

# Inhaltsverzeichnis

1 Roh- und Werkstoff Holz	13
1.1 Einführung	13
1.2 Anatomie des Holzes	14
1.2.1 Holzstrukturuntersuchungen/Holzstrukturanalysen	14
1.2.1.1 Was ist Holz?	14
1.2.1.2 Holzanatomische Untersuchungsmethoden	15
1.2.1.3 Die wichtigsten Holzstrukturmerkmale	16
1.2.1.4 Strukturveränderungen	39
1.2.2 Holzarten	42
1.2.2.1 Benennungen	42
1.2.2.2 Bestimmungen	44
1.3 Chemie des Holzes	47
1.3.1 Holz als Mikro- und Nanoverbundpolymer	47
1.3.2 Cellulose	50
1.3.3 Hemicellulosen	54
1.3.4 Lignine	58
1.3.5 Extraktstoffe	64
1.4 Physik des Holzes	75
1.4.1 Übersicht zu den wesentlichen Holzeigenschaften und wichtigen Einflussfaktoren	75
1.4.1.1 Einteilung der Holzeigenschaften	75
1.4.1.2 Wesentliche Einflussfaktoren auf die Eigenschaften	76
1.4.2 Verhalten gegenüber Feuchte	77
1.4.2.1 Sorptionsverhalten und kapillare Wasseraufnahme	77
1.4.2.2 Quellen und Schwinden	82
1.4.3 Dichte	86
1.4.4 Thermische Eigenschaften	87
1.4.5 Elektrische Eigenschaften	89
1.4.6 Optische Eigenschaften	89
1.4.7 Akustische Eigenschaften	90
1.4.8 Alterung und Beständigkeit	92
1.4.9 Elastomechanische und rheologische Eigenschaften	93
1.4.9.1 Übersicht zu wichtigen Einflussgrößen	93
1.4.9.2 Elastizitätsgesetz und Spannungs-Dehnungs-Diagramm	94
1.4.9.3 Rheologische Eigenschaften	102
1.4.9.4 Festigkeitseigenschaften	106
Literaturverzeichnis	116
Anlagen	118

2 Werkstoffe aus Holz . . . . .	127
2.1 Übersicht zu den Holzwerkstoffen . . . . .	127
2.1.1 Vollholz . . . . .	128
2.1.2 Holzwerkstoffe . . . . .	128
2.2 Struktureller Aufbau und wesentliche Einflussfaktoren auf die Eigenschaften ausgewählter Holzwerkstoffe . . . . .	131
2.2.1 Allgemeine Gesetzmäßigkeiten der Werkstoffbildung . . . . .	131
2.2.2 Klebstoffe . . . . .	135
2.2.2.1 Physikalisch abbindende Klebstoffe . . . . .	136
2.2.2.2 Chemisch reagierende Klebstoffe . . . . .	137
2.2.3 Werkstoffe auf Vollholzbasis . . . . .	140
2.2.4 Werkstoffe auf Furnierbasis . . . . .	141
2.2.5 Werkstoffe auf Spanbasis . . . . .	143
2.2.6 Werkstoffe auf Faserbasis . . . . .	146
2.2.7 Verbundwerkstoffe . . . . .	149
2.2.8 Engineered Wood Products . . . . .	153
2.2.8.1 Furnierschichtholz (Laminated Veneer Lumber, LVL) . . . . .	154
2.2.8.2 Furnierstreifenholz (Parallel Strand Lumber – PSL) . . . . .	155
2.2.8.3 Spanstreifenholz (Laminated Strand Lumber – LSL) . . . . .	155
2.2.8.4 Scrimber . . . . .	155
2.2.8.5 Verbundsysteme . . . . .	155
2.2.9 Wood Plastic Composites (WPC) . . . . .	155
2.3 Eigenschaften von Holzwerkstoffen . . . . .	157
2.3.1 Übersicht . . . . .	157
2.3.2 Physikalische Eigenschaften . . . . .	159
2.3.2.1 Verhalten gegenüber Feuchte . . . . .	159
2.3.2.2 Rohdichte . . . . .	167
2.3.2.3 Sonstige Eigenschaften . . . . .	169
2.3.3 Elastomechanische und rheologische Eigenschaften . . . . .	176
2.3.3.1 Übersicht . . . . .	176
2.3.3.2 Kenngrößen und deren Bestimmung . . . . .	181
2.3.3.3 Rheologische Eigenschaften . . . . .	185
2.3.3.4 Festigkeitseigenschaften . . . . .	186
2.4 Technologie der Herstellung von Holzwerkstoffen . . . . .	193
2.4.1 Allgemeine Entwicklungstendenzen . . . . .	193
2.4.2 Werkstoffe auf Vollholzbasis . . . . .	194
2.4.2.1 Brettschichtholz . . . . .	194
2.4.2.2 Massivholzplatten . . . . .	196
2.4.3 Werkstoffe auf Furnierbasis (Lagenhölzer) . . . . .	199
2.4.3.1 Technologische Grundoperationen . . . . .	199
2.4.3.2 Fertigungsablauf . . . . .	203

2.4.4	Werkstoffe auf Spanbasis . . . . .	206
2.4.4.1	Technologische Grundoperationen . . . . .	206
2.4.4.2	Fertigungsablauf . . . . .	225
2.4.4.3	Spezielle Holzspanwerkstoffe . . . . .	226
2.4.5	Werkstoffe auf Faserbasis . . . . .	231
2.4.5.1	Technologische Grundoperationen . . . . .	231
2.4.5.2	Fertigungsablauf . . . . .	243
2.4.5.3	Sonderverfahren . . . . .	245
2.4.6	Verbundwerkstoffe . . . . .	245
2.4.6.1	Technologische Grundoperationen . . . . .	245
2.4.6.2	Fertigungsablauf . . . . .	248
2.5	Anlagen zur Prozesssteuerung und -überwachung . . . . .	248
2.6	Einsatzmöglichkeiten von Holzwerkstoffen . . . . .	249
	Quellen und weiterführende Literatur . . . . .	256
3	Holzbearbeitung . . . . .	260
3.1	Umformen . . . . .	260
3.1.1	Holzbiegen . . . . .	261
3.1.2	Tiefziehen von Holz und Holzwerkstoffen . . . . .	262
3.2	Oberflächen bildende Bearbeitungsverfahren . . . . .	263
3.2.1	Begriffe . . . . .	263
3.2.2	Einführung und Grundlagen . . . . .	266
3.2.2.1	Trennen ohne Schneidkeil . . . . .	266
3.2.2.2	Trennen mit Schneidkeil . . . . .	267
3.2.2.3	Kinematik und Geometrie des Spanens mit geometrisch bestimmten Schneiden . . . . .	269
3.2.2.4	Zerspanungskräfte und Zerspanungsleistung . . . . .	277
3.2.3	Baugruppen von Holzbearbeitungsmaschinen . . . . .	282
3.2.3.1	Maschinengestelle . . . . .	282
3.2.3.2	Antriebe . . . . .	285
3.2.3.3	Führungen . . . . .	291
3.2.3.4	Wellen und Lagerungen . . . . .	294
3.2.3.5	Lagemessung, Regelung . . . . .	295
3.2.3.6	Schneidwerkstoffe und Verschleiß . . . . .	297
3.2.4	Sägen . . . . .	299
3.2.4.1	Kreissägen . . . . .	299
3.2.4.2	Zerspanen . . . . .	308
3.2.4.3	Bandsägen . . . . .	311
3.2.4.4	Kettensägen . . . . .	313
3.2.4.5	Gattersägen . . . . .	314
3.2.5	Fräsen und Hobeln . . . . .	315
3.2.5.1	Planhobeln (Planfräsen) . . . . .	315
3.2.5.2	Universal- und Profilhobeln (Profilfräsen) . . . . .	319
3.2.5.3	Tischfräsen . . . . .	321

3.2.5.4	CNC-Oberfräsen	323
3.2.5.5	Kantenbearbeitungen	329
3.2.5.6	Weitere Fräsverfahren	334
3.2.6	Bohren	334
3.2.6.1	Bohrwerkzeuge	334
3.2.6.2	Bohrmaschinen	335
3.2.7	Drehen und Drechseln	338
3.2.8	Schleifen	339
3.2.8.1	Grundlagen	340
3.2.8.2	Schleifmittel	342
3.2.8.3	Maschinenkonzepte	344
3.2.9	Spanloses Trennen	350
3.2.9.1	Spalten	351
3.2.9.2	Schälen und Messern	351
3.2.9.3	Stanzen – Schneiden	353
3.3	Oberflächenbeschichtung	353
3.3.1	Oberflächenbeschichtung mit flüssigen Materialien	353
3.3.1.1	Voraussetzungen für gute Oberflächenqualität	354
3.3.1.2	Lackrohstoffe	356
3.3.1.3	Lacksysteme	360
3.3.1.4	Applikationsverfahren	362
3.3.1.5	Lacktrocknen und Härten	378
3.3.2	Beschichtung mit festen und pulverförmigen Stoffen	391
3.3.2.1	Vorbehandlungsverfahren	391
3.3.2.2	Materialien	393
3.3.2.3	Applikationsverfahren	396
3.4	Prüfung von Holz und Holzwerkstoffen	409
3.4.1	Normung und Einzelzulassung	411
3.4.2	Güteüberwachung und Kennzeichnung	412
3.4.3	Prüfung von Vollholz	412
3.4.4	Sortierung von Holz nach Tragfähigkeit	414
3.4.5	Einfluss der Umgebungsbedingungen auf die Eigenschaften und die Prüfung	418
3.4.5.1	Bestimmung der Rohdichte	418
3.4.5.2	Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes	419
3.4.6	Ermittlung mechanischer Eigenschaften von Vollholz	419
3.4.6.1	Prüfung von Oberflächeneigenschaften	420
3.4.6.2	Prüfung rheologischer Eigenschaften	422
3.4.7	Prüfung von Holzwerkstoffen	423
3.4.7.1	Zerstörende Prüfungen	423
3.4.7.2	Produktionsüberwachung bei Holzwerkstoffen	425
	Literaturverzeichnis	429
	Weiterführende Literatur	430
	Anhang	431

4 Holzvergütung . . . . .	433
4.1 Trocknung . . . . .	433
4.1.1 Schnittholztrocknung . . . . .	433
4.1.1.1 Gründe für die Holztrocknung . . . . .	433
4.1.1.2 Wechselwirkung Umgebungsklima – Gleichgewichtsfeuchte . . . . .	434
4.1.1.3 Trocknungsvorgang, Feuchtegradient und Trocknungsspannung . . . . .	434
4.1.1.4 Der Trocknungsprozess – Systematik der Trocknungsverfahren . . . . .	440
4.1.1.5 Grundzüge zur Regelung des Trocknungsprozesses . . . . .	450
4.1.1.6 Trocknungsqualität . . . . .	451
Quellen und weiterführende Literatur . . . . .	456
4.2 Holzschutz . . . . .	457
4.2.1 Einleitung . . . . .	457
4.2.2 Dauerhafte Holzanwendung . . . . .	459
4.2.3 Integrierter Holzschutz . . . . .	461
4.2.4 Holzschutzverfahren . . . . .	464
4.2.4.1 Nichtdruckverfahren . . . . .	464
4.2.4.2 Druckverfahren . . . . .	466
4.2.5 Tränkbarkeit von Holzarten . . . . .	467
4.2.6 Holzerstörung durch Pilze . . . . .	470
4.2.6.1 Einteilung der Holzpilze . . . . .	470
4.2.6.2 Feuchtebedarf . . . . .	471
4.2.6.3 Fäuleformen . . . . .	471
4.2.6.4 Hausfäulepilze . . . . .	472
4.2.6.5 Holzverfärbende Organismen . . . . .	473
4.2.7 Holzschädigende Insekten . . . . .	474
4.2.8 Chemischer Holzschutz . . . . .	476
4.3 Sonstige Vergütungsverfahren . . . . .	485
4.3.1 Wirkungsprinzipien der Holzmodifizierung . . . . .	485
4.3.2 Arten der Holzmodifizierung . . . . .	489
4.3.2.1 Thermisch-physikalische Verfahren . . . . .	489
4.3.2.2 Hydrophobierung mit Ölen und Wachsen . . . . .	490
4.3.2.3 Chemische Modifizierung der Holzzellwand . . . . .	491
4.3.2.4 In der Zellwand polymerisierbare Chemikalien . . . . .	494
4.3.2.5 Behandlung mit Siliziumverbindungen . . . . .	496
4.3.2.6 Holz-Kunststoff-Komposite . . . . .	496
Quellen und weiterführende Literatur . . . . .	497
Normen . . . . .	499
5 Holzerzeugnisse . . . . .	501
5.1 Möbel und Innenausbau . . . . .	503
5.1.1 Möbel . . . . .	503

5.1.1.1	Begriffe/Bezeichnungen . . . . .	503
5.1.1.2	Bauteilzuordnungen . . . . .	506
5.1.1.3	Systematisierung von Verbindungen . . . . .	507
5.1.1.4	Konstruktionsdetails im Möbelbau . . . . .	513
5.1.2	Innenausbau . . . . .	525
5.1.2.1	Begriffe/Bezeichnungen . . . . .	526
5.1.2.2	Allgemeines zu Schutzmaßnahmen im Innen- ausbau . . . . .	528
5.1.2.3	Konstruktionen im Innenausbau . . . . .	530
5.2	Bauelemente . . . . .	534
5.2.1	Maß- und Modulordnung . . . . .	535
5.2.2	Türen . . . . .	537
5.2.2.1	Begriffe/Bezeichnungen . . . . .	537
5.2.2.2	Konstruktionsdetails . . . . .	539
5.2.3	Fenster . . . . .	540
5.2.3.1	Begriffe/Bezeichnungen . . . . .	540
5.2.3.2	Konstruktionsdetails . . . . .	542
5.3	Sonstige Erzeugnisse aus Holz . . . . .	544
	Weiterführende Literatur . . . . .	544
	Sachwortverzeichnis . . . . .	547