

DIE SUBSTANZ DER RÄUME

Bilder am Cover:

1a: *Markt der Zukunft*, Kunsthaus Graz, 2020; 1b: *100 × Steiermark*, Museum für Geschichte, Graz, 2017; 1c: Innenhof des Ca' d'Oro, Venedig, 15. Jh.; 1d: Pavillon der Serpentine Gallery, London, 2015; 1e: *Steiermark Schau*, Kunsthaus Graz, 2021; 1f: *Banc d'essai*, Cité du design, Saint-Étienne, 2022; 1g: Maider López, Biennale di Venezia, 2005

FH JOANNEUM (Hrsg.)
Erika Thümmel

DIE SUBSTANZ DER RÄUME

Material in der Szenografie

Birkhäuser
Basel

INHALT

Intro – 8

Papier – 14

Büttenpapiere – 17

Heutiges Maschinenpapier – 20

Rohstoffe für die Papiererzeugung – 25

Einige wichtige und bekannte Industripapiersorten – 29

Das Kaschieren von Papier – 36

Anwendungsbeispiel Papier – 38

Holz – 40

Einige wichtige Holzarten – 46

Massivholz – 51

Plattenwerkstoffe – 52

Sperrholz – 53

Schichtholz, Spanplatten – 56

Faserplatten – 59

Anwendungsbeispiel Holz – 62

Textilien – 64

Natürliche Textilien – 69

Hanf – 69

Leinen – 70

Baumwolle – 71

Seide, Wolle – 73

Kunstfasern – 74

Viskose – 74

Polyacryl, Polyamid – 75

Polyester – 76

Weitere Gewebe aus Kunststoffen – 78

Textildruck – 79

Anwendungsbeispiel Textil – 80

Kunststoffe – 82

Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere – 84

Historische Kunststoffe – 87

Kunststoff heute – Thermoplaste – 89

Acrylglas – 89

Polycarbonat – 93

Polyolefine, Polyethylen – 94

Polypropylen, Polyvinylchlorid – 96

Polystyrol – 100

- Acrylnitril-Butadien-Styrol – 101
- Polyethylenterephthalat – 102
- Neuere Entwicklungen – 104
- Kunststoff heute – Duroplaste – 105
 - Polyurethan – 105
 - Epoxidharz, Silikon – 106
 - Ungesättigtes Polyester, Polyisocyanurat – 107
- Biobasierte Kunststoffe – 108
- Recycling – 112
 - 3D-Druck – 114
 - Akustikpaneele – 115
- Anwendungsbeispiel Kunststoff – 116

Metalle – 118

- Die metallischen Eigenschaften – 119
- Einige häufig verwendete Metalle – 123
 - Gold – 124
 - Kupfer – 125
 - Silber, Titan – 126
 - Eisen/Stahl – 127
 - Blei, Zinn – 130
 - Zink, Chrom – 131
 - Aluminium – 132
 - Magnesium – 133
- Legierungen – 134
- Anwendungsbeispiel Metall – 136

Flachglas – 138

- Sicherheitsgläser – 142
- Spiegelungen – 143
- Unterschied Glas/Acrylglas – 146
- Spezialgläser – 148
- Anwendungsbeispiel Glas – 152

Stein – 154

- Gesteinskunde – 155
- Einige wichtige Natursteine – 157
 - Granit – 157
 - Sandstein – 158
 - Marmor, Kalkstein – 159
 - Travertin, Schiefer, Gneis – 160
 - Graphit, Asbest – 161
- Mineralische Baustoffe – 162
 - Gebrannter Kalk – 162
 - Beton – 162
 - Keramik – 166

Gips – 168

Terrazzo – 169

Anwendungsbeispiel mineralische Werkstoffe – 170

Verbundmaterialien – 172

Aluminium-Verbundplatten – 173

Leichtstoffplatten, Schaumplatten – 174

Wabenkarton – 176

Laminate – 177

Andere Verbundwerkstoffe – 178

Wackelbilder – 180

Farbe – 182

Lab-Farbraum – 184

RAL-Farbtonnorm und Lackierungen – 186

CMYK-Farbmodell und Vierfarbdruck – 188

Pantone Matching System – 189

Pigmente – exemplarisch Blau – 190

Montagetechnik – 194

Mechanische Befestigungen – 197

Klebungen – 202

Magnete – 213

Brandschutz – 216

Schadstoffbelastung im Museum – 224

Nachhaltigkeit im Ausstellungsbau – 230

Zeitschnitt – 240

1500. Gedickeenes gotisches Handwerk – 240

1700. Pracht der barocken Szenografie – 242

1880. Bürgerlicher Historismus – 244

1920. Aufbruch in die Moderne – 246

1960. Neue Materialien erobern den Markt – 248

1990. Publikumswirksame Großausstellungen – 250

Anhang

Glossar Verarbeitungstechnik – 252

Datenbank Materialien – 256

Literatur – 257

Bildnachweis – 258



2: Exakte Maße und definierte Farben als Grundlage jeglicher Gestaltung,
Maider López, Biennale di Venezia, 2005

INTRO

Räumliche Vermittlungsstrategien

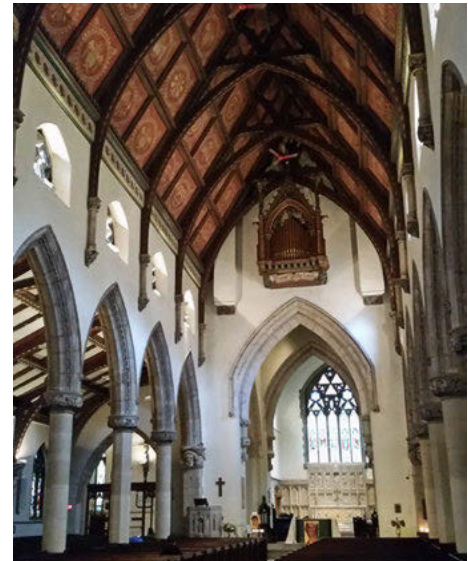
Raum wird in diesem Kontext begriffen als der mit allen Sinnen erfassbare reale 3D-Raum des Erlebens – mit seinem besonderen Klang, Geruch, der spezifischen Materialität und seiner Lichtstimmung. Noch konkreter geht es um kommunizierende Räume, wie Museums- oder Ausstellungsräume, Repräsentationsräume oder Shops es sind, die mit den Mitteln der Gestaltung implizit oder explizit Informationen vermitteln. Das Gestalten von Räumen, die etwas erzählen, steckt so tief in uns Menschen wie Musik und bildende Kunst. Schon ein Kind reiht die gefundenen Muscheln sorgfältig auf und zeigt sie. Zumindest seit dem Neolithikum hat der Mensch gesammelt, seinen Mitmenschen Dinge präsentiert und Geschichten dazu erzählt. Und das tun wir bis heute: vom Museum und der Erlebniswelt bis zur Firmenpräsentation oder dem Schaufenster.

Das Bedürfnis nach dem Haptischen und dem Erleben eines Realraumes steht dabei nicht im Gegensatz zu virtuellen oder augmentierten Räumen. Vielmehr behauptet es gerade auch in Zeiten der digitalen Vermittlung von Inhalten seinen Stellenwert. Einer der Gründe dafür ist, dass Erinnerungen sehr stark mit Orten verknüpft sind und sich dadurch weit nachhaltiger im Gedächtnis verankern als am Computer abgerufene Informationen. Diese Verankerung hat auch mit dem multisensorischen Erfahren besonderer Orte zu tun, handelt es sich doch bei Ausstellungen meist um außergewöhnliche und oft sehr präzise und aufwendig gestaltete Räume. Ebenso wichtig ist es, Dinge im Original nicht nur sehen, sondern erfassen zu können und eine Veranstaltung oder einen Ausstellungsbesuch gemeinsam mit FreundInnen oder Familie zu erleben.

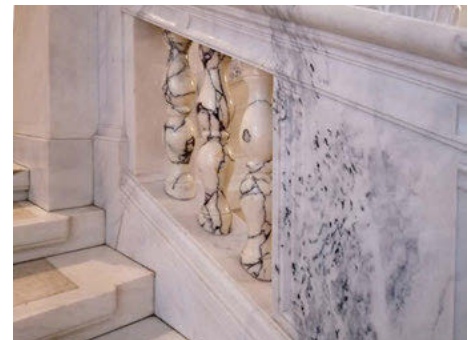
Was unterscheidet nun aber die Szenografie kommunizierender Räume von der Szenografie für Film oder Theater? Man kann sich die Räume in genau der Geschwindigkeit erschließen, in der man möchte, man hat die Möglichkeit zu beschleunigen oder lange zu verharren. Ja, man kann sogar zurückgehen, um etwas noch einmal anzusehen. In dieser freien Wegwahl lassen sich Dinge auch von der Seite betrachten oder man erhascht vielleicht sogar einen Blick hinter die Kulissen. Man kann näher herantreten oder etwas von Weitem auf sich wirken lassen. Es ermöglicht Zusammenschau und Gegenüberstellung, zeitlichen Erzählfluss und Hineinzoomen in Details. Dadurch wird vergleichsweise mehr Freiheit zugelassen – auch die der Distanz. Ist man sich der inspirierenden Praktiken räumlicher Vermittlungsstrategien bewusst, erkennt man, dass nicht alles – aber doch einiges – nur durch das Arrangement und ohne Worte kommuniziert werden kann, und man wird feststellen, dass auch die Materialwahl Teil der Kommunikation ist. Ulrich Binder verweist in diesem Zusammenhang auf die „Trägheit symbolischer Aufladungen“, bei der „sich gesellschaftliche Werte und Bedeutungen über die Jahrzehnte im Material angereichert haben“. (Binder, S. 151)



3: Verwirrende Durchblicke und Spiegelungen im Foyer des Torre von OMA, Fondazione Prada, Mailand



4: Einem umgedrehten Schiffsrumpf ähnliche schwere Balkendecke aus Holz in einem Kirchenschiff, *St. James the Apostle*, Montreal



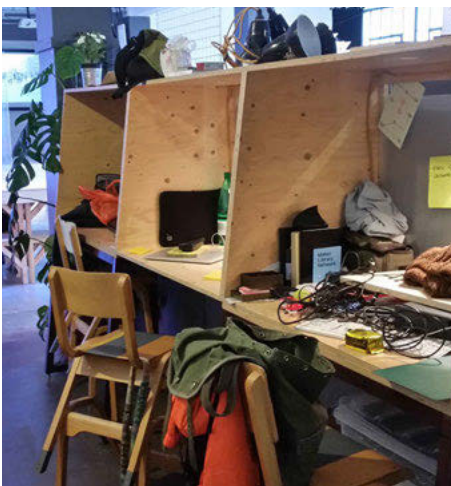
5: Prunkvoller historischer Treppenaufgang aus unterschiedlichen Marmorsorten, Weltmuseum Wien



6: Originelle und preisgünstige Maßnahme der Schallreduktion mit Pyramiden-Schaumgummi auf schräg abgehängten alten Holzbrettern



7: Repair Manifest, London, 2015



8: Die neue Lust am praktischen Tun führte weltweit zur Gründung kleinerer und größerer Maker Spaces.

Die Wahl der Materialien

Materialität bedeutet Schwere oder Leichtigkeit, Dauerhaftigkeit oder ephemere Erscheinung, Unverrückbarkeit oder Mobilität, Härte oder Nachgiebigkeit, hohe Empfindlichkeit oder Robustheit. Gernot Böhme weist darauf hin, dass in den ästhetischen Theorien die Materialität oft „übersehen“ wird und die Frage nach der Schönheit als Frage nach der Form definiert wird. (Böhme, S. 52) Nach Ulrich Binder sei dem synästhetischen Charakter der Materialität entsprechend, in der Suche nach Bewertungsmöglichkeiten „einem unmittelbar urteilenden Empfinden doch der Vorrang zu geben (...) gegenüber einer argumentativen Darlegung“. (Binder, S. 148) „Auf diese Wahrnehmung eingestellt, tritt alles, was die Form (einer Fassade) bestimmt, Maßverhältnisse, Rhythmisierungen und Ornamente, zurück zugunsten einer Anmutung der Materialien, die, wenn auch sprachlich schlecht erschlossen, sehr präzise empfunden werden kann.“ (Binder, S. 150)

Bis vor wenigen Jahren gab es keine spezifische Ausbildung für AusstellungsdesignerInnen und die GestalterInnen kamen aus benachbarten Berufen wie Architektur, Bühnenbild, Grafik, Geisteswissenschaften, Restaurierung, Kunst etc. Folgerichtig gibt es zahlreiche Publikationen über Materialien in Kunst, Architektur und Produktdesign, und selbst aktuelle Materialdatenbanken gehen mehr auf deren Bedarf ein als auf jenen des Informationsdesigns und Ausstellungsbaus. Als seit zwanzig Jahren in diesem Bereich Lehrende an der FH Joanneum in Graz konnte ich daher auf kein spezifisches Materialhandbuch zurückgreifen, sondern begann zu recherchieren und Skripten für den Unterricht zusammenzustellen. Nach der 2021 veröffentlichten Publikation *Die Sprache der Räume* über die Geschichte der Ausstellungsszenografie soll dieser Band ergänzend materielle Aspekte dieses Bereichs beleuchten.

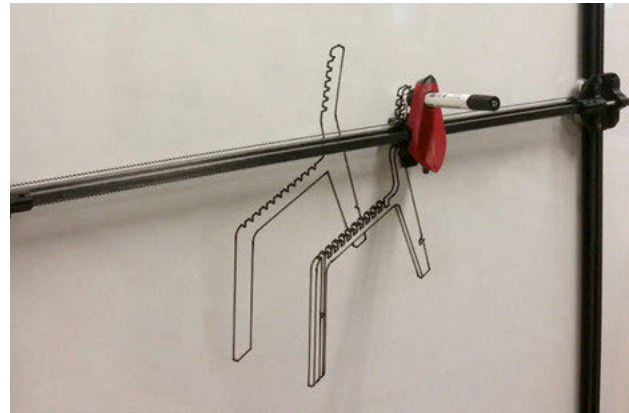
In der vorliegenden knappen Zusammenstellung werden gebräuchliche Materialien für gestalterische Zwecke in übersichtlicher Systematik vorgestellt und unter folgenden Gesichtspunkten betrachtet:

- **Geschichtliches:** Seit wann ist welches Material im Einsatz, wie wurde es hergestellt und für welche Zeit ist es geradezu charakteristisch?
- **Chemische Zusammensetzung:** Nicht Formeln stehen dabei im Mittelpunkt, sondern materialimmanente Eigenschaften und Zusammenhänge in Hinblick auf das Begreifen eines Werkstoffs. Dazu zählen die Brennbarkeit und chemische Eigenschaften als Ursache von Veränderungen durch Umwelteinflüsse. Das können die Verätzungen durch ausgeschütteten Wein an einer Theke aus Marmor sein oder das photochemische Vergilben von Papier.
- **Mechanische und physikalische Eigenschaften:** Härte, Elastizität, Dehnungskoeffizient, Dichte, Erweichungs- und Schmelztemperatur etc. sind wichtig für die richtige Anwendung. Sie sind berechenbar und Grundlage spezifischer Be- und Verarbeitungsmöglichkeiten.
- **Akustische Eigenschaften** als wichtige Parameter des Raumerlebens

- **Elektrische Eigenschaften:** Welche Materialien isolieren, welche sind leitfähig oder neigen dazu, sich elektrostatisch aufzuladen?
- **Klimatechnische und thermische Eigenschaften:** Sind Materialien wärmedämmend oder gut wärmeleitend, stabilisieren sie die Luftfeuchtigkeit eines Raumes oder sind sie anfällig für Klimaschäden?
- **Haltbarkeit** und Tauglichkeit für Außen- oder Innenanwendungen
- **Preis:** Ausstellungen sind ephemere Produkte, das Budget ist daher meist kleiner als bei einer dauerhaften Investition.
- **Gewicht** in Hinblick auf Handling, Transportkosten und Statik
- **Ökologische Aspekte:** Abbaubarkeit, Demontage- und Recyclingmöglichkeit, Entsorgung, CO₂-Fußabdruck etc. spielen zu Recht bei gestalterischen Entscheidungen eine immer wichtigere Rolle.
- **Narrativ:** Wie ist ein Material konnotiert und welches Narrativ begleitet es? Was bestimmt den repräsentativen Charakter hochwertiger Materialien und die Raffinesse aufwendiger handwerklicher Verarbeitung.

Versteht man ein Material unter diesen Aspekten, so erschließen sich dessen Anwendungsmöglichkeiten; zahlreiche Bildbeispiele vermitteln, was bereits umgesetzt wurde. Einige gebräuchliche Verarbeitungstechniken sind mit * markiert und im Glossar kurz beschrieben. Dient diese Zusammenstellung dazu, Entscheidungsgrundlagen zu schaffen, und regt sie die Fantasie zu neuen Lösungswegen an, dann ist das Ziel erreicht.

Die Gestaltung einer Präsentation bedeutet, sehr **widersprüchlicher Anforderungenerfüllen zu müssen**. Es ist wie in vielen Bereichen des Designs: Ein Stuhl muss gut aussehen und bequem sein und strapazierfähig und, und, und ... Ist nur eine der Anforderungen nicht erfüllt, wurde die Aufgabe nicht zufriedenstellend gelöst. Adäquate Lösungen berücksichtigen die häufig sehr komplexen Rahmenbedingungen, nützen aber auch gezielt die **Ausstrahlung eines Materials**: Wofür steht Holz, wofür Edelstahl, Messing oder Samt? Dabei kommt es auf subtile Nuancen an: Eiche wirkt anders als Birke, eine lackierte Fläche anders als eine rohe oder polierte. Auch Details der Lichtbrechung sind zu berücksichtigen: Soll eine Oberfläche hochglänzend sein, matt oder soll durch spezielle Beschichtungen Tiefenlicht entstehen? Moden ändern sich, Bedeutungen verschieben sich, manche Materialien stehen



9: Analog-digitale Technologie einer Zeichenmaschine



10: Eine neu erwachte Lust am Handwerklichen führt zur Wiederbelebung historischer Techniken, wie hier Designerinnen in einer Siebdruckwerkstatt zeigen.

für eine gewisse Zeit, eine Kultur, ein Sozietop. Hartwig Schneider und Uwe Schröder führen in *Positionen zur Bedeutung des Materials in der Architektur* dazu aus: „Die synästhetische Wahrnehmung architektonischer Räumlichkeit ist gleichwohl nicht von der kulturellen und gesellschaftlichen Anerkennung sich wandelnder Materialidentitäten zu trennen.“ (Schneider/Schröder, S. 8)

Zugleich müssen bei öffentlich zugänglichen Veranstaltungen zahlreiche Auflagen betreffend **Sicherheit, Brandschutz, Verletzungsgefahr** und barrierefreier Erschließung erfüllt werden. Das schränkt Materialwahl und Gestaltung ein und muss von Anfang an mitbedacht werden. Werden wertvolle Leihgaben gezeigt, kommen **konservatorische Auflagen** dazu. Sie betreffen die Gefahr von mechanischen Beschädigungen, Diebstahl, Staubablagerungen, schwankendem Raumklima,



11: Dünne Melaminplatten als Verkleidung eines Podests anstelle von schwerem Stein



12: Schaffung eines weitläufigen Illusionsraums mit den Mitteln der Szenografie in barocken Deckenfresken: Joseph Adam von Mölk, Basilika Rein, 1766



13: Insektenteilen in einer Glaskuppel: Cybug, Anna Werzowa, München, 2014

Lichtschäden und chemischen Ausdünstungen mancher Materialien. BesucherInnen tragen Straßenstaub in den Ausstellungsraum, technische Geräte können ausfallen. Bei der Planung müssen daher auch die **Wartung** und **Reparatur** sowie die **Reinigungsmöglichkeit** von Oberflächen bedacht werden. Nur so kann einer unschöne Alterung, Verunreinigung, großem Aufwand bei Wartungsarbeiten und mangelhaften Montagen vorgebeugt werden.

Was definiert den Raum?

Im Ausstellungswesen wird Raum nicht in erster Linie mathematisch oder physikalisch definiert bzw. als geometrische Konstruktion einer 3D-Visualisierung verstanden, sondern als Erlebnisraum für Menschen. Wie dieser wahrgenommen wird, ist individuell verschieden. Auch können sich Sinneswahrnehmungen mit Alter, Erfahrung und Verfassung ändern.

- **Visueller Reiz:** Eine zentrale Rolle bei der Raumrezeption spielen Reflexion, Adsorption und Transmission von Licht an Materialoberflächen – mit anderen Worten das Sehen. Besonders auffallend wird die unterschiedliche Erfahrung visueller Reize in Gestaltungen für Menschen mit diesbezüglichen Einschränkungen.
- **Schall:** Wie wirken sich Materialien und Formen auf die Ausbreitung von Schall und somit das Klangerleben aus? Unbewusst wahrgenommen wird ein Raum immer auch über dessen spezifische Akustik.
- **Taktiler Reiz:** Füße, Hände und das Gesäß erfassen intuitiv Oberflächentexturen und -temperaturen. Die elektrostatische Aufladung mancher Materialien überträgt sich auf die BesucherInnen.
- **Geruch:** Bewusst eingesetzte Beduftungen, unbeabsichtigte chemische Ausdünstungen von Lacken oder Klebern sowie manchmal mangelhafte Lüftungsmöglichkeiten bestimmen, ob wir uns in einem Raum wohlfühlen und gerne verweilen.
- **Geschmack:** Über Verkostungen spielt der Geschmack in Ausstellungen manchmal, aber nicht immer eine Rolle. Der Geschmack vieler Materialien ist uns jedoch seit Kleinkindesalter bekannt.

In der Szenografie ist auch die Frage relevant, ob eine Imitation eines Materials zielführend ist, und dabei spielt eine Rolle, in welcher Betrachtungsdistanz Dinge wahrgenommen werden. Der gewollte Effekt eines Fakes als Stilmittel kann erwünscht sein. Folierter Pressspan ist auch original, aber eben nicht original Holz. Der Unterschied zwischen einer massiven Steinplatte und dünn ummanteltem Beton wird in den unterschiedlichen Kosten zu suchen und an dessen Kanten rasch erkennbar sein.

Immer wieder müssen die Grenzen des Möglichen neu ausgelotet werden. Das stetige Experimentieren und Erweitern des Spektrums birgt Herausforderungen für GestalterInnen und Abwechslung für BesucherInnen. Um dabei die Gefahr des Scheiterns zu minimieren, sind maßstabgetreue Zeichnungen, Arbeitsmodelle, Mock-ups, Materialmuster und

Prototypen empfehlenswert. Prämissen für die Umsetzung sind genaues Denken in Hinblick auf technische Details der Konstruktion, Verbindungen/Fügetechnik, Statik, Handling, Gewicht und verfügbare Maße. Wesentlich ist die Frage, ob die gestalterischen Lösungen durch Gewerke und ProfessionistInnen angeboten werden (können), selbst gemacht werden müssen oder bestehende Industrieprodukte (um-)genutzt werden können. Ausstellungen sind fast immer symphonische Werke und entstehen als Resultat einer teamorientierten Gruppenarbeit. Gibt es dabei klar formulierte Schnittstellen und Entscheidungsstrukturen, wird dies bereichernd sein und der Rat der SpezialistInnen Berücksichtigung finden.

Persönlicher Zugang

Die intensive Beschäftigung mit Materialien hat meinen Blick auf die Welt verändert. Es ist ein von Neugier getriebener Versuch, sie zu verstehen und damit auch viele kulturelle Leistungen. Wie stark hat doch die Verfügbarkeit gewisser Materialien unser Leben bestimmt, und wie stark haben neue Rohstoffe und die mit ihnen einhergehenden Technologien das Antlitz der Erde geprägt! Materialien haben wirkmächtig das Repertoire an Formen, an Moden und an Narrativen bestimmt.

Die Zusammenstellung versucht einen Bereich zwischen der Tiefe wissenschaftlicher Grundlagenforschung und der Oberflächlichkeit von Marketingversprechungen und weitverbreitetem Greenwashing abzudecken. Zunehmend kommunizieren Produzenten nicht mehr die Bestandteile eines Produkts, sondern werben damit, was nicht (mehr) enthalten ist. Argumentiert wird dies oft mit Betriebsgeheimnissen. In jedem Fall wurde es in den vergangenen Jahren zunehmend schwieriger, Detailinformationen zu vielen weitverbreiteten Materialien zu finden. Eine weitere Herausforderung beim Erstellen dieser Publikation bestand darin, dass aktuelle Materialforschung, wie die Grundlagenforschung an Nanostrukturen oder neuen Kunststoffen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, derzeit intensiv vorangetrieben wird. Zahlreiche neue Materialien ersetzen bisher verwendete und manches ist plötzlich nicht mehr verfügbar.

Die vorliegende Publikation ist ein Versuch, wesentliche Informationen auf eine konsumierbare Kürze zu komprimieren sowie das für diesen Bereich Wichtige darzustellen. Auch habe ich festgestellt, dass über viele scheinbar banale Tätigkeiten wenig Wissen vorhanden ist, und beantwortete ich auch so simple Fragen wie jene, mit welchem Nagel



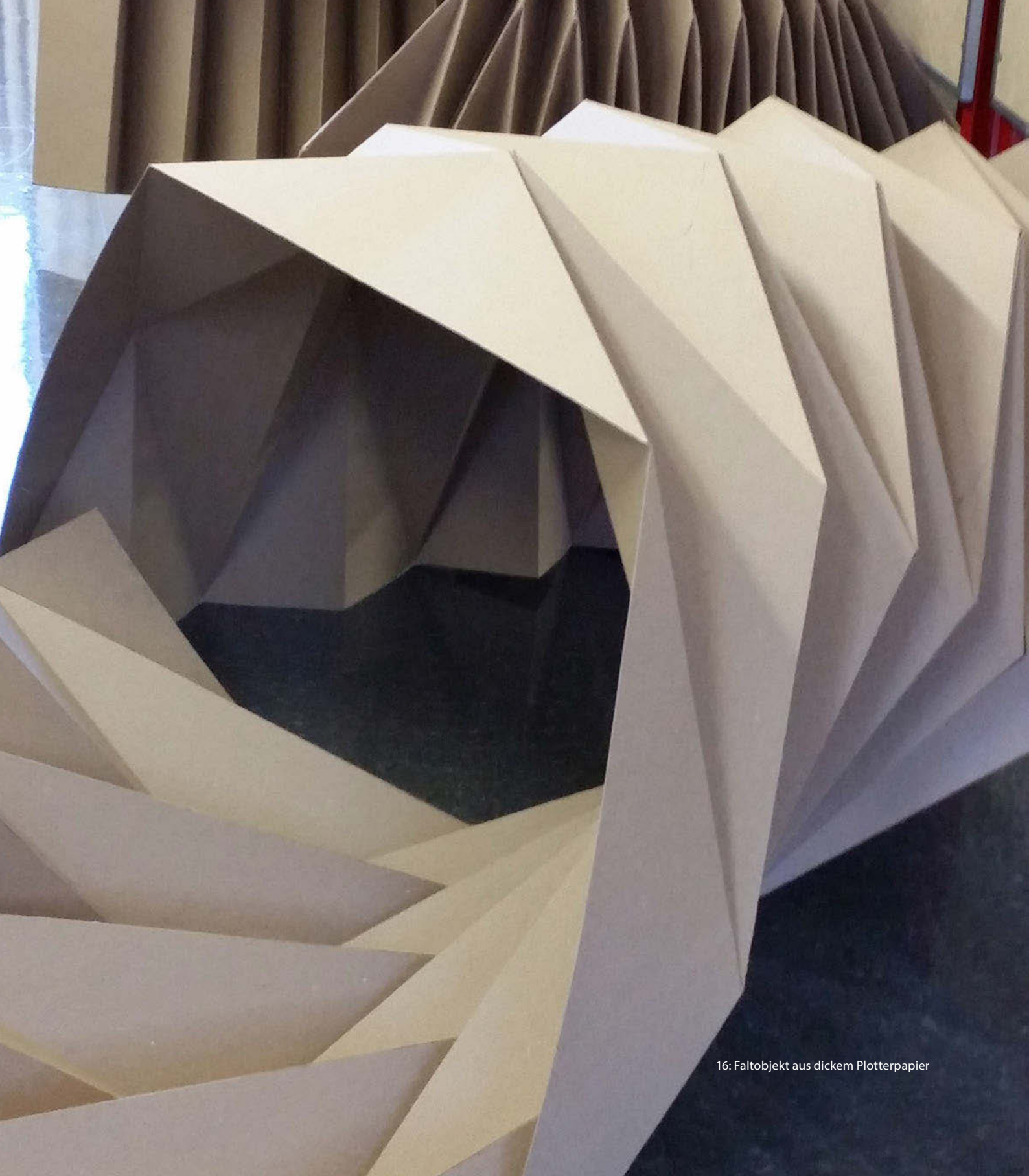
14: Lebensgroßes Habitat-Diorama, Museo di Storia Naturale, Mailand



15: Wunderkammer Pachinger, Nordico Stadtmuseum, Linz, 2020

ein Bild aufzuhängen ist. Für jene Bereiche, in denen man mit etwas Geschick und ohne große Werkstattausrüstung selbst Hand anlegen kann, werden passend zu den Materialien kurze handwerkliche Anleitungen gegeben. Denn über FabLabs und Maker Spaces ist eine Bewegung zurück zur Freude am Selbermachen beobachtbar. Für jene Technologien, die nur durch entsprechende ProfessionistInnen ausgeführt werden können, wird im Glossar ein kleiner Einblick in die jeweilige Fachterminologie gegeben.

Mein besonderer Dank gilt jenen Personen, die mich mit fachlichem Rat unterstützten: Moritz Thümmel, Sergio Ramirez, Hans Gamperl, Carl Maria Stepan, Christine Liebmann, Herms Fritz und Sigrid Bürstmayr.



16: Faltojekt aus dickem Plotterpapier

PAPIER

Historisches

„Die Existenz des Papiers haben wir wohl der Flüchtigkeit des gesprochenen Wortes zu verdanken.“ (Modulor)

Namensgebend war der erste Beschreibstoff **Papyrus**, das aus dem Mark der im Nildelta weitverbreiteten Papyruspflanze hergestellt wurde. Es wurde zu Beginn des zweiten Jahrtausends v. Chr. in Ägypten erfunden. Aus dem Mark der grünen, meterhohen und oft armdicken Papyrus-Stängel wurden dünne Streifen geschnitten. Diese legte man parallel nebeneinander und rechtwinkelig darüber eine zweite Schicht. Das so gebildete Blatt von ca. 35 cm Breite und 45 cm Länge wurde anschließend mit einem Holzschlegel geklopft und dann gepresst. Der dabei austretende, stärkehaltige Pflanzensaft verklebte die Streifen beim Trocknen zu einem festen, aber elastischen Gefüge. Durch das Aneinanderkleben der Blätter entstand eine Rolle, die so stabil war, dass sie nicht nur zum Schreiben und Malen benutzt wurde, sondern auch zum Einwickeln von Mumien, als Bekleidungsmaterial und sogar für den Bau von leichten Booten. Papyrus hat eine raue Oberfläche, ist sehr dauerhaft und reißfest. Es hat eine charakteristische Streifigkeit, die Farbe variiert zwischen hellem Gelb und Braun.

Pergament

Die Bedeutung des Papyrus endete mit dem Ende der Antike. Um die Zeitenwende wurde es von **Pergament** abgelöst. Pergament, d.h. die gegerbte Haut von Ziegen, Kälbern oder Schafen, ist zwar ein Beschreibstoff, im technischen Sinne aber kein Papier. Nicht nur das händische Schreiben und Illustrieren in klösterlichen Schreibstuben, sondern auch das Material war sehr teuer und machte daher Bücher zu äußerst wertvollen Luxusgegenständen. Das Sprichwort „Das geht auf keine Kuhhaut!“ nimmt Bezug auf die große Menge an benötigten Häuten, obwohl die der Rinder nicht als Beschreibstoff dienten, sondern eher als Einband.

Den sparsamen Umgang mit dem teuren Beschreibstoff Pergament, aber auch Papyrus dokumentieren die **Palimpseste**, d.h. Manuskriptseiten oder -rollen, die nach dem Beschreiben durch Abschaben oder Waschen gereinigt und danach neu beschrieben wurden. Auch chemische Tintenkiller wie Zitronensäure waren bereits sehr früh bekannt. Spuren der originalen Texte haben sich jedoch oft in das Material eingeschrieben und können mittels Fluoreszenz fotografie, Gallapfeltinktur oder Röntgenstrahlen wieder sichtbar gemacht werden. Viele antike und mittelalterliche Texte sind nur als derartige Schriften hinter der Schrift erhalten, und dies sehr lückenhaft.

Papier

Papier im heutigen Sinne, d.h. hergestellt aus einem getrockneten Faserbrei, ist eine Erfindung der **Chinesen** um 200 v. Chr. Zuerst wurden



17: Papyruspflanzen mit langen Stängeln wachsen in sumpfigen Gebieten wie am Nil.



18: Erkennbar aus kreuzweise verklebten Stängeln gefertigter Papyrus als früher Beschreibstoff



19: Herstellung von Pergament durch das Abschaben von aufgespannten Tierhäuten



20: Auf wertvollem Pergament handgeschriebene Bibel (= Manuskript) mit Miniaturen, 1357



21: Mit dem Aufkommen des Holzschnitts im 15. Jh. stand eine erste Vervielfältigungstechnik zur Verfügung.



22: Früher Buchdruck: Lutherbibel, Evangelisches Diözesanmuseum, Bad Radkersburg, 1521

als Rohstoff unbrauchbare Kokonreste der Seidenherstellung und für die Textilherstellung gebräuchliche Hanffasern verwendet bzw. Alttextilien auch aus Baumwolle. Dieses *handgeschöpfte* Papier zeichnete sich durch geringes Gewicht und hohe Festigkeit aus.

In Japan wird Papier seit dem 7. Jh. n. Chr. hergestellt. Es ist ein äußerst geschmeidiges und reißfestes Papier, das bis heute zu 90 % aus der inneren Rinde (dem Bast) des Maulbeerbaums hergestellt wird. Dieses sogenannte **Japanpapier** wird in Bambussieben geschöpft, ist sehr langfasrig und auf eine spezielle Art geleimt.

Über die Seidenstraße kam Papier in den Nahen Osten und später nach Europa. Im 8. Jh. wurde es in **Bagdad** erstmals gewerblich produziert. Die ersten Fabriken für Kanzleipapier entstanden. Berühmt wurde seit dem 10. Jh. das Papier aus **Damaskus**, die *carta damascena*, die nach Byzanz, Palermo, Venedig und Genua exportiert wurde. Auch die *carta turca* und das zart getönte Velin – hergestellt in Kairo und Marokko – blieben in Mitteleuropa Importartikel.

Erst in der Folge der Kreuzzüge, der Eroberung Nordafrikas und dem darauf folgende Eindringen der Mauren nach Europa brachten die Araber im 12. und 13. Jh. das Wissen um die Papierherstellung aus **Textilabfällen** nach Europa. Die erste Produktion erfolgte daher in Spanien. Die älteste – und bis heute sehr bekannte – Papierproduktion in Italien entstand 1276 in **Fabriano**. 1318 kam es zur ersten urkundlich genannten Papierherstellung in Deutschland, etwa gleichzeitig in Frankreich. In Österreich wurde ab 1351 in Lesdorf bei Baden Papier hergestellt.

In Europa dienten als Rohstoff vorsortierte und zerstoßene Leinenlumpen (Hadern). Schon damals hatte die Papierherstellung erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt und die AnwohnerInnen wehrten sich gegen die Errichtung von Papierfabriken, gingen doch ein hoher Wasserverbrauch und die Verschmutzung der Flüsse damit einher. Das auf diese Weise hergestellte Papier hatte eine raue Oberfläche und damit es beschrieben werden konnte und die Tinte nicht verlief, musste es geleimt werden. Dies geschah bei den Arabern durch Stärke (Kleister), in Europa durch aus Hufen, Hörnern und Fellen hergestellte Gelatine (siehe Klebungen, S. 202 ff.). Dazu wurde das Papier durch den heißen Leim gezogen und neuerlich getrocknet, gepresst und geglättet. Im 15. Jh. kam die Spindelpresse zum Glätten des Papiers auf.

Mit der Erfindung des **Buchdrucks** mit beweglichen Lettern durch Johannes Gutenberg (1400–1468) stieg der Bedarf an Papier sprunghaft an und es zeigte sich, dass, im Unterschied zum Beschreiben, für den Druck ungeleimte oder wenig geleimte Papiere besser geeignet sind. Der nun rasch zunehmende Bedarf an Papier ließ sich nicht mehr durch gebrauchte Textilien decken und führte im 17. Jh. zu einem weiteren Entwicklungsschritt: An die Stelle der Hadern traten Schritt um Schritt **Holzstoff** und aus Holz hergestellter Zellstoff. Vermehrt wurde auch die Rückgewinnung der Fasern aus Altpapier vorangetrieben.

Wie die meisten handwerklichen Verfahren wurde auch die Papierherstellung ab Mitte des 18. Jhs. und insbesondere im 19. und 20. Jh. mehr und mehr mechanisiert und industrialisiert. So wurde 1750 in den Niederlanden eine Maschine zum Zerreißen der Lumpen entwickelt (der sogenannte *Holländer*) und 1798 die erste **Papiermaschine** gebaut, die Papier in langen Bahnen produzierte.

Die grundlegende Veränderung war aber, dass ab 1840 **Baumstämme** zu fasrigem Papierbrei vermahlen wurden und damit das Rohstoffproblem gelöst war. In einem weiteren Entwicklungsschritt wurden die Holzfasern durch Schwefelsäure aufgeschlossen. Ab 1882 und bis zur Mitte des 20. Jh. blieb die Papierpulpherstellung dann nahezu unverändert. Die in dieser Zeit entstandenen Produkte aus Papier (Bücher etc.) neigen sehr stark zu Vergilben und Übersäuerung. Sie sind von besonderer Empfindlichkeit bzw. müssen in großem Maßstab entsäuert werden, will man sie für künftige Generationen erhalten.

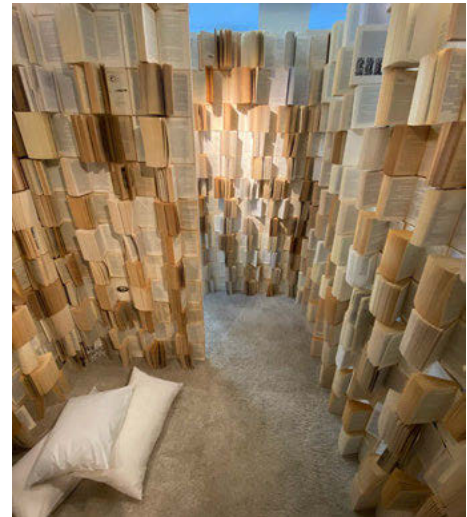
Die **gegenwärtige Papierherstellung** ist einerseits durch die Verwendung neuer Rohstoffe, andererseits durch den Einsatz veränderter Produktionsverfahren gekennzeichnet. Die vormals handwerkliche Fertigung ist heute nur noch bei der Herstellung von Spezialpapieren wie Hadern- oder Japanpapier üblich. Die immer kapitalintensiveren neuen Technologien bewirkten eine Konzentration der industriellen Papierherstellung auf immer weniger Großkonzerne. Als durchaus problematisch ist auch der immens hohe Energiebedarf für die Papierherstellung einzustufen. Hinsichtlich des Erdgasverbrauches in der Industrie Österreichs werden für Papier und Druck 21 % benötigt, für Chemie und Petrochemie 17 %, für die Baustoff- und Glasproduktion 13 % und die Nahrungs- und Genussmittelproduktion 11 % (Profil, 13. 3. 2022).

Gestalterisch wird Papier nicht nur als Beschreibstoff verwendet, sondern immer öfter als raumbildendes Element. Leichtes, flüchtig wirkendes Papier steht dann beispielsweise im Gegensatz zu unverrückbar jahrhundertlang haltbarem Beton.

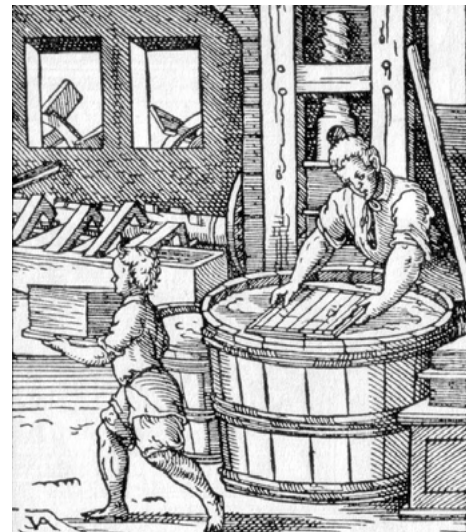
Büttenpapiere

Herstellungsverfahren

Für die Produktion von Büttenpapier werden die Fasern (welchen Ursprungs auch immer) in Wasser eingeweicht, zerstampft und zu Brei vermahlen. Diese Pulpe (Faserbrei) wird mit einem siebespannten Rahmen (meist Bronzegitter), eventuell versehen mit dem Herstellerzeichen (Wasserzeichen), aus der Bütte (einem Holztrog) herausgeschöpft und durch Schütteln gleichmäßig verteilt und verfilzt. Nach dem Abtropfen wird abgautscht, d. h. üblicherweise zwischen Lagen von Wollfilz das Wasser herausgepresst. Der so entstehende hohe Papier-Filz-Stoß wird anschließend an der Luft oder in Darren getrocknet. Jeder Bogen wird einzeln gefertigt, geleimt und ausgereift. Gutes Papier braucht bis zu drei Monate zum Reifen.



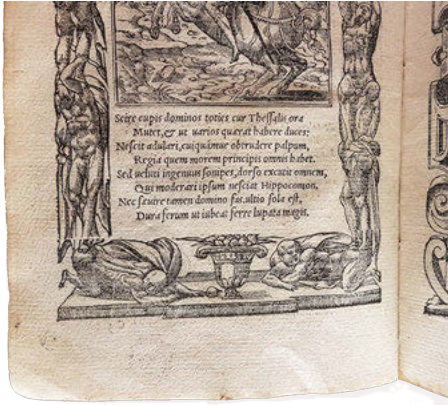
23: Leseraum, gestaltet aus entsorgten Büchern, im 20. Jh. eine günstig erhältliche Massenware: +raum, Graz, 2021



24: Das Schöpfen von Papier aus dem Bottich (Bütte), im Hintergrund eine Gautschpresse zum Herauspressen des überschüssigen Wassers



25: Gitter aus Bronzedrähten und Wasserzeichen



26: Früher Buchdruck mit Holzschnitten auf Büttenpapier: gut erkennbar die Gitterstruktur vom Schöpfrahmen des Papiers



27: Exklusive Buntdrucke (hier mit dem giftigen Schweinfurter Grün) als Tapeten lösten im Biedermeier Textilbespannungen und Bemalungen ab.



28: Digitaldruck auf Hahnenmühle-Büttenpapier in Kombination mit Originalhandschriften (Verträge) aus dem 17. und 18. Jh., Ausstellung *Johann B. Fischer von Erlach*, Basilika Mariazell

Eigenschaften

Handgeschöpfte Papiere haben **ungerichtete Fasern** und verfügen daher über keine Laufrichtung. Charakteristisch sind die unregelmäßige Struktur und die ausgedünnten, fransigen Büttenränder. Solange diese Papiere nicht mit exaktem Winkelschnitt beschnitten sind, variiert ihr Maß stets etwas. Erkennbar ist Büttenpapier am Abdruck des Gitters, welches – hält man das Blatt gegen das Licht – sich fast immer abzeichnet.

Ein weiteres Merkmal von Büttenpapier ist das Wasserzeichen des Fabrikanten, manchmal auch das Jahr der Herstellung. Da an der Stelle dieses Signums im Schöpfrahmen das Papier dünner ist, erscheint es bei Betrachtung gegen Licht als helles, durchscheinendes Zeichen. Die rechte Seite des Papiers ist jene, an der das Wasserzeichen seitenrichtig lesbar ist.

Die Bezeichnung „echtes Büttenpapier“ darf nur für durch Handschöpfung oder mechanisiert auf der Rundsieb-Büttenpapiermaschine hergestellte Papiere verwendet werden.

Rohstoffe

Ursprünglich wurde Papier ausschließlich aus aufbereiteten Lumpen, d. h. überwiegend aus cellulosehaltigen Textilfasern hergestellt, heute gilt das nur noch für besonders alterungsbeständiges Papier bzw. Büttenpapier für künstlerische Zwecke. Als Hadern bezeichnet man sehr langfasrige Leinen- oder Flachsfasern, die über Jahrhunderte in Mitteleuropa üblichen Materialien der Bekleidung. Heute wird anstelle dieser meist Baumwollfaserstoff, sogenanntes Linters, verwendet, manchmal auch eine Mischung von 60–80 % Flachs und 20–40 % Baumwolle.

Büttenpapier gibt es in drei Gütestufen: erste Sorte, mit kleinen Mängeln und mangelhaft. Mangelhaftes Papier entsteht durch Fehler beim Schöpfen oder eine verminderte Qualität der Lumpen, z. B. wenn diese Nylon, Gummi, synthetische Fasern etc. enthalten statt ausschließlich reine Baumwolle oder Leinen. Einige bekannte Büttenpapiersorten sind:

Moulin

Besteht aus 100 % zerkleinertem Baumwollgewebe, hat eine raue oder extrarauhe Struktur, einen 4-seitigen Büttenrand, ist säurefrei (pH-Wert von 6–6,5), ungebleicht, formstabil bei Befeuchtung und geeignet für hoch alterungsbeständige Aquarelle. Spezialsorten enthalten aus gestalterischen Gründen Beimengungen von Gras, Bananenstauden, Kokosfasern etc.

De Geerts

100 % Baumwoll-Rohstoff, circa 500 g/m². Im Wasserbad zerfallen die Bögen innerhalb weniger

Minuten zu einem leicht weiterzuverarbeitenden Baumwollbrei. Es ist ein ausgezeichneter Rohstoff für das eigene Schöpfen besonderer Papiere, für Collagen, 3D-Objekte etc.

Silberburg

Relativ günstiges handgeschöpftes Büttenpapier aus 100 % Baumwolle. Mit Grammaturen um 110 g/m² und einem pH-Wert von 6–6,5 ist es auch als hochwertiges und beständiges Druckpapier für Tintenstrahldrucker geeignet.

Kahari

Besteht aus 100 % Seidelbast, ist handgeschöpft, stammt aus dem Himalaya-Hochland und wiegt nur 30–60 g/m². Es hat eine interessante Faserstruktur und einen vierseitigen Büttenrand. In Nepal ist die Verwendung von Kahari für Urkunden und Dokumente vorgeschrieben, weil es von Insekten gemieden wird. Es ist auch antiseptisch und wird sogar als Wundverband bei Hautverletzungen verwendet.

Kahari Hanfpapier

Besteht aus 70 % Hanf (besonders haltbar und langfasrig) und 30 % Seidelbast (beides aus dem Himalaya).

Losin

Stammt aus einer seit 1620 bestehenden Papiermühle in Tschechien, welche bekannt ist für hochwertige Papiere, verwendet in vielen Königshäusern. Es ist ein handgeschöpftes Büttenpapier aus reinen Hadern (60–80 % Flachs, 20–40 % Baumwolle), das durch Eintauchen in Tierleim geleimt wurde (oberflächliche Schicht). Die Pufferung mit 2–3 % Calciumcarbonat (CaCO₃) und ein pH-Wert von 7,5–8,5 gewähren lange Haltbarkeit. Es wird empfohlen für Kupferdrucke, andere Hoch-, Tief- und Flachdrucke, Zeichnungen, Aquarelle und auch Laserdruck*.

Ingrespapier

Echtes Büttenpapier der bekannten Firma Hahnenmühle.

Japanpapier

Echtes Japanpapier wird wie in der Vergangenheit aus der langfasrigen Rinde des Maulbeerbaums hergestellt. Fälschlicherweise wird es häufig als Reispapier bezeichnet, obwohl es nicht aus Bestandteilen der Reispflanze hergestellt wird, manchmal aber auch aus anderen Bastfasern niederer Gehölze.

Japanpapier gibt es in sehr unterschiedlicher Grammaturn ab ganz dünnen Blättern von 30 g/m². Wegen der langen Fasern ist es sehr reißfest. Seine naturweiße Oberfläche, die angenehm fasrig-matte Haptik, die zarte Lichtdurchlässigkeit und schöne Lichtstreuung machen es für gestalterische Anwendungen beliebt. Es ist das



29: Holzschnitte auf dünnem Büttenpapier als Breverl und kleine Schluckbildchen aus dem 18. Jh.



30: Ausstellung *Nagoya Design meets Graz* mit Wänden aus Papier im Format der Tatami-Matten Nagoyas, Designmonat, Graz, 2012



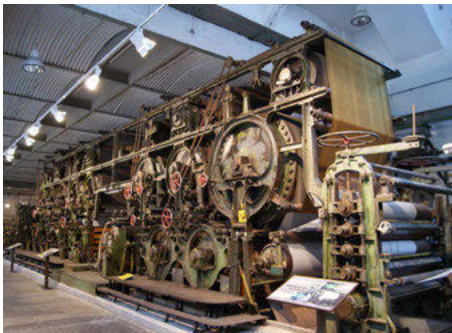
31: Beispiel für die lichtstreuende und -dämpfende Wirkung von Papier bei japanischen Lichtobjekten



32: Reizvolle Licht-Schatten-Effekte durch aufgefaltete und auf Papierwände aufgeklebte Papierbuchstaben



33: Papiergeld aus alterungsbeständigem und strapazierfähigem Linters aus Baumwollfasern



34: Maschinelle Papierherstellung in langen Rollen, Zanders Papiermaschine, in Betrieb 1889–1991



35: Die Erfindung von Schreibmaschine und später Kopierer machten genormte Formate erforderlich.

traditionelle Material der japanischen Tuschkmalerei, der verschiebbaren Papierwände zwischen Räumen (aufgeklebt auf einen rechtwinkligen Raster aus Holzleisten), aber auch von papierbespannten Fenstern und Lampen.

Japanpapier wird häufig von RestauratorInnen verwendet, um Fehlstellen in alten Büchern oder Grafiken zu schließen, außerdem für Schutzkaschierungen (siehe S. 36) bei instabilen Farbschichten oder zur Montage von Blättern unter einem Passepartout.

Linters

Nicht (immer) handgeschöpft, aber aus haltbaren Baumwollfasern hergestellt ist Linters. Es erzielt eine gute Haltbarkeit, ist strapazierfähig und vergilbt nicht leicht. Ein typisches Produkt ist unser Papiergeld.

Gegossene Papiere

Als günstigere Alternative zum handgeschöpften Papier werden mehrere Bögen gleichzeitig in Gussformen maschinell hergestellt; sie haben eine gleichmäßigere Struktur (keine Laufrichtung) und gute Qualität.

Heutiges Maschinenpapier

DIN-Definition (= Deutsche Industrie-Norm)

Unter Papier versteht man einen flächigen, im Wesentlichen aus Fasern, vornehmlich pflanzlicher Herkunft bestehenden Werkstoff, der durch Entwässerung einer Faseraufschwemmung auf einem Sieb gebildet wird. Dabei entsteht ein Faserfilz, der anschließend verdichtet und getrocknet wird.

Im Fachhandel wird Papier klassifiziert nach Format, Gewicht und Oberflächenbeschaffenheit.

DIN-Formate (DIN 476)

Mit der Einführung der Schreibmaschine zu Beginn des 20. Jhs. wurde die Festlegung von Normgrößen für Papier erforderlich. Der Normenausschuss für das Grafische Gewerbe Deutschlands definiert die fünf Normformate. Diese liegen den DIN-A-Formaten als Endprodukt zugrunde:

Ein DIN-A0-Bogen ist einen Quadratmeter groß und seine Seiten stehen im Verhältnis 1 : Wurzel aus 2 (= Seite eines Quadrates zu seiner Diagonale). Alle anderen DIN-A-Formate entstehen durch Halbieren dieses Grundformats (d. h. die Nummern nach dem A bezeichnen die Anzahl der Falzvorgänge: 4 mal Falzen = A4). DIN-A-Formate sind die Formate der Bürokommunikation, der häufigsten Drucksachen etc.

Die Hilfsreihe B ist gemacht für Formate, die nachträglich auf A-Formate beschnitten werden sollen. Dies sind die Formate, die z. B. als Zeichenbögen im Fachhandel bezogen werden. Darüber hinaus gibt es die weniger bedeutsamen C-, D- und E-Formate.

(C = 917 : 1.297 mm, D = 771 : 1.090 mm, E = 1.120 : 1.600 mm), auch hier bezeichnet die Zahl nach dem Buchstaben die Falzvorgänge.

DIN-A-Formate in mm	DIN-B-Formate in mm	Bezeichnung
A0: 841 × 1.189	B0: 1.000 × 1.414	Vierfachbogen
A1: 594 × 841	B1: 707 × 1.000	Doppelbogen
A2: 420 × 594	B2: 500 × 707	Ganzbogen, Bogen
A3: 297 × 420	B3: 353 × 500	Halbbogen
A4: 210 × 297	B4: 250 × 353	Briefbogen
A5: 148 × 210	B5: 176 × 250	Blatt
A6: 105 × 148	B6: 125 × 176	Postkarte
A7: 74 × 105		Viertelblatt
A8: 52 × 74		Achtelblatt
A9: 37 × 52		

Grammatur (Gewicht)

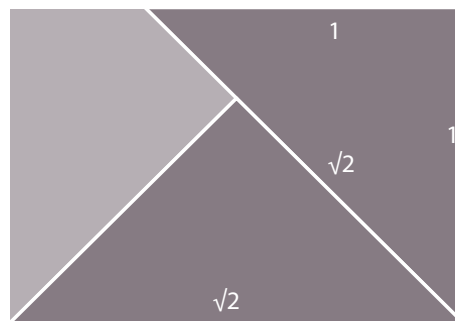
Das Papiergewicht wird in Gramm pro Quadratmeter (g/m^2) angegeben (= Grammatur). Der tolerierte Abweichungsspielraum beträgt bei Druck- und Schreibpapier etwa 2,5 %, bei Packpapieren, Umschlagkartons und Aktendeckeln bis zu 4 %. Bei geschnittenen, sogenannte Formatpapieren, wird manchmal auch das Tausendbogengewicht in kg angegeben.

Leichte Papiersorten	10–60 g/m^2	Seidenpapier
Mittelschwere Sorten	60–120 g/m^2	Bürokommunikation
Schwere Sorten	120–150 g/m^2	Beschriftungen
Halbkarton	150–200 g/m^2	Papier zum Falzen, Mappen
Karton	200–700 g/m^2	Passepartoutkarton
Pappe	700–1.800 g/m^2	Modellbau

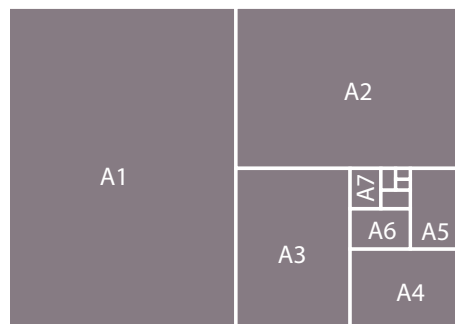
Laufriichtung

Produktionsbedingt haben alle maschinell gefertigten Papiere eine Laufriichtung, d. h. die Zellstofffasern sind überwiegend in der Längsrichtung (= Laufriichtung), also der Richtung, in der die endlose Papierbahn durch die Papiermaschine läuft, angeordnet. Die Laufriichtung ist wesentlich für die Stabilität und die Verarbeitung des Papiers. Sie bei der Planung zu berücksichtigen, ist umso wichtiger, je größer die verwendeten Formate sind.

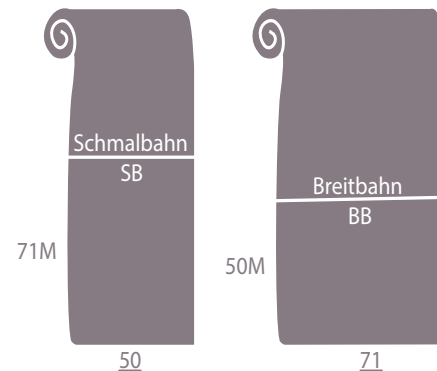
Durch die Angaben des Herstellers, Befeuchten oder eine Reißprobe kann festgestellt werden, ob das Papier in der längs geschnittenen Schmalbahn (SB) oder der quer geschnittenen Breitbahn (BB) liegt. Ein Bogen mit der Bezeichnung 61/86 cm liegt in Schmalbahn (SB), d. h. er ist aus einer 61 cm breiten Papierbahn geschnitten. (Eselsbrücke: Der Strich ist der Schnitt.) Nach DIN 6749 lautet die Bezeichnung für denselben Bogen 61 × 86M cm (M = Maschinenrichtung). Die Bezeichnung Breitbahn (BB) besagt, dass die kurze Kante des Bogens parallel zur Maschinenrichtung liegt.



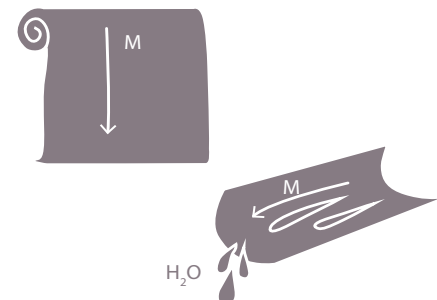
36: Das Seitenverhältnis der DIN-Formate ist stets 1: $\sqrt{2}$.



37: Die Anzahl der Falze ist die Ziffer der DIN-Formate.



38: Das längere Format eines Endprodukts muss immer der Laufriichtung entsprechen.



39: Im Unterschied zu Maschinenpapier haben geschöpfte Papiere keine Laufriichtung und wellen daher weniger.



40: Tapezierung von Podesten und Vitrinenbeinen mit handgefertigtem Kleisterpapier, Schloss Aichberg



41: Faltojekt aus beige-bräunlichem Natron-Packpapier aus Sulfat-Zellstoff



42: Unterschiedliche Weiße-Grade von Papier

In Hinblick auf die Verarbeitungsmöglichkeiten und die Formstabilität ist die Laufrichtung entscheidend:

- **Falze** in Laufrichtung werden glatter, quer zur Laufrichtung kann die Oberfläche beim Knicken aufbrechen.
- Pappe und Karton lassen sich quer zur Laufrichtung besser (gleichmäßiger) **biegen** oder zu **Rollen** verarbeiten, ohne dass Knicke entstehen (bessere Spannung).
- Die **Festigkeit** des Papiers ist in Laufrichtung meist größer als quer dazu.
- Unter Einfluss von **Feuchtigkeit** dehnt sich das Papier quer zur Laufrichtung stärker aus als in Laufrichtung, da die Fasern durch den Produktionsprozess in Laufrichtung ohnehin schon gestreckt sind.

Daher sollte man vor der Verarbeitung die Laufrichtung feststellen. Das geht mithilfe verschiedener Methoden:

- Wird ein Stück des Papiers **einseitig angefeuchtet**, zeigt die entstehende Rinne die Laufrichtung.
- **Einreißen** in Laufrichtung ergibt einen glatteren und geraderen Riss als quer zur Laufrichtung.
- Ein **waagrecht gehaltener Kartonstreifen** bleibt steif, wenn die Laufrichtung längs verläuft. Liegt sie quer biegt er sich stärker durch.

In der Praxis spielt dies eine entscheidende Rolle beim Kaschieren mit wässrigen Klebemitteln, aber auch bei der Alterung z. B. von Beschriftungstafeln, Raumtexten oder dergleichen. Karton oder Pappe sollen stets so verwendet werden, dass eine nachträgliche Deformation z. B. durch wechselnde Luftfeuchtigkeit minimiert wird. Die Laufrichtung des Deckelkartons eines hochformatigen Buches wird also beim aufrecht stehenden Buch vertikal verlaufen. In geschöpften Bütten- oder Japanpapieren liegen die Fasern in allen Richtungen kreuz und quer, da die Fasern beim Schöpfen aus der Bütte nicht gerichtet werden. Sie haben keine Laufrichtung.

Bestellt wird Papier als Rolle bezeichnet mit b (Breite) und lfm. (Länge) oder als Bogen.

Weißegrad

Die 5. Farbe Papier ist bei gestalterischen Arbeiten stets mit zu bedenken.

- Hochweiß (blendend weiß)
- Weiß (hohe Druckfarbenintensität und Bildkontrast)
- Naturweiß (ohne Zusatz von optischen Aufhellern), holzfreie Sorten weisen eine hohe Lichtechtheit auf, d. h. sind vergilbungsfrei und für hochwertige Anwendungen gut alterungsbeständig. Natürliches Weiß und halbmatte Oberflächen sind auch besonders augen- und lesefreundlich.
- **Elfenbein** (leichter Pergamentcharakter) ist besonders gut geeignet für spezielle Effekte und Faksimile

Angegeben wird der **Weißegrad** durch ISO-Werte: geringere Weiße (ISO 60 oder 70), Recycling-Naturweiß (ISO 80er), eine hohe Weiße von

ISO 90 und die strahlende Weiße von ISO 100. Hinsichtlich der Ökologie sind nicht zu hohe Weiß-Grade (weniger gebleicht) zu bevorzugen.

Farbe

Nicht immer ist die Farbe an beiden Seiten eines Bogens die gleiche. Im Handel werden daher oft die Farben beider Seiten angegeben: weiß/weiß, braun/weiß etc. In der Anwendung ist entscheidend, ob in der Masse durchgefärbt wurde (d. h. der Papierbrei), die Farbe aufgedruckt oder eine Decklage aufkaschiert ist, wie dies häufig bei Pappen und farbigen Passepartouts gemacht wird.

Opazität

Hohe Opazität (Undurchsichtigkeit) erlaubt, dünne Papiere mit relativ niederen Flächengewichten einzusetzen, um beispielsweise die Dicke von Büchern und die Versandkosten zu minimieren (z. B. Telefonbuch, Bibel, Beipacktexte von Medikamenten). Sie verhindert, dass der Druck auf der Gegenseite durchschlägt.

Volumen

Das Volumen bezeichnet die Papierstärke in Relation zur Grammat. Papiere mit 1,3- oder 1,5-fachem Volumen sind leicht auftragend, d. h. sie sind dicker und wirken daher edler, obwohl sie ein relativ geringes Gewicht aufweisen. Bei hochwertigen Einladungen oder repräsentativen Leporellos können damit Versandkosten gespart werden und Bücher mit wenigen Seiten wirken nicht wie eine Broschüre.

Oberflächenbeschaffenheit

Hinsichtlich des **Glanzes** wird unterschieden in:

- Hochglänzend: In Hinblick auf die Brillanz und hohe Schärfe von Abbildungen ist dies für manche Anwendungen erwünscht, störende Reflexe reduzieren jedoch die Lesefreudigkeit.
- Glänzend
- Halbmatt: optisch und haptisch ansprechende, samtige Oberfläche
- Matt: weniger Farbbrillanz, aber angenehme Haptik
- Einseitig glänzend mit mattem Rückseitenanstrich: gut für glänzende Buchumschläge mit mattem Druckpapier für den Buchkörper geeignet, weil es beide Anmutungsqualitäten kombiniert.

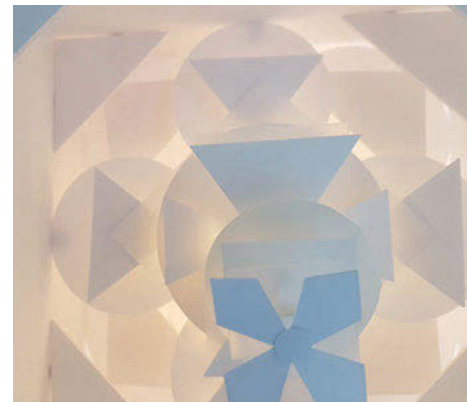
Glatt/rau

Unabhängig vom Glanzgrad ist, wie glatt die Paperoberfläche ist. Man unterscheidet zwischen:

- Mikroglattem Grafikpapier
- Glatttem Skizzenpapier
- Rauem Zeichenpapier
- Extrarauem Papier
- Gehämmertem (torchon = unregelmäßig gewellt) Papier



43: Unterschiedliche künstlerische Techniken erfordern unterschiedliche Papierqualitäten.



44: Schöne Lichtwirkung mit ausgeschnittenem und hinterleuchteten Bürokommunikationspapier



45: Martin Walde: Kreis aus bedrucktem Bürokommunikationspapier, wie hingeworfen am Boden liegend



46: Papierobjekt, erst geprägt, dann farbig besprüht



47: Bei manchen günstigen, durchgefärbten Papieren und bei Tintenstrahldrucken blutet die Farbe bei Befechtung aus.



48: Einfacher, aber reizvoller 3D-Effekt durch farbig kaschiertes, eingeschnittenes und eingerolltes Papier



49: Papierwaffen und Vitrine aus Wellpappe, Musée d'Art et d'Industrie, Saint-Étienne, 2022

Grundsätzlich bedeutet eine glatte Oberfläche eine problemlosere Bedruckbarkeit und eine rauere Oberfläche mehr Abrieb und daher eine sattere Farbannahme z. B. beim Skizzieren mit Kohle, Graphit oder Bleistift. Zeichenpapiere haben deshalb oft eine G (= glatte) und R (= raue) Seite. Sehr glatte Oberflächen hingegen werden für konturscharfe und feine Linien benötigt.

Dass es matte Papiere mit sehr schlechtem Abrieb und umgekehrt glänzende Oberflächen mit gutem Abrieb gibt, erkennt man an der unterschiedlich guten **Beschreibbarkeit** von Papieren mit einem Bleistift. Im Ausstellungswesen gilt es umgekehrt zu bedenken, dass ein guter Abrieb und eine gute Saugfähigkeit auch zu einer viel rascheren **Verschmutzung** der Oberflächen bei Berührungen führen.

Oberflächenbehandlung

- **Gestrichene Papiere:** Bei gestrichenen Papieren werden feine Mineralstoffe wie Kreide oder Kaolin und ein Bindemittel aufgetragen und dadurch eine besonders glatte Oberfläche erzeugt. Diese Homogenität ist wichtig für kontrastreiche Druckergebnisse und gute Bildwiedergabe. Gestrichene Papiere werden für Kunstdrucke – von der preisgünstigen Massenpublikation bis zu Bildbänden und von glänzend bis matt – eingesetzt. **Beidseitig doppelt gestrichenes** Papier oder Karton wird für anspruchsvolle Druckobjekte mit feinstem Raster verwendet.
- **Satinieren** bedeutet, dass Papier mit harten und heißen Walzen geglättet wird. Dieses Bügeln macht Papier etwas glänzend.
- **Imprägniermittel** sind Stärke, Alaun, Kolophonium, Ton und Farbstoffe.
- **Lackiert** werden z. B. Kartone für strapazierfähige, d. h. wischfeste, Oberflächen, aber auch partielle Glanz- und Matteffekte bei Druckergebnissen werden durch Lackierungen hergestellt.
- **Beschichtungen mit Kunststoff** erfolgen bei hochwertigen Druckwerken zum Schutz vor Abrieb, behindern jedoch das Recycling und sind in der Herstellung problematisch.
- **Foliiert** werden sehr strapazierte Oberflächen, z. B. Covers von Büchern.
- **Kaschiert**, d. h. mit einer dünnen Papierschicht beklebt, werden oft dicke bedruckbare Kartone und Passepartouts.
- **Leimung** ist eine für fast alle Anwendungen erforderliche Beschichtung von Papier, um das Verlaufen von Tinte oder Aquarellfarben zu verhindern. Als **Leimungsgrad** bezeichnet man den Anteil, mit dem das Papier durch Leim daran gehindert wird, Wasser aufzunehmen. Dies kann in Mengeneinheiten oder Zeitfaktoren ausgedrückt werden. Wird Papier nur geleimt und erfolgen keine weiteren Beschichtungen, wird das Papier als **Naturpapier** bezeichnet.
- Eine **doppelte Leimung** bedeutet besonders hohe Nassfestigkeit. Ist die Oberfläche und das **Papierinnere mit Spezialleim** versehen,

so bedeutet dies eine einwandfreie Wiederbezeichnbarkeit auch nach extremen Radier- und Abschabversuchen. Im Gegensatz dazu bedeutet die Bezeichnung **nicht kerneleimt**, dass die Papiere beim Radieren leicht aufreißen.

Oberflächeneffekte

- **Gerippt** bedeutet eine eingeprägte Gitterstruktur, wie bei Büttenpapier, obwohl es sich um gegossenes Papier handelt (manchmal auch mit Wasserzeichen).
- **Prägung:** Echte Oberflächenprägungen durch eigens gefertigte Prägestempel oder flächige Strukturprägungen wie eine einseitige Leinenprägung werden für besondere Effekte eingesetzt.
- **Filznarbung:** Eine feine und zarte Filzrippung oder beidseitig natürliche Filzmarkierung ergibt eine leichte Oberflächenstruktur.

Rohstoffe für die Papiererzeugung

60–95 % von Papier oder Pappe sind Faserstoffe, großteils Cellulosefasern. Der Rohstoff für diese ist (mit Ausnahme einiger Bütten- und Spezialpapiere) **Holz**, gleichermaßen bei **holzhaltigem Holzschliffpapier** wie auch bei bei sogenannte **holzfreien** Papiersorten und bei Recyclingpapier.

Heute ist das wichtigste Herstellungsverfahren für den chemischen Faseraufschluss von Holz zu Zellstoff das Zerkochen in schwefeliger Lauge oder Säure. Dazu werden die Stämme entrindet und zu ca. 3 cm großen Hackschnitzeln zerkleinert. Dann werden mithilfe von Chemikalien die Cellulosefasern von Lignin (= Holzstoff) und Hemicellulose (= diverse Vielfachzucker) getrennt. 50 % der Holzmasse werden somit nicht genutzt, die entstehende Schwarzlauge wird verbrannt, wobei SO_2 entsteht. Nach anschließendem Waschen liegen die Cellulosefasern isoliert und in ganzer Länge vor. Soll das Papier hochweiß sein, so werden die noch vorhandenen Ligninreste gebleicht (zum Teil mit Chlorverbindungen). Wasser spielt aber bei der Produktion eine entscheidende Rolle und der Wasserverbrauch für die Produktion ist ein wesentliches Kriterium für die Ökobilanz.

Holzhaltige Papiere enthalten unaufgeschlossene Holzfasern, die bei manchen Arten auch mit freiem Auge erkennbar sind. Es sind sehr günstige Sorten, meist mit einem Gelb- oder zartem Rosaton (ein Hinweis auf das noch enthaltene Lignin), die nur eine geringe Alterungsbeständigkeit aufweisen. Sie haben eine hohe Neigung zum Vergilben und Brüchigwerden sowie zur Übersäuerung. Typische Produkte sind Bierdeckel, **Zeitungspapier** oder die bei Modellbauern beliebte **Finnpappe**. Häufig wird Holzstoff auch beigemischt, um günstige Papiere für kurzlebige Produkte wie Werbeblätter herzustellen.

Holzfrie Papiere oder Kartone hingegen bestehen aus chemisch aufgeschlossenem Zellstoff unterschiedlicher Pflanzen und holzfreien Papierresten. Dies wirkt sich positiv auf die Alterungs- und Lichtbeständigkeit aus, macht die Papiere jedoch teurer.



50: In (brandschutzimprägnierte) Verpackungskartons eingebaute Monitore zur Video-Präsentation



51: Riesige Mengen an Baumstämmen für die Papiererzeugung



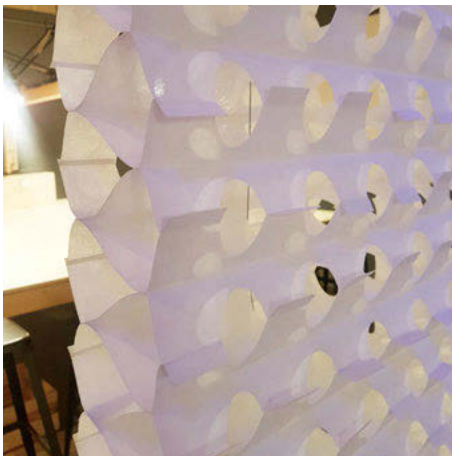
52: Das Papierrecycling ist seit vielen Jahrzehnten gut etablierte Praxis.



53: Füllmaterial für Verpackungen aus geschlitzten Kartonagen, im Idealfall nur mechanisch bearbeitet



54: Trennwände aus lichtdurchscheinendem dünnem Papier: *Bifurcations*, Saint-Étienne, 2022



55: Detail derselben Trennwand aus verklebtem Papier

Recyclingpapier

Altpapier wird in 40 unterschiedlichen Qualitäten gehandelt: von den minderen Sorten, wie sie im Altpapiercontainer gesammelt werden, bis zu hochwertigen, exakt sortierten Produktionsabfällen. Unterschieden wird dabei zwischen sauberen **preconsumer** und benutzten **postconsumer** Papieren. Das gesammelte Papier wird in Wasser aufgeschwemmt und mit Sieben von papierfremden Stoffen befreit. Für die typischen grautonigen, im Farbton etwas variierenden Kartonagen wird es nicht **deinkt**, für die naturweißen Papiere für Zeitschriften und Bürokommunikation wird die Druckerschwärze in einem Waschvorgang mithilfe von Tensiden (Natronlauge und Wasserstoffperoxid) herausgewaschen und der Schlamm deponiert. Um weiße Papiere zu erhalten, wird zusätzlich mit Sauerstoff oder Ozon gebleicht, aber es wird auch schon in der Vorauswahl des Altpapiers sehr dunkles Papier ausgesondert.

Je öfter eine Faser den Papierkreislauf durchläuft, desto eher rentiert sich der ursprüngliche Rohstoff-, Wasser- und Energieeinsatz bei der Faser-gewinnung aus Holz. Doch aktuell wird in Deutschland jede Faser im Schnitt höchstens dreimal eingesetzt, da einem Altpapieranteil von 75 % jeweils ein Viertel Primärfasern hinzugefügt werden (Maué, S. 111). Höher ist der Altpapieranteil bei Verpackungspapieren (90 %) und Zeitungspapier (ca. 70 %).

Im Zuge eines wachsenden Bewusstseins für neue Möglichkeiten des in den Produktionsprozess integrierten Recyclings wird auch aus dem **Textilstaub von Baumwolle** Papier hergestellt, der sonst nur thermisch verwertet werden könnte.

<https://cyclotexx.com/de>

Alternativen zu Holz

Abgesehen von Holz und der bereits erwähnten Baumwolle dient **Hanf** als Faserstoff. Hanf ist eine rasch wachsende Pflanze mit sehr langen und haltbaren Fasern. Er ist wie Baumwolle eine einjährige Pflanze, hat aber im Vergleich zu dieser die neunfache Reißfestigkeit auf Zugkraft. Bei der Verwendung als Faserstoff sehr hochwertiger Papiere befindet sich Hanf im Vormarsch, außerdem auch andere Alternativen zu Holz wie Stroh, Schilf, Bambus und Gras. Der Vorteil all dieser einjährigen Pflanzen ist ihr geringer Ligninanteil und dass es sich um Erntereste aus der Landwirtschaft handelt.

Zusatz- und Hilfsstoffe

Da die Herstellung des Zellstoffs aufwendig und teuer ist, werden Füllstoffe wie Kaolin oder Kreide beigemischt, um das Papier günstiger zu machen. Ein hoher Anteil derartiger Füllstoffe machen Papier jedoch weniger stabil und reduzieren Laufeigenschaften und Bedruckbarkeit. Andere Füllstoffe geben Farbe, verbessern die Bedruckbarkeit, beeinflussen die Festigkeit oder optimieren den Herstellungsprozess. Pigmente wie Titanweiß machen Papier besonders weiß und weniger durchscheinend.