980		2000		2010		2023	
Einheit	Mio. t	%	Mio. t	%	Mio. t	%	Mio. t	%
Altpapier	60		160		221		255	
Altpapier aufbereitet (90 %)	54	31	144	45	199	52	230	56
Zellstoff	93	54	145	46	152	40	180	44
Holzstoff	25	15	30	9	33	8		
Faserstoffe (gesamt)	172	100	319	100	384	100	410	100
Papier + Karton (gesamt)	171		325		394		413	

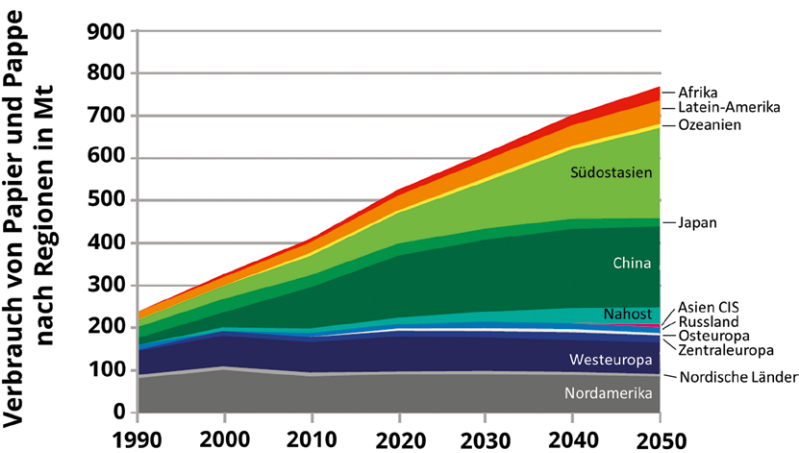


Bild 3.1 Prognose des Verbrauchs von Papier und Pappe nach Regionen bis 2050 [3.2]

Die Entwicklung des weltweiten Verbrauchs an Faserstoffen und Papier mit ihren Schwankungen der letzten Jahre ist in Tabelle 3.1 gezeigt. Danach wurden im Jahr 2023 44 % Primärfaserstoff (Zellstoff und Holzstoff) und 56 % Sekundärfaserstoff (Altpapier) verbraucht. Im März 2011 veröffentlichte die CEPI (Confederation of European Paper Industries) eine Roadmap 2050 als Diskussionspapier, das Wege zur Verringerung der industriellen Emissionen bis 2050 um 80 % gegenüber 1990 aufzeigen

soll. In diesem Papier ist die voraussichtliche Entwicklung des Verbrauchs an Papier bis 2050 in Abhängigkeit von den Regionen als kontinuierlich mehr oder weniger steigend ausgewiesen (siehe Bild 3.1, [3.2]).

3.2 Aufbau und Zusammensetzung des Holzes

Makroskopisch gesehen ist Holz ein **Faserverbundwerkstoff**. Ungleichartige Elemente (= Fasern und andere Holzzellen) bewirken in einer speziellen räumlichen Verteilung und Vernetzung bessere Eigenschaften des Verbundwerkstoffs Holz, als seine Einzelkomponenten bereitstellen könnten. Sein Charakter als Verbundwerkstoff setzt sich auf mikroskopischer und submikroskopischer Ebene in der Zellwand fort. Somit ist Holz auch ein Mikro- bzw. Nanoverbundwerkstoff [3.4].

Holz besitzt aufgrund seines anatomischen Aufbaus und seiner chemischen Zusammensetzung eine einzigartige Zweckeignung als Rohstoff für die Erzeugung von Papier-Faserstoffen [3.4][3.5][3.6]. In Bild 3.2 ist der **Aufbau des Holzstammes** von außen nach innen dargestellt.

Die **Borke** (äußere Rinde) schützt den Baum vor den Gefahren der Außenwelt. Sie erneuert sich ständig, hält Regenwasser ab, verhindert bei Sonnenschein eine zu hohe Verdunstung und schützt gegen Kälte, Hitze, Pilz- sowie Insektenbefall.

Der **Bast** (innere Rinde) dient der Versorgung des Baums. Beim Laubholz zum Beispiel werden hier über Siebröhren die von den Blättern gebildeten Nährstoffe horizontal und stammabwärts transportiert. Die Dicke der Bast-schicht einheimischer Holzarten beträgt 2...15 mm und nimmt mit zunehmendem Alter der Bäume ab. Dieses Pflanzengewebe lebt nur kurze Zeit, stirbt danach ab, verwandelt sich in Kork und wird schließlich Teil der Borke.

Das **Kambium** ist der eigentlich lebende Teil des Stammes. Es befindet sich als extrem schmale Zellschicht zwischen Holz und Rinde, behält bis zum Absterben des Baumes seine Teilungsfähigkeit und ist am Querschnitt des Baums mit bloßem Auge nicht sichtbar. Von Hormonen gesteuert, die mit der Nahrung von den Blättern oder Nadeln im Bast herabwandern, erzeugt es jedes Jahr durch Zellteilung nach außen neuen Bast und nach innen neues Holz. Diese Hormone (Auxine) bewirken das Zellwachstum. Sie werden von den Blattknospen der Zweigspitzen erzeugt, sobald diese im Frühjahr zu treiben beginnen. Die Kambiumzellen sind spindelförmig, dünnwandig, weich und unverholzt, ein Zustand, der für die Entrindung des Holzes von Bedeutung ist.

Das **Splintholz** ist die Wasserleitung des Baumes, die den Kronenraum versorgt. Splintholz ist junges Holz. Gleichzeitig mit der Bildung neuer Splintholzringe verlieren die inneren Zellen an Lebenskraft und verwandeln sich in Kernholz.

Das **Kernholz** ist die zentrale und stützende Säule des Baumes. Obwohl es selbst tot ist, behält es seine tragende Kraft, solange die äußeren Schichten noch leben. Als System hohler, nadelartiger Fasern, das durch Lignine zusammengehalten wird, ist es fest wie Stahl.

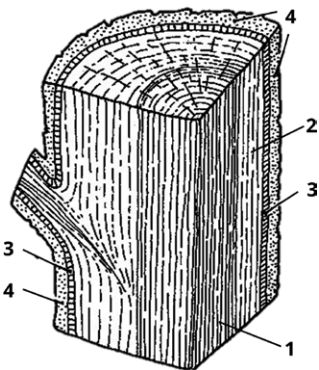


Bild 3.2
Schematischer Aufbau eines Holzstamms (bearbeitet nach [3.5])
1 Kernholz, 2 Splintholz, 3 Kambium (dargestellte Schichtbreite entspricht nicht der realen Größenordnung), 4 Rinde (Bast und Borke)

Der **Holzkörper** (Splintholz und Kernholz) besteht aus Zellen unterschiedlicher Art, Größe, Form und Verteilung. Gleichartige Zellen treten gruppenweise als größere Verbände (Gewebe) auf. Entsprechend der drei Hauptfunktionen des Holzkörpers im Baum – mechanische Festigung, Wasserleitung und Stoffspeicherung – können drei Gewebearten unterschieden werden:

- Festigungsgewebe,
- Leitgewebe und
- Speichergewebe.

Welche Zellarten in den Geweben bei Nadel- und Laubhölzern ständig vorkommen und diese Hauptfunktionen übernehmen, ist in Tabelle 3.2 zusammengestellt.

Tabelle 3.2 In den Pflanzengeweben von Nadel- und Laubhölzern ständig vorkommende Zellarten bzw. Faserarten und ihre Funktionen (nach *R. Wagenführ* [3.6])

Funktion	Nadelhölzer	Laubhölzer
Festigkeitsfunktion	Spätholztracheiden	Libriformfasern, Sklerenchymzellen
Leitungsfunktion	Frühholztracheiden	Tracheen (Gefäßzellen)
Speicherfunktion	Holzstrahlparenchym	Holzstrahlparenchym

Für die Papiererzeugung sind beim Nadelholz die **Früh-** und **Spätholztracheiden** und beim Laubholz die **Libriformfasern** besonders geeignet, da sie dank ihrer Länge

und ihres Längen-Durchmesser-Verhältnisses (Schlankheitsgrads) wesentlich zu den Festigkeitseigenschaften des Papiers beitragen (Bild 3.3). Die Tracheiden machen bei den Nadelhölzern etwa 90 % der Holzsubstanz aus. Der Anteil der Libriformfasern variiert bei den einzelnen Laubholzarten sehr stark und beträgt im Durchschnitt nur 50 % der Holzsubstanz. In diesem Umstand ist die unterschiedliche Eignung der Holzarten für die Faserstoffherzeugung begründet.

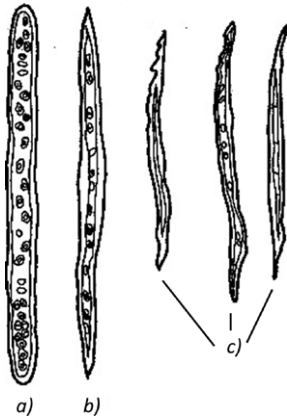


Bild 3.3

Schematische Darstellung von Nadelholztracheiden und Libriformfasern der Laubhölzer. a) Frühholztracheide, b) Spätholztracheide, c) Libriformfasern (bearbeitet nach Blažej [3.7])

Der Aufbau der papiertechnisch relevanten Fasern aus der **Zellwand** und dem **Lumen** lässt sich an Querschnitten durch Nadelholztracheiden am besten erläutern (Bild 3.4). Die Zellwand baut sich um das Lumen herum aus mehreren Wänden (Lamellen) auf, die ihrerseits aus Fibrillen bestehen (siehe auch Bild 3.5). Zahlenwerte für die Dicke und Anteile der einzelnen Lamellen der Zellwand bezogen auf die gesamte Faserwanddicke sind in Tabelle 3.3 zusammengestellt [3.8].

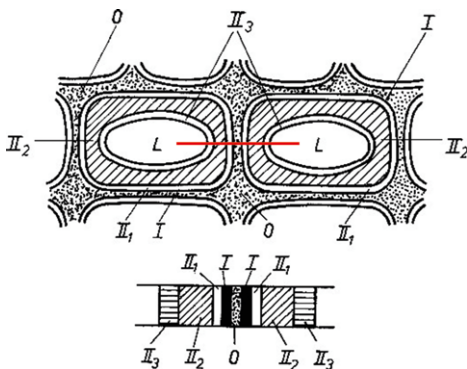


Bild 3.4

Schematischer Aufbau der Zellwand einer Nadelholztracheide (nach Kerr und Bailey [3.9]). Oben: Querschnitt durch zwei gleich große benachbarte Tracheiden; unten: vergrößerter Schnitt durch zwei benachbarte Faserwände (entspricht der roten Linie im oberen Schema)
O Mittellamelle, I Primärwand, II Sekundärwand (II1 Außenschicht, II2 zentrale Schicht, II3 Innenschicht), L Lumen

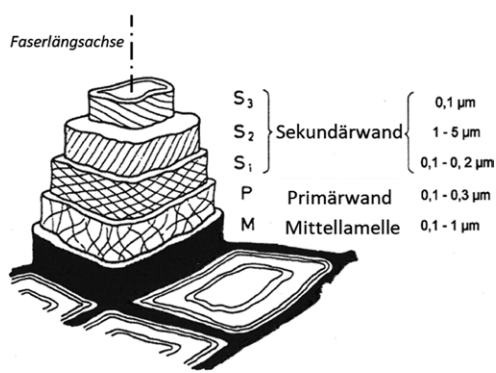


Bild 3.5
Struktur der Zellwand des Holzes mit Dickenangaben der jeweiligen Faserwandschichten (nach *Salmén* [3.10] und *Sjöström* [3.8])
M Mittellamelle, P Primärwand, S₁, S₂, S₃ Innen-, Mittel und Außenschicht der Sekundärwand

Tabelle 3.3 Dicke und Anteile der Faserwandschichten [3.8]

Faserwandschicht	Dicke in µm	Faserwandanteil in %
Primärwand P	0,1...0,3	7...14
Sekundärwand S ₁	0,1...0,2	6...12
Sekundärwand S ₂	1,0...5,0	75...85
Tertiärwand S ₃	0,1	etwa 6

Die Abmessungen der Holzzellen sind für die verschiedenen Holzarten unterschiedlich (Bild 3.3). Das Verhältnis von Faserlänge zu Faserdurchmesser (auch bekannt als Schlankheitsgrad oder englisch Aspect ratio) liegt je nach Faserart zwischen 1 : 10 bis 1 : 110.

In chemischer Hinsicht ist die Zellwand ein **Bioverbundpolymer** und setzt sich aus den Makromolekülen Cellulose, Hemicellulosen (Polyosen) und Ligninen zusammen, die auch konstitutionelle Bestandteile (= Gerüstsubstanzen) genannt werden (Bild 3.6). Aufgrund ihrer strukturellen Vielfalt werden die Bezeichnungen für Hemicellulosen und Lignine im Plural verwendet. Cellulose und Hemicellulosen sind hydrophile, d. h. wasseranziehende Polysaccharide, die insgesamt gelegentlich auch als Holocellulose bezeichnet werden. Die Lignine sind aromatischer Natur und hydrophob, d. h. wasserabstoßend. [3.4]

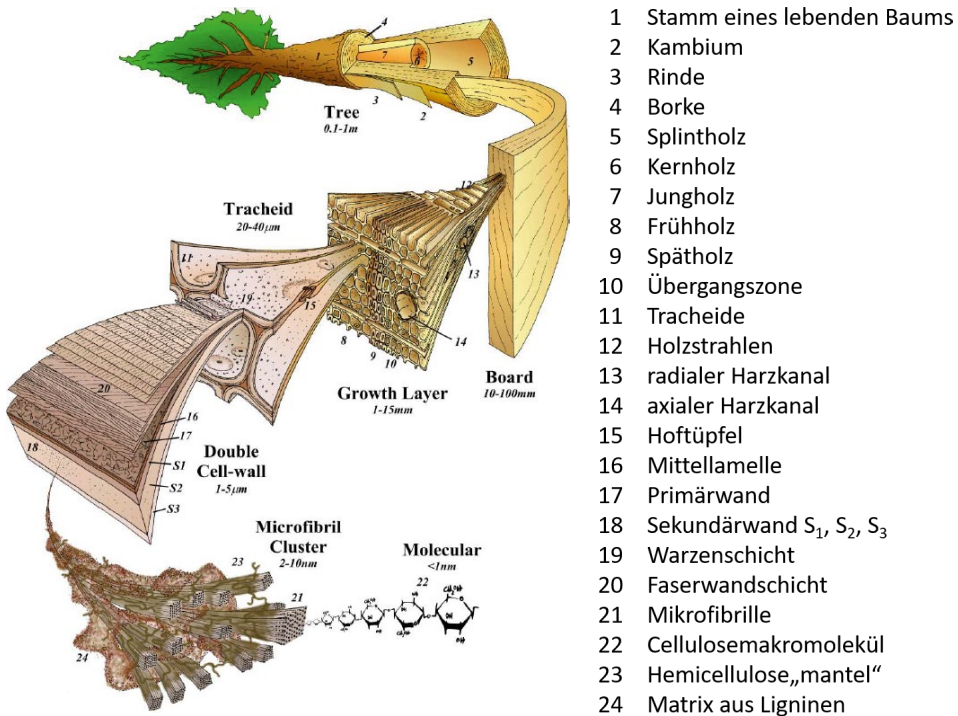


Bild 3.6 Holz als Mikroverbundwerkstoff und Bioverbundpolymer am Beispiel von Nadelholz (nach Harrington [3.11], basierend auf P. Hoffmann, O. Faix und R. Lehn)

Cellulose, Hemicellulosen und Lignine liegen in der Zellwand nicht als einfaches Gemisch oder Mischpolymerisat vor, sondern als filigranes Gefüge, das auch extrazelluläre Matrix genannt wird. Der genetische Code des Baums oder der Nicht-Holzpflanze steuert in Wechselwirkung mit Umwelteinflüssen die Ausbildung dieser Strukturen. Die enge Verbindung zwischen Polysacchariden und Ligninen zeigt sich dabei auch in der Bezeichnung für Holz als Lignocellulose oder als lignocellulosisches Material. [3.4]

In die Hohlräume der extrazellulären Matrix sowie in das Lumen sind kleinere Moleküle eingelagert, die **Inhaltsstoffe**, auch bekannt als akzessorische Bestandteile, Extraktstoffe oder Begleitstoffe. Zu diesen gehören z. B. Harze, Fette oder Wachse, aber auch Mineralstoffe. Ein wesentlicher Bestandteil der extrazellulären Matrix ist das **Wasser**, dessen Moleküle in die Nanostrukturen der Faserwand eindringen, dort mit den Gerüstsubstanzen und Inhaltsstoffen in Wechselwirkung treten und somit seine viskoelastischen und chemischen Eigenschaften wesentlich beeinflussen. [3.4]

Die Gerüstsubstanzen sind in der Zellwand sehr unterschiedlich verteilt (Bild 3.7, [3.12]). So befinden sich in der Mittellamelle 60...80 % der Lignine, in der Sekundärwand S2 nur etwa 22 %.