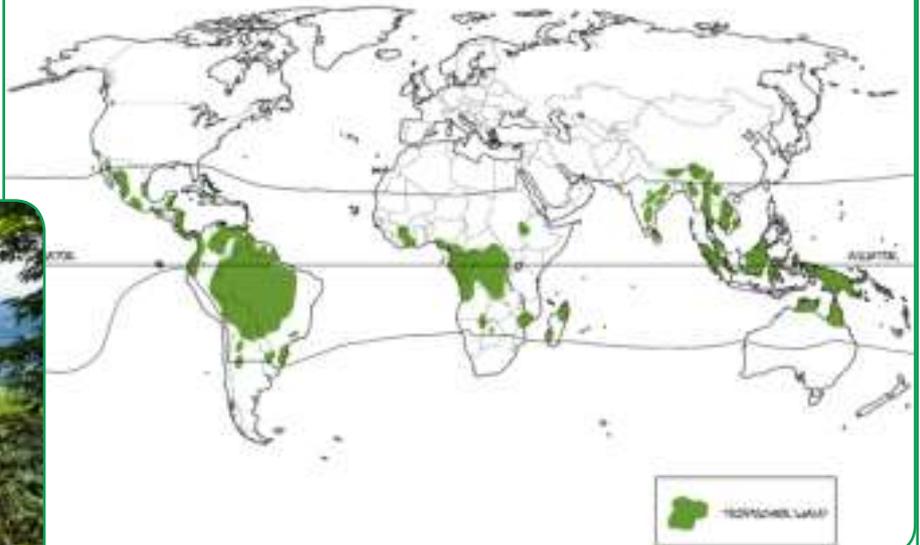


Tropische Regenwälder

Regenwälder gibt es in allen Klimazonen der Erde. Ein Wald wird ab einer Niederschlagsmenge von 2.000 mm pro Jahr mit dem daraus resultierenden feuchten Klima zum Regenwald gezählt.

Tropische Wälder kommen ausschließlich in der tropischen Klimazone, also rund um den Äquator zwischen dem 23,5° nördlichen und südlichen Breitengrad, vor.

Durch eine jährliche Niederschlagsmenge von über 2.000 bis 4.000 mm pro Jahr ist es hier immer feucht. Das ist fünfmal mehr Niederschlag pro Jahr als in Mitteleuropa. Mit einer Durchschnittstemperatur zwischen 26 und 28 °C und einer konstanten Tageslichtdauer von 10,5 – 13,5 Stunden ist das Klima in den tropischen Regenwäldern das ganze Jahr ideal für den Kakaoanbau.



Die tropischen Regenwälder sind die grüne Lunge der Erde. Die unzähligen Pflanzen binden das Treibhausgas CO₂. 46 % des gesamten terrestrisch gebundenen Kohlenstoffes sind in Wäldern zu finden, davon 37 % im Regenwald in den Tropen. Im Gegensatz zu den Wäldern der gemäßigten Breiten ist in den Tropen der Großteil des Kohlenstoffes nicht im Waldboden (Wurzeln, organische Masse in den Böden), sondern in der oberirdischen Vegetation gebunden und wird bei Abholzung des Regenwaldes freigesetzt. Ausnahme hiervon sind Torfböden, die auch in tropischen Regionen (z. B. in Indonesien) vorkommen. Diese speichern enorme Mengen an CO₂, die durch Trockenlegung und Abtragung von Mooren und Torf wieder freigesetzt werden.

Zudem sind die tropischen Regenwälder einer der artenreichsten Lebensräume der Erde. Ungefähr 70 % aller Tier- und Pflanzenarten sind dort zu finden. Auf einer Fläche so groß wie ein Fußballfeld stehen im Regenwald bis zu 500 verschiedene Baumarten. In Deutschland stehen auf einer identischen Fläche weniger als 20 verschiedene Baumarten. Auch leben noch unzählige indigene Völker mit und in den tropischen Regenwäldern – teilweise bis heute nicht von westlichen Zivilisationen kontaktiert.



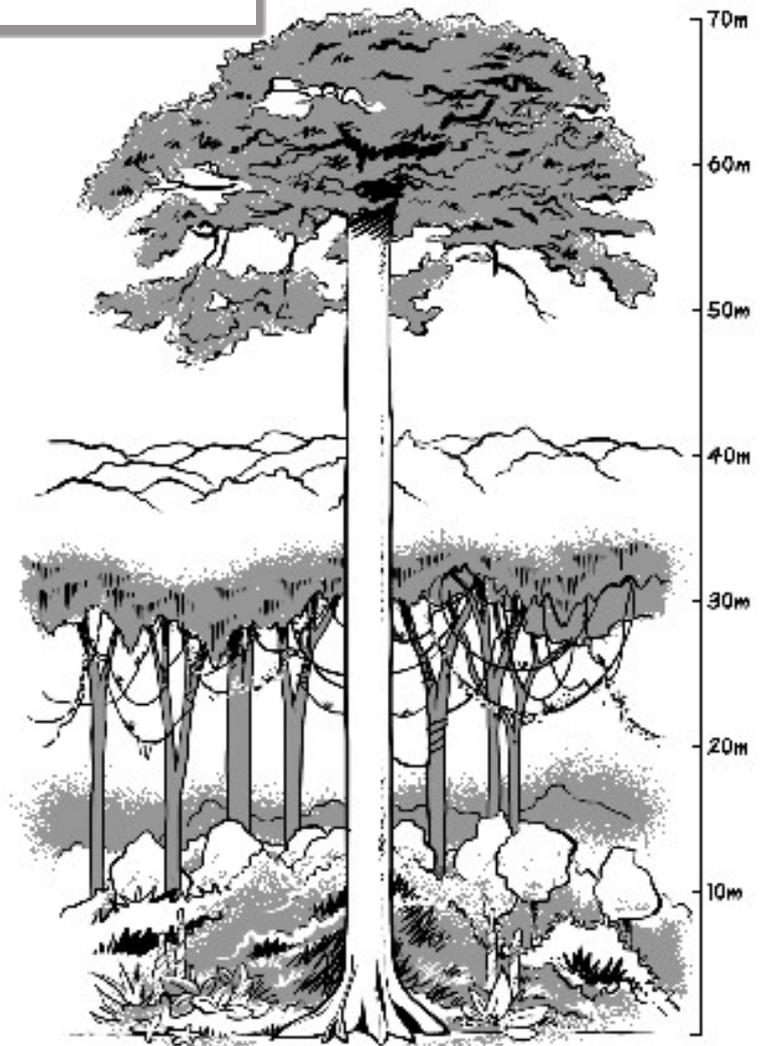
Tropische Regenwälder

Stockwerkbau

Die Pflanzen im Regenwald sind durch den dichten Wuchs ständig in Konkurrenz zueinander. Wer höher wächst als die anderen, kann mehr Sonnenstrahlen aufnehmen und dadurch mehr Energie produzieren. Die Regenwälder sind in einem sogenannten „Stockwerkbau“ gewachsen. Die Urwaldriesen, auch Überständer oder Emergenten genannt, haben es geschafft, in schwindelnde Höhen zu wachsen, und können bis zu 70 m hoch werden, was ungefähr so hoch ist wie ein Haus mit 28 Stockwerken. Sie bilden meterhohe, weit auslaufende Brettwurzeln für eine stabile Standfestigkeit aus. Diese Wurzeln sind bis zu 3 m hoch und messen bis zu 9 m im Durchmesser. Es wären ca. 20 Personen vonnöten, um den Baum am Boden zu umarmen.

Das Stockwerk darunter liegt immer noch in unglaublichen 45 m Höhe und beherbergt die größte Anzahl an Tieren. Durch dieses dichte Kronendach fällt kaum Licht und es ist in den weiter unten liegenden Stockwerken sehr schattig.

Auf dem Boden, der Strauch- und Krautschicht, gibt es kleinere Pflanzen wie Farne und Sträucher, die mit wenig Licht auskommen. Hier kommen nur noch weniger als 1 % der Sonnenstrahlen an. Um das wenige Licht besser auffangen zu können, haben viele Pflanzen im unteren Stockwerk riesige Blätter.



Waldzerstörung in den Tropen

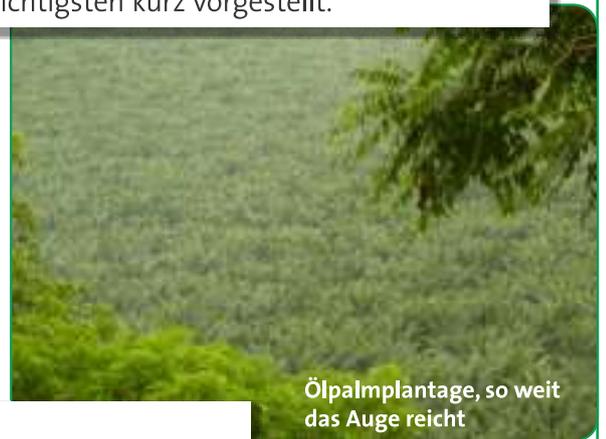
Die Regenwälder sind nicht nur die grüne Lunge der Erde, sondern auch eines der artenreichsten Ökosysteme. Etwa 1,7 – 2 Millionen Tier- und Pflanzenarten leben auf der Erde. Forscher schätzen, dass die Zahl sogar im zweistelligen Millionenbereich liegt. Über zwei Drittel dieser Arten leben in tropischen Regenwäldern rund um den Globus.

Die weltweite Zerstörung der Regenwälder schreitet dennoch ständig voran. Alle zwei Sekunden wird eine Fläche Regenwald so groß wie ein Fußballfeld vernichtet und damit der Lebensraum unzähliger Tier- und Pflanzenarten. Viele indigene Völker mussten dem Raubbau an ihrem Land weichen oder sind davon bedroht.

Es gibt viele Treiber der Regenwaldzerstörung. Hier werden die wichtigsten kurz vorgestellt.



Zellstoffplantage



Ölpalmplantage, so weit das Auge reicht

Landwirtschaft in Monokulturen

Die riesigen Flächen, auf denen Monokulturen angepflanzt werden, stehen häufig auf ehemaligen Regenwaldflächen. Die dort lebenden Tiere haben in diesen Plantagen kaum eine Überlebenschance bzw. sind geflüchtet oder umgekommen.

Der Einsatz von Pestiziden und Dünger ist enorm, um den größtmöglichen Ertrag aus den Pflanzen zu holen und wirtschaftlichen Gewinn zu erzielen. Der Einsatz ist aber auch notwendig, da die Pflanzen sehr dicht stehen und eine Verbreitung von Schädlingen sonst unaufhaltsam wäre. Die Umwelt- und Wasserverschmutzung, die dadurch entsteht, ist für die Tiere und Menschen lebensgefährdend.

Vor allem Soja, Palmöl, Teakholz, Zuckerrohr, Kautschuk und Eukalyptus oder andere schnell wachsende Bäume zur Zellstoffproduktion sind typische Arten, die in Monokulturen angebaut werden.

Die Nachfrage nach kostengünstigen Rohstoffen führt dazu, dass vor allem die Ölpalm- und Sojaplantagen rasant zunehmen.



Kautschukplantage



Frucht der Ölpalme



Blick in eine Ölpalmplantage



Ölpalmplantage auf gerodeten Flächen direkt neben intaktem Regenwald

Waldzerstörung in den Tropen

Abholzung und illegaler Holzeinschlag

Die „klassische“ Abholzung zur Holzgewinnung vernichtet große Flächen Regenwald. Die miteinhergehende Erosion der gerodeten Flächen schadet diesen langfristig und macht eine Wiederaufforstung kaum möglich.

Illegale Holzeinschläge finden zudem meist nicht an den Randzonen, sondern mitten in intakten Waldgebieten statt, um im Geheimen agieren zu können.

Dadurch wird der Regenwald enorm fragmentiert, so dass Tier- und Pflanzenarten keinen zusammenhängenden Lebensraum mehr haben. Viele Arten benötigen jedoch genau diese großen zusammenhängenden Flächen, um überleben zu können.



Kahlschlagflächen und Erosion



Herstellung von Holzkohle mit Tropenholz

Brandrodung, Wanderfeldbau und Waldbrände

Feuer ist ein großer Vernichtungsfaktor für Regenwald. Aber nicht nur die natürlich ausgelösten Feuer durch Blitzschlag sind eine Gefahr.

Vor allem die Brandrodung, um schnell Flächen von den unteren Pflanzenschichten befreien zu können, welche danach abgeholzt werden, ist ein großer Risikofaktor.

Im Wanderfeldbau werden die Böden der Felder im oder am Wald durch das Abbrennen kurzzeitig fruchtbarer gemacht. Dadurch laugen die generell nährstoffarmen Regenwaldböden schnell aus, so dass nach kurzer Zeit neue Felder angelegt werden müssen.

In beiden Fällen geraten diese Feuer oft außer Kontrolle und greifen auf intakte Waldstücke über.



Erosion auf gerodeten Flächen



Brandrodung und Abholzung

Waldzerstörung in den Tropen



Viehwirtschaft

Der Fleischkonsum steigt weltweit enorm an. Nicht nur in den Industrieländern, sondern vor allem in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Um diesen Fleischbedarf vor Ort decken zu können, werden immer mehr Rinder produziert. Um wiederum den Flächenbedarf von diesen Viehherden decken zu können, werden immer mehr Regenwaldflächen brach gelegt.

Durch die oft extensive Nutzung als Weideland sind diese Flächen für eine Wiederaufforstung verloren, da wichtige Nährstoffe nicht mehr vorhanden sind.



Rinderherde



Nickelmine

Bodenschätze

Bergbau, Minen und der generelle Abbau von Bodenschätzen wie Nickel, Erz, Gold, Coltan, Aluminium und anderen seltenen Erden zerstören große Gebiete des Regenwaldes. Zufahrtsstraßen werden gebaut, schwere Arbeitsmaschinen benötigen Platz, Tiere werden vertrieben und Gewässer verunreinigt und verseucht. Vor allem die Erdölförderung birgt langfristige negative Auswirkungen auf das Ökosystem Regenwald. Die Verschmutzungen durch Rohöl werden durch das Flusssystem in weite Gebiete geleitet und verseuchen ganze Landstriche für mehrere Jahrzehnte.



Erdölfeld

Waldzerstörung in den Tropen



Umweltverschmutzung

Durch den Wachstum der Bevölkerung wächst auch die Entstehung von Abfall. Vor allem in Flüssen, Seen und Meeren sammeln sich riesige Mengen Müll. Plastik zersetzt sich kaum, viele Tiere verenden durch diese Verschmutzung.

Aber nicht nur der sichtbare Abfall, sondern auch giftige Substanzen z. B. aus der Industrie oder aus der Erdölförderung, die in die Erde und das Grundwasser gelangen, verschmutzen und vergiften ganze Landstriche und Trinkwasser.

Diverse Giftstoffe oder Mikroplastik gelangen zudem durch den Fleisch- oder Fischkonsum in den menschlichen Körper.

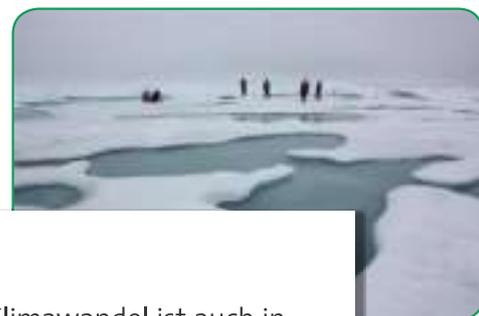


Illegale Siedlungen

Illegale, oft aus anderen Gebieten vertriebene Siedler auf der Suche nach fruchtbarem Land sind meist arm und von der Subsistenzwirtschaft abhängig, um zu überleben. Dennoch liegen solche Siedlungen häufig in intakten Waldgebieten und zerstückeln diese weiter.

Straßenbau

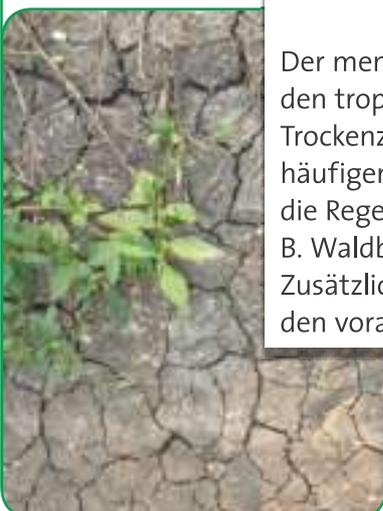
Viele Regierungen sehen die Erschließung von Gebieten und den Straßenbau als einen Fortschritt. In Regenwaldgebieten ist genau dies jedoch ein großer Waldvernichter. Nicht nur werden große Flächen Wald vernichtet, um Straßen zu bauen. Auch wird dadurch ein weiterer Zugang zu bisher unzugänglichen Waldgebieten geschaffen, die anderen Treibern der Waldvernichtung den Zugang erleichtern.



Klimawandel

Der menschengemachte (anthropogene) Klimawandel ist auch in den tropischen Gebieten spürbar. Kürzere Regenzeiten, längere Trockenzeiten, unwetterartige Regenfälle und Überschwemmungen, häufigere und stärkere Wirbelstürme sind zusätzliche Faktoren, die die Regenwälder dieser Erde schwächen und dadurch anfälliger für z. B. Waldbrände oder Erosion machen.

Zusätzlich wird das Aussterben von Tier- und Pflanzenarten durch den voranschreitenden Klimawandel angetrieben.



Die Geschichte des Papiers

Die ersten Materialien, auf denen geschrieben wurde, bestanden aus Erde und Stein. So werden die bisher ältesten Höhlenmalereien schon auf 40.000 Jahre vor unserer Zeitrechnung (v.u.Z.) datiert. In Mesopotamien dienten ab dem 5. Jahrtausend v. u. Z. Tontafeln als Schriftträger. Im 3. Jh. v. u. Z. wurden in China Seide und Bambustafeln, in Indien Palmblätter genutzt. In Mexiko wurde Gewebe aus Agavenblättern zum Beschreiben verwendet. Griechen und Römer nutzten schließlich eine mit Wachs beschichtete Holztafel, in die die Schriftzeichen geritzt wurden.¹ Der Papyrus gilt jedoch als der Vorläufer von Papier. Die erste beschriebene Papyrusrolle „Prisse Papyrus“ wurde in einem ägyptischen Grab bei Theben in Oberägypten gefunden und ungefähr auf das Jahr 3.350 v. u. Z. datiert. Dieses Material gilt als eines der ersten zum Schreiben geeigneten Stoffe, das dem heutigen Papier nahekommt.¹

Namensherkunft

Der Begriff Papier entstammt ursprünglich dem ägyptischen *pa-per-aa* und leitet sich von **pa (Besitz)** und **per-aa (Pharao)** ab. Diese Wortzusammensetzung lässt sich auf die Tatsache zurückführen, dass der Pharao das alleinige Monopol über die Papierherstellung besaß. Aus dem griechischen *paper* entwickelte sich im Laufe der Zeit der Begriff des späteren Papyrus, basierend auf der rohstoffliefernden Pflanze *Cyperus papyrus*.¹⁰

Die lange Herrschaft des Papyrus



Zur Herstellung des Materials sind keine genauen Überlieferungen vorhanden, jedoch konnten mittels Rekonstruktion Vermutungen zu den Hintergründen des Verfahrens aufgestellt werden: Die vier bis sechs

Meter hohen Pflanzenstauden, aus denen der Papyrus hergestellt wurde, mussten zuerst von ihrer Schale getrennt werden, danach wurde das Mark in dünne Streifen geschnitten. Abwechselnd wurden die Fasern in Wasser eingeweicht und mit Holzhämmern bearbeitet, bis sie nahezu durchsichtig wurden. Um ein

Blatt Papyrus zu erzeugen, wurden diese Streifen überlappend ausgelegt und quer mit weiteren Fasern durchwoben. Das so entstandene Blatt wurde abermals mit Hämmern platt geschlagen, um den Pflanzensaft zu lösen, der sich wie ein Klebstoff um die Fasern legte und diese

miteinander verband. Erst nach mehreren Tagen des Trocknens war er bereit für die Verwendung.

Verschiedene Zellstoffquellen der Vergangenheit

Die Geschichte der Papierherstellung ist geprägt durch eine Vielzahl an experimentellen Versuchen mit unterschiedlichsten Grundstoffen.

Hanf diente beispielsweise schon den ältesten Papieren als Grundlage, heutzutage ist der Rohstoff allerdings auf Grund seines seltenen Anbaus sehr teuer geworden und spielt in Europa, ausgenommen bei Spezialpapieren wie z. B. Zigarettenpapier, kaum mehr eine Rolle.

Auch **Bambus** diente der frühen Papierproduktion als Basis, nachdem man gegen 618 n. u. Z. herausgefunden hatte, dass er in Lauge gekocht seine harte Struktur einbüßt und sich gut zur Herstellung von Papier eignet. So wurde die Pflanze für die Herstellung bald wichtiger als Hanf, Maulbeerbaum- oder Rotangpalmenrinde.

Flachshaltige Leinen wurden, nachdem sie als Kleidung ausgedient hatten, in der früheren Papierproduktion verwendet. Mittlerweile bedient man sich Flachs nur noch bei Spezialpapieren, die eine sehr hohe Altersbeständigkeit aufweisen müssen.⁹

Die Entwicklung des Papyrus stellte sich in vielen Bereichen als großer Fortschritt heraus: Nicht nur bot es durch sein geringes Gewicht einen Vorteil gegenüber den herkömmlichen, schweren Ton- und Steintafeln, auch Transport und Lagerung wurden durch das neuartige Material vereinfacht. Allerdings war das Schreibmaterial weniger beständig gegenüber mechanischen Ansprüchen als seine Vorgänger und riss sehr leicht ein.²

Die Ägypter hüteten das Geheimnis zur Herstellung von Papyrus über mehrere Jahrtausende. Erst im 7. Jhr. v. u. Z. soll die erste Papyrusrolle vom Nil nach Athen, Milet oder Sizilien gekommen sein, was einen Aufschwung der Buchliteratur in Griechenland und im Römischen Reich möglich machte. Erst um 200 v. u. Z. wurde ein neues Material gefunden, um Gedanken und Mitteilungen schriftlich festzuhalten: Pergament. Der nach der Stadt Pergamum (heute Pergamom) in Kleinasien benannte Stoff wurde aus Tierhaut hergestellt. Dieser Stoff trug wesentlich dazu bei, von dem mittlerweile teuer gewordenen Papyrus und der Monopolstellung Ägyptens auf den Papyrus unabhängig zu werden.¹

Die Weiterentwicklung in Asien

In Süd- und Südostasien entwickelten sich über Jahrhunderte hinweg Palmbblätter zu einem wichtigen Schriftträger. Getrocknet und gebunden konnten sie zu Manuskripten verarbeitet werden, in die durch Auftragung von Tinte oder Einritzen mittels eines Griffels Texte übertragen werden konnten. Der natürlichen Anfälligkeit des Materials gegenüber Fäulnis und den Befall von Silberfischchen konnte durch den Einsatz von Zitronengrasöl entgegengewirkt werden. Dennoch blieb die Konservierung der Schriften über längere Zeit problematisch.³

Die eigentliche Erfindung des Papiers wird jedoch traditionell dem chinesischen Beamten T'sai Lun zugeschrieben. Dieser erfand das Papier nicht per se, sondern beschrieb lediglich die Papierherstellung in China und verbesserte sie. Es gibt Papierfunde in China, die vor der Zeitwende entstanden sind. Dieses Papier wurde auf Basis von Textilgeweben und dem Bast von Maulbeerbäumen um 105 u. Z. angefertigt. Es zeigte deutliche Vorteile gegenüber Palmbblättern, Papyrus und Pergament, denn es zeichnete sich durch einen Seidenglanz, Weichheit und Festigkeit aus. Das Geheimnis der Papierherstellung wurde auch hier gut gehütet und entwickelte sich innerhalb Chinas weiter. So gab es z.B. bereits im 4. Jh. farbige Tapeten in China, während diese erst im 16. Jh. in Europa, in den Niederlanden, auftauchten. Erst 601 kam die Kunst der Papierherstellung mit Priestern über Korea nach Japan, wo es Anfang des 9. Jh. eine erste staatliche Papierfabrik gab.¹ Gegen 650 u. Z. wurde der Rohstoff Papier unter Kaiser Kao Tsung erstmals auch als Zahlungsmittel verwendet.⁴



Unsere Euro-Geldscheine werden zu 100 % aus Baumwollfasern hergestellt.

Ab 751 wurde die Kunst der Papierherstellung durch die Gefangennahme von chinesischen Papiermachern durch die Mauren ins angrenzende arabische Reich getragen, von wo sie ihre Verbreitung über Bagdad und Ägypten bis hin nach Spanien fand. Bereits 196 wurde von den Mauren eine Papierfabrik in der damals zweitgrößten Stadt des Reiches, Bagdad, betrieben. Statt des Maulbeerbaums wurden hier jedoch vor allem Flachs, Leinen und Baumwolle als Rohstoff verwendet.

Die Ausbreitung in Europa

Die Kunstfertigkeit der Papierherstellung schritt schnell voran. So wurde bereits im Jahre 900 ein sogenanntes leichtes „Vogelpapier“ für die Brieftaubenpost hergestellt. Im 11. Jh. wurde bereits das erste Packpapier erwähnt und bereits im 12. Jh. wurden Papiergrößen für amtliche Stellen im Maurischen Reich genormt. Über Marokko kam die Papierherstellung nach Spanien, wo 1150 in Xativa bei Valencia die erste europäische Papiermühle in Betrieb ging und eine bedeutende Steuereinnahmequelle der Könige von Aragon bedeutete. In Italien und Frankreich wurde im 13. Jh. mit der eigenen Papierherstellung begonnen,¹ wo 1282 ein Papiermacher aus Fabriano (Italien) erstmalig ein Wasserzeichen herstellte.⁴ Diese Errungenschaft liefert vor allem im Nachhinein einen wichtigen Beleg über einzelne historische Schriften. So wurden Dokumente und Schriftstücke wichtiger Persönlichkeiten mit einem persönlichen, unverwechselbaren Wasserzeichen (ähnlich einem Siegelstempel) gekennzeichnet.



Die wiedererrichtete Hadermühle Stromers im unteren rechten Eck dieser Nürnberger Stadtansicht von 1493. Wie alle Papiermühlen lag sie aufgrund des Gestanks und Lärms außerhalb der Stadtmauern. (Holzschnitt mit Nürnberger Stadtansicht aus der Schedel'schen Weltchronik, Blatt 99v/100r)

In Deutschland dagegen ist die erste Erwähnung der Papierherstellung erst in 1389/90 mit der Errichtung der in Nürnberg erbauten Papiermühle „Gleismühl“ als erste deutsche Papiermühle verbunden – laut dem Tagebuch des Erbauers Ulman Stromer mit der Hilfe eines italienischen Gesellen. Zwischen 1402 und 1537 eröffneten diverse Papiermühlen im Land und schwappten 1494 nach England, 1586 in die Niederlande und 1592 schließlich nach Amerika über. Die Nutzung dieses Papiers nahm in Deutschland nur langsam zu, da Widerstände aus den christlichen Kreisen

gegen diesen „neuen Stoff“ jüdisch-arabischer Herkunft geleistet wurden.

Zudem befürchtete man, dass Papier nicht so haltbar ist wie Pergament. Dennoch wurde nach und nach das Papier dem Pergament vorgezogen, denn die Herstellung war einfacher und preiswerter und vor allem in größeren Mengen möglich. Als Rohstoff wurde Hadern (Lumpen), Hanf, Leinen, Baumwolle und abgenutzte Tücher verwendet.¹

Die Herstellung günstiger bedruckbarer Papiere ebnete den Weg für den Mainzer Johann Gensfleisch (bekannt unter dem Namen Gutenberg), der im Jahre 1445 mit der Erfindung des Drucks aus beweglichen Lettern und damit des heutigen Buchdrucks für einen kulturellen und politischen Umschwung sorgte.⁴



Zusätzlich bildete die Reformation, die durch die Anbringung der 95 religiösen Thesen durch Martin Luther 1517 an die Tür der Schlosskirche in Wittenberg begann, nicht nur den Beginn einer theologischen Zeitenwende, sondern auch den Anstieg des Papierbedarfs im Land durch die Übersetzung der Bibel ins Deutsche und damit der Nachfrage dieses Werkes.⁵

Die Weiterentwicklung in Europa

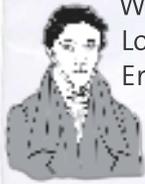
Um den enormen Papierbedarf decken zu können und die schwere und teils gefährliche Arbeit in den Papierfabriken zu optimieren, bediente man sich 1670 erstmals dem sogenannten „Holländer“, welcher die mit Hämmern besetzten Stampfwerke ablöste. Hierin befanden sich Walzen, die sich über Schienen drehten und so die Textilien zu Faserbrei mahlten. Auch, wenn die Entwicklung der neuartigen Mahlmaschinen nicht nur die benötigte Arbeitskraft, die Bearbeitungszeit sowie den Maschinenverschleiß verringerte, so führte sie auch zu einem Qualitätsverlust. Durch den starken mechanischen Druck auf die Fasern verloren diese, je nach Ausgangsstoff, an Länge und dadurch an Festigkeit.⁶

Das ausführliche Herstellungsverfahren finden Sie in der Lehrerinfo 2 B

Nach und nach litten die Papiermacher unter Rohstoffknappheit (hauptsächlich der Hadern), sodass viele Gelehrte nach Alternativen forschten. Stroh, Seegrass, Sägespäne oder Wollgewächse wurden als Rohstoffe nach ersten Versuchen aufgegeben.¹ Durch die immer fortschreitende Produktentwicklung beflügelt, verfasste Dr. Justus Claproth 1774 sein Werk über die Praxis des Altpapierrecyclings. Dieser

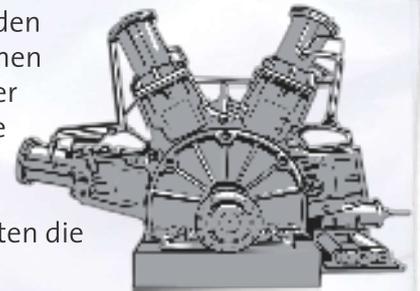
Methode wurde jedoch zunächst wenig Beachtung geschenkt, setzte sich aber über die Jahrzehnte langsam durch und konnte somit 1925 bereits auf eine Altpapiereinsatzquote von bis zu 10 Prozent gesteigert werden.⁴

Im Jahre 1785 entwickelte der französische Chemiker Berthollet eines der ersten Bleichmittel der Papierindustrie, das neben konzentrierter Schwefelsäure und Braunstein auch aus dem umweltschädlichen Chlorgas bestand.⁴ Dies erlaubte es, weißes Papier herzustellen ohne die Rohstoffe zuvor einem Fäulnisprozess unterziehen zu müssen.



Wenige Jahre danach gelang dem Franzosen Louis Nicholas Robert 1799 durch die Erfindung der Langsiebmaschine eine bahnbrechende Innovation in der Geschichte der Papierherstellung. Durch die Herstellung des endlosen

Papierbands wurde eine enorme Mengensteigerung und damit eine deutlich wachsende Rohstoffnachfrage erreicht. Diese Art der Papiermaschine wurde in England, Frankreich und Deutschland weiterentwickelt und läutete Anfang des 19. Jh. das Ende des Handwerksbetriebs und den Beginn des Industriebetriebs ein.¹ Passend zur Papiermaschine erfand John Marshall 1826 in England die Wasserzeichenwalze. Damit konnten nun auch Papierbahnen mit einem Wasserzeichen versehen werden.⁵ Dennoch kämpften die Papierfabrikanten weiterhin mit der Rohstoffknappheit. Ein Weber aus Sachsen, Gottlob Friedrich Keller, war es, der 1843 als erster den Rohstoff Hadern erfolgreich durch einen zur damaligen Zeit billigen und reichlich vorhandenen Rohstoff ersetzte: Holz. Dafür wurden Holzstücke unter Zusatz von Wasser an einen rotierenden Schleifstein gepresst. Es entstand ein Faserstoffbrei, der den Papiermaschinen als Ausgangsmaterial diente (Holzschliff). Diese Innovation gilt als Basis der modernen Produktionsverfahren und als Beginn der Papierherstellung, wie wir sie heute kennen. Da Keller die finanziellen Mittel fehlten verkaufte er seine Methode an einen Württembergischen Maschinenfabrikanten, so dass 1867 die erste Holzschleiferei in Betrieb genommen wurde. Nun konnten die Hadern erheblich mit dem Holzrohstoff gestreckt werden.¹



Kein Bleichen mit Elementarchlor mehr

Seit Ende der 80er Jahre wird in Deutschland keine Elementarchlorbleiche mehr vorgenommen. Auf Grund der umweltschädlichen Wirkung, die ein Absterben von Fisch- und Pflanzenarten nach sich zog, ist mittlerweile in vielen Bereichen Chlor durch umweltfreundlichere Alternativen wie Wasserstoffperoxid, Sauerstoff oder Ozon ersetzt worden.⁸

Der Beginn der industriellen Produktion

Mitte der 1850er gelang es auf chemische Weise Holz in seine Fasern aufzutrennen und dadurch den Grundstoff Zellstoff herzustellen. Von hier an gehörte das Rohstoffproblem für die Papierproduktion erst einmal der Vergangenheit an.⁵

Bei der Papierproduktion war bzw. ist immer noch eine Oberflächenbehandlung des Papiers für dessen Beschreibbarkeit unerlässlich – nicht erst seit der industriellen Herstellung! Durch das Leimen wurden die Poren des Papiers gefüllt und so verhindert, dass die Tinte beim Schreiben verläuft. Nachfolgend an das Leimen wurde das Papier in mehreren Walzen von unterschiedlicher Härte geglättet und auf Glanz poliert. Ab 1850 bediente man sich für diesen Schritt großen Walzenglättwerken mit mehreren Walzen, sogenannten „Kalandern“.⁷ Zusätzlich löste die maschinelle Produktion nach und nach die Handarbeit ab, als immer mehr Papiermaschinen aufgestellt und kleine Papiermühlen durch Fabriken ersetzt wurden. Dies bedeutete mehr Beschäftigte, Dampf- oder ab den 1890er auch Motorenantrieb und mehr Produktion – der Beginn der Industrialisierung setzte ein.

Im Vergleich: Lieferte eine Papiermühle um 1800 einen statistischen Jahresschnitt von 15 Tonnen Papier und ein Beschäftigter darin 0,15 bis drei Tonnen, so konnte eine Fabrik um 1900 940 Tonnen Papier produzieren und ein Beschäftigter 16 Tonnen.⁷

In den Folgejahren wurden einige neue Einsatzmöglichkeiten für Papier eröffnet und durch die industrielle Produktion war Papier preiswerter geworden. Dies machte die Anwendung für Dinge, die preiswert sein mussten, wie Verpackungen oder Toilettenpapier, überhaupt erst möglich. Denn in 1871 wurde in den USA von Joseph Gayetty das erste moderne, kommerziell erhältliche Papier in einer Fabrik speziell als Toilettenpapier hergestellt. 1906 folgten die ersten Milchtüten.⁴

Die Hausfrau Melitta Benz erfand durch experimentieren mit Löschblättern 1908 das Filterpapier. Auch als Werbe- und Verpackungsmaterial wurde Papier immer beliebter. 1912 wurden bereits in Deutschland 2 Millionen Tonnen Papier, Pappe und Karton hergestellt. Der Pro-Kopf-Verbrauch wuchs auf rechnerisch 25 kg. Zusätzlich löste um die 1920er Jahre die maschinelle Produktion nach und nach die Handarbeit ab.⁵



Papierschöpfen
Bild aus: Leçons élémentaires de chimie
(B.Bussard, H.Dubois), 1906.

Während des zweiten Weltkrieges brachen die Papiererzeugung in Deutschland und die damit verbundenen Handelsbeziehungen zusammen. Nach Ende des Krieges erholte sich die Branche recht schnell durch staatliches Eingreifen. Zusätzlich mussten Rohstoffe (Roh-, Füll- und Leimstoffe) gefunden und weiterentwickelt werden, um den Qualitätsansprüchen gerecht zu werden. Dadurch veränderten sich Mischverhältnisse und Verarbeitungsverfahren und erlebten einen neuen Aufschwung.¹ In einem Versuch den Papierverbrauch einzudämmen wurde 1945 im Potsdamer Abkommen von den Siegermächten ein Pro-Kopf-Papierverbrauch von 7 kg für Deutschland festgelegt. Dies zu erreichen war zu dieser Zeit bereits utopisch.⁵

Heute schwimmen wir in Papier aus über 3.000 verschiedenen Sorten, die sich in unserer Küche genauso wiederfinden wie in der Schule, im Bad oder sogar in unserem Auto. Hygienepapier, Zeitungen und Zeitschriften, Büropapiere, Bücher, TetraPaks, Verpackungen, Lautsprechermembrane und Tapeten sind nur einige Produkte, die unseren Alltag begleiten. Dieser Zellstoff wird aus Holz, Altpapier oder Pflanzen gewonnen, Hadern spielen (außer bei der Herstellung von Geldscheinen) kaum noch eine Rolle. Somit tragen unsere Banknoten die alte Tradition der Hadern und somit die Geschichte der Papierherstellung noch in sich.

Quellen:

1. Max Zieger: Papierkunde. Leipzig (Fachbuchverlag) 1952
2. <http://www.selket.de/hieroglyphen/papyrus/> (Stand 02.08.2016)
3. Jeremiah P. Losty: The Art of the Book in India, London: The British Library, 1982
4. <http://agv.papier-nrw.de/?link=papierfakten&sublink=geschichtedespapiers> (Stand 23.09.2016)
5. <http://www.papierschule.org/bereich-information/geschichte.html>
6. S. Schachtner; Größer, schneller, mehr – Zur Geschichte der industriellen Papierproduktion und ihrer Entwicklung in Bergisch Gladbach; Rheinland-Verlag, 1996, Köln, S.88
7. Die dt. Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme Papier- Vom Handwerk zur Massenproduktion (Landschaftsverband Rheinland, Rheinisches Industriemuseum, Museum für Industrie- und Sozialgeschichte, Papiermühle Alte Dombach). Köln, DuMont 2001, S. 115 – 117
8. <http://www.greenpeace.org/austria/de/themen/umweltgifte/hintergrund-info/chlorchemie/> (Stand 03.08.2016)
9. Papier – Vom Handwerk zur Massenproduktion, Rheinisches Industriemuseum, Papiermühle Alte Dombach, Bergisch Gladbach, S. 73 ff.
10. <http://www.selket.de/hieroglyphen/papyrus>

Historische Papiererzeugung

Nach und nach wurden die Techniken für die Papierherstellung in Europa verfeinert, bis man schließlich sogenannte Hadern für die Herstellung von Papier entdeckte. Unter dem Begriff Hadern werden im allgemeinen Textilabfälle aus Leinen oder Taue aus Hanf zusammengefasst, die als Grundlage für die Papierproduktion dienten – eine frühe Form des Recyclings. Als Grundlage der Hadern eigneten sich Textilien aus pflanzlicher Herkunft wie Leinen, Hanf und Baumwolle. Tierische Fasern wie Seide, Wolle, etc., erwiesen sich hingegen als ungeeignet.¹ Die benötigte Menge an Hadern, um die Produktion einer Papierfabrik für einen Tag aufrecht halten zu können, lag zu damaligen Zeiten bei knapp 70 kg, in einem Jahr entsprach dies 20.411,66 kg. Auf Grund der damaligen Lage konnten sich die Menschen jedoch oft nur wenig Kleidung leisten, so wurde der Stoff von rund 15.000 Menschen benötigt¹ – eine enorme Menge für damalige Verhältnisse.

Die lange Geschichte des Papiers und dessen Weiterentwicklung bis zum heutigen Produkt finden Sie auf der Lehrerinfo 2 A.



Ein Lumpensammler in Paris, Avenue des Gobelins, Paris, 1899

Mit dem steigenden Bedarf an Kleidung für die Papierherstellung entstand der Beruf des Lumpensammlers. Diese gingen von Haus zu Haus, sammelten alte Kleidung und brachten sie gegen einen geringen Lohn zu den Papiermühlen. Dort mussten sie zuerst von Knöpfen und Schnallen befreit und nach Ton und Feinheitsgrad sortiert werden, eine Arbeit, die oft Frauen und Kindern zufiel. Schmutz und Dreck wurden durch Abkratzen oder Waschen entfernt, in einigen Fällen wurde die Wäsche sogar einem Fäulnisprozess unterzogen, um die Fasern zu bleichen. Oftmals war die Arbeit in den Papiermühlen nicht ungefährlich und die Infektion mit der „Hadernkrankheit“, wie der Milzbrand genannt wurde, war ein stetes Risiko.²

Nach der Vorbehandlung wurden die Hadern durch Hämmer mit scharfen Eisenzacken grob zerteilt. Italienische Papiermacher verwendeten hierzu erstmals mit Wasserkraft betriebene Stampfwerke (die sogenannte Nockenwelle): Eine mit Hämmern besetzte Walze, welche mittels eines Mühlrads angetrieben werden konnten und verschiedene Beläge hatte – von großen Zähnen bis ganz glatt. Diese Methode prägte den Ausdruck der „Papiermühle“.³ Über mehrere Stunden hinweg wurde die Masse zu einem Brei gestampft, zuerst durch mit dünnen Nägeln besetzte Hämmer, die gegen Ende des

Vorgangs durch Hämmer mit einer glatten Holzoberfläche ersetzt wurden. Je nach Gewicht der eingesetzten Stampfwerkzeuge und Materialbeschaffenheit des Textilbreis konnte sich der gesamte Vorgang über 24 Stunden ziehen. Mit dünnen Filtern besetzte Leitungssysteme sorgten dabei für einen konstanten Wasseraustausch.⁴

Die ersten Erleichterungen hielten erstmals 1670 mit dem sogenannten „Holländer“ Einzug, der die Stampfwerke ablöste. Darin befanden sich Walzen, die auf Schienen beweglich waren und nun die Textilien in Stücke rissen. Der so entstandene Textilbrei (das sogenannte „Halbzeugs“) befand sich dazu in ovalen Trögen, die der Länge nach durch eine Trennwand durchzogen wurden. Die Walzen hielten durch ihre Bewegung den Brei entlang der Trennwand im Fluss. Wie auch zuvor erfolgte der Zerkleinerungsprozess in zwei Phasen, die durch eine Ruhepause getrennt wurden. Nun wurde allerdings zu Beginn der zweiten Phase der Holländer ausgewechselt und durch einen Holländer mit feinerem Besatz ersetzt. Denn durch Walzenform und –abstand konnte Einfluss auf die Qualität des Papiers genommen werden.

Auch, wenn die Entwicklung des neuartigen Stampfwerks nicht nur die benötigte Arbeitskraft, die Bearbeitungszeit sowie den Maschinenverschleiß verringerte, so führte sie doch zu einem

Qualitätsverlust. Denn durch den starken mechanischen Druck auf die Fasern verloren diese an Länge und wurden so stark gekürzt, sodass das fertige Papier auf Grund der fehlenden Faservernetzung mangelnde Festigkeit aufwies.⁵

Nachdem die Textilien zu dem hadernhaltigen „Halbzeugs“ zerkleinert wurden, fand der eigentliche Schöpfvorgang des Papiers statt. Hierzu wurde der Brei in Schöpfbüten umgelagert, wo die Masse soweit verdünnt wurde, bis sie einen Wassergehalt von 95–99 Prozent erreichte. Mit einem speziellen Sieb entnahm nun der Schöpfer der Bütte ein wenig Papierbrei und bewegte ihn vorsichtig auf dem Sieb hin und her. Dieser Vorgang war notwendig, um die Masse gleichmäßig zu verteilen, zu entwässern, und um die Verfilzung der Fasern zu unterstützen. Außerdem bestimmte es gleichzeitig die spätere Dicke des Papiers. Nachdem der erste Bogen hergestellt war, wurde dieser an den Gautscher übergeben. Dieser drückte den Bogen auf einem Stück Filz ab und gab das Sieb an den Schöpfer zurück. Dieser Vorgang wurde so oft wiederholt, bis abwechselnd 181 Papier- und 182 Filzbögen (ein „Pauscht“) gestapelt waren. Diese Papierbögen wurden zuerst gepresst, die Filzbögen entfernt, ein weiteres Mal gepresst und anschließend – je nach Klima – für bis zu zwei Wochen getrocknet. Hierbei galt besondere Vorsicht, da das frisch geschöpfte Papier zwar gründlich entwässert werden musste (andernfalls litt die Stabilität und es kam zu Stockflecken), dennoch durfte dieser Vorgang nicht übereilt vorgenommen werden, da es sonst zur Bildung von Beulen im Material kommen konnte. Die Regulierung der Luftzufuhr und gelegentliche Benetzung des Trockenraumes mit Wasser ermöglichten es, die Raumfeuchtigkeit ein wenig zu beeinflussen. Die Trocknungsräume waren meist dunkle, luftige Speicherböden der Papiermühlen.⁴ Je nach Größe und Qualität des Papiers erreichte ein einzelner Schöpfer an einem Tag innerhalb von 10–12 Arbeitsstunden etwa eine Menge von 3.000 bis 5.000 Bögen Papier, das entspricht ca. 15–25 kg, also ein Blatt Papier alle 6–14 Sekunden.^{1,6}

Bei der Papierproduktion war bzw. ist immer noch eine Oberflächenbehandlung des Papiers für dessen Beschreibbarkeit unerlässlich – und das nicht erst seit der industriellen Herstellung. Durch das Leimen wurden die Poren des Papiers gefüllt und so verhindert, dass die Tinte beim Schreiben verläuft. Zu Beginn wurde Leim für die Papierproduktion aus Tierfüßen gewonnen, später bediente man sich Harzleim. Pro Jahr konnte sich der Verbrauch an Schafsfüßen für die Leimproduktion für eine Papiermühle auf bis zu 33.000 Stück belaufen. Nachfolgend an das Leimen wurde das Papier mit mehreren Walzen von unterschiedlicher Härte geglättet und auf Glanz poliert. Ab 1850 bediente man sich für diesen Schritt großen Walzenglättwerken mit mehreren Walzen, sogenannten „Kalandern“.⁴

Die engültige Qualitätskontrolle wurde Blatt für Blatt vorgenommen. Diese fand in der sogenannten Verschleißstube statt. Diese Kontrollen wurde meist von Frauen durchgeführt, die jeden einzelnen Papierbogen gegen das Licht hielten und sie auf Verunreinigungen, flockige oder wolkige Stellen, kleine Löcher oder Flecken kontrollierten. Nur einwandfreie Papiere konnten als erste Qualität verkauft werden. Mindere Qualität konnte nur zu einem geringeren Preis verkauft werden oder wurde wieder ausgekocht (um den Leim von den Fasern zu lösen) und recycelt. Der Qualitätskontrolle folgte ein weiterer Pressvorgang, das Zählen der Bögen, sowie das Falten und Verpacken. Die Sortierung von Hand wurde noch bis in die 1960er Jahre durchgeführt – zumindest bei Papier, das in Bögen verkauft wurde. Erst durch die maschinelle Herstellung von Papier zum Massenprodukt wurde die Qualitätskontrolle von Maschinen übernommen, die mit Hilfe von Lichtreflexion, Durchleuchtung oder Abtasten Fehler ermittelten.⁴



Holzschnitt aus dem Ständebuch von Jost Amman ,1568.

Im Ständebuch wird das Bild von folgendem Text von Hans Sachs begleitet:

Ich brauch Hadern zu meiner Mül
 Dran treibt mirs Rad deß wassers viel,
 Daß mir die zschnitn Hadern melt,
 Das zeug wirt in wasser eingequelt,
 Drauß mach ich Pogn auff de filtz bring,
 Durch preß das wasser darauß zwing.
 Denn henck ichs auff, laß drucken wern,
 Schneeweiß und glatt, so hat mans gern.

(Anmerkungen: Hadern = Lumpen; melt= mahlt; Pogn = Bogen; preß = Pressen; drucken = trocken)

Die industrielle Herstellung von Papier

Heutzutage wird Zellstoff aus Holz, Altpapier oder Pflanzen gewonnen, Hadern spielen (außer bei der Herstellung von Geldscheinen) kaum noch eine Rolle. Die Produktion wurde stark modernisiert: Der mechanische Aufschluss von Holz ermöglicht die Holzschliffgewinnung als Basis für holzhaltiges Papier, aufgereinigtes Altpapier und Zellstoff dienen als Quelle für holzfreies Papier, das auf Grund der eingesetzten Chemikalien von seinem Ligninanteil abgetrennt wurde und so über optimierte Lager- und Nutzeigenschaften verfügt.

Heute zählen wir über 3.000 verschiedene Papiersorten. Diese werden zu den verschiedensten Produkten weiterverarbeitet, zum Beispiel zum Kaffee- oder Industriefilter, zum Teebeutel, zum Tetra-Pack, zur Brötchentüte oder auch zum Zementsack. Papier finden wir als Kupplungslamellen in unserem Auto wieder. Papier finden wir auch in unseren Möbeln, im Laminatboden und den Lautsprechermembranen unserer Hifi-Anlage oder unseres TVs und als Tapete an den Wänden unserer Wohnungen.

Laut einer Studie der Welternährungsorganisation FAO wird der weltweite Papierbedarf jährlich um drei Prozent steigen.⁷

In der Neuzeit wird immer mehr über die chemischen Zusätze diskutiert, welche bei der Papierherstellung zugegeben werden. Durch Aufheller, Farben und Bindemittel kann das Papier optisch verändert werden. Je nach gewünschter Papierart werden diese dem Papierbrei zugemischt oder mittels einer Düse aufgetragen.⁸

Noch vor ca. 20 Jahren bediente man sich noch Chlorbleiche mit elementarem Chlor, um aus dem Holzstoff Lignin zu entfernen und so ein Vergilben des Papiers zu verhindern. Seit Ende der

80er Jahre wird in Deutschland keine Elementarchlorbleiche mehr vorgenommen. Aufgrund der umweltschädlichen Wirkung, die ein Sterben von Fisch- und Pflanzenarten nach sich zog. Mittlerweile ist in vielen Bereichen Chlor durch umweltfreundlichere Alternativen, wie Wasserstoffperoxid, Sauerstoff oder Ozon ersetzt worden.⁹

Herstellung verschiedener Papierarten

Die Methoden der Fasergewinnung lassen sich in drei Gewinnungsverfahren unterteilen:

1. Eine mechanische Gewinnung von Holzstoff bzw. Holzschliff, der als Basis für holzhaltige Papiere dient.
2. Eine chemische Gewinnung von Zellstoff.
3. Eine Fasergewinnung aus dem sekundären Rohstoff Altpapier.

Je nach gewünschter Funktion des Papiers wird das entsprechende Verfahren zur Fasergewinnung gewählt: Preiswerte Magazine und Werbebroschüren sind meist aus mechanisch hergestellten, holzhaltigen Papieren, deren Ligninanteil nicht entfernt wurde; „holzfreie Papiere“ hingegen werden oft als hochwertige, grafische Papiere eingesetzt. Papier mit Altpapiergehalt wird in der Regel als Recyclingpapier, für Zeitungen oder Verpackungspapier verwendet.¹⁰

1. Mechanische Holzstoffgewinnung

Bei dieser Methode wird Holzstoff durch mechanische Bearbeitung (hacken, reiben, quetschen) zerkleinert und aus dem Rohmaterial gelöst. Als Holzstoff wird hierbei der Faserstoff bezeichnet, welcher durch mechanischen Einsatz gewonnen wird. Das so hergestellte Papier vergilbt schnell und verfügt über eine geringe Festigkeit, da die dabei entstandenen Fasern kurz und spröde sind. Der Vorteil dieser Art der Fasergewinnung liegt in ihrer hohen Ausbeute: mehr als 90 Prozent des Holzes kann für die Papierherstellung verwendet werden, in Deutschland liegt die Einsatzquote dieser Methode bei 9 Prozent.¹¹

Zur Zerkleinerung werden hierbei zwei verschiedene Verfahren angewandt:

Im **Stein-Verfahren** wird ein 1m langes Rundholz in Spezialmaschinen entrindet und unter Druck und Wasserzusatz an einen rotierenden Schleifstein aus Beton oder Keramik gepresst. Hierbei entsteht Wärme und die Fasern werden aus ihrem festen Gefüge gelöst. Bei den weitverbreiteten sogenannten Stetigschleifern wird durch einen automatischen konstanten Holznachschub für eine damit kontinuierliche Holzstoferzeugung gesorgt, während bei dem älteren Model der Pressenschleifer eine ständige Beladung nötig ist.¹²

Das **Refiner-Verfahren** beruht auf der Verwendung von Hackschnitzeln, welche im sogenannten Refiner gekocht und anschließend zwischen zwei gegeneinander rotierenden Mahlsteinen zerkleinert werden.¹³

Beiden Verfahren haben gemeinsam, dass das Holz zu Beginn entrindet wird, durch einen mechanischen Prozess zerkleinert und anschließend unter Zugabe von Wasser zu einem Brei mit einer Faserlänge von ca. 4 mm prozessiert wird.¹²

2. Chemische Zellstoffgewinnung

Im Gegensatz zur mechanischen Herstellung von Holzstoff werden bei der Zellstoffgewinnung chemische Methoden angewandt. Der Vorteil dieser Herangehensweise liegt darin, dass das Lignin und die Hemicellulosen aus den Zellulosefasern (Zellstoff) gelöst wird und

Ausführlichere Infos zur chemischen Zellstoffgewinnung finden Sie auf der Lehrerinfo 3A.

so Papiere mit einer geringen Vergilbungsrate und hoher Festigkeit entstehen. In Deutschland liegt die Einsatzquote bei 26 Prozent.

Auch hierbei werden je nach angewandter Methodik zwei Verfahren unterschieden:

Das **Sulfitverfahren** bedient sich Schnitzeln aus Fichten-/Laubholz, welche in Kalzium- oder Magnesiumbisulfit-Lösung und schwefliger Säure gekocht werden. Der so entstandene Sulfitzellstoff hat, durch die im Vergleich kürzeren Fasern, Papier mit einer geringeren Festigkeit zur Folge, was sich jedoch gegenüber anderen Verfahren leichter bleichen lässt. Sulfitzellstoff findet häufig in der Herstellung von Hygienepapieren Verwendung.

Im **Sulfatverfahren** werden die Holzschnitzeln in einer Ätznatronlauge mit Schwefelnatriumgehalt gekocht. Durch diesen alkalischen Kochvorgang wird es möglich, auch harzhaltige Hölzer, wie z.B. Kiefer, aufzuschließen, da das Harz beim Kochen verseift. Zur Herstellung äußerst stabiler Papiersorten wird das Sulfatverfahren herangezogen, da auch die bis zu 5mm langen Fasern der Nadelgehölze verwendet werden können. Diese Zellstoffart wird auch „Kraftzellstoff“ genannt.¹³

Bei beiden Vorgehensweisen ist die Ausbeute am Ende relativ gering: da knapp die Hälfte des eingesetzten Holzes aus Lignin besteht, werden 50 Prozent der Holzreste mit Chemikalien verbunden als sogenannte „Schwarzlauge“ abgeleitet. Mittlerweile wird diese in modernen Fabriken zu großen Teilen wiederaufbereitet, früher wurde diese allerdings oftmals in nebenstehende Flüsse geleitet. Der sogenannte Halbzellstoff entsteht, wenn der Prozess der chemischen Ligninauftrennung an bestimmter Stelle unterbrochen wird. Das so entstehende Produkt besitzt noch einen geringen Ligninanteil und verfügt auf Grund dessen über kombinierte Eigenschaften von Holz- und Zellstoff.¹¹

3. Fasergewinnung aus Altpapier

Der erste Schritt bei der Verwendung von Altpapier als Zellstoffbasis bildet die grobe Vorsortierung und Sammlung durch den Verbraucher. In den Fabriken werden Fremdstoffe manuell abgetrennt und das Altpapier in gepresstem Zustand zur weiteren Verarbeitung abtransportiert. Dort findet dann das sogenannte De-Inking statt. Hierbei werden die Druckerfarben mit Seifenchemikalien vom Papier abgelöst. Luftblasen werden durch den Faserbrei gepumpt, an denen sich die Farbpartikel festsetzen und so an die Oberfläche getrieben werden. Der dort entstandene Schaum wird abgeschöpft, entwässert und als De-Inking-Schlamm verbrannt. In Deutschland liegt die Altpapiereinsatzquote bei ca. 56 Prozent.¹⁴



Maschinelle Weiterverarbeitung des Grundstoffs und Papierherstellung

Ist die Basis des späteren Papiers einmal hergestellt und zur Papierfabrik gebracht, kommt es dort zur Stoffaufbereitung des Grundstoffs (Zellstoff, Halbzellstoff oder Altpapier) in einem Pulper. Hier wird unter Wasserzufuhr der Grundrohstoff so lange aufgefasernt, bis die einzelnen Fasern frei liegen. Grobe, noch nicht entfernte Rückstände (Heftklammern, Klebefenster von Briefumschlägen etc.) werden an dieser Stelle herausgefiltert. Diese Fasersuspension (oder „Stoff“) durchläuft nun mehrere Prozessschritte, in denen sie weiter sortiert, gereinigt und aufbereitet werden, solange, bis sie die für die gewünschte Papiersorte benötigten Eigenschaften erworben haben.

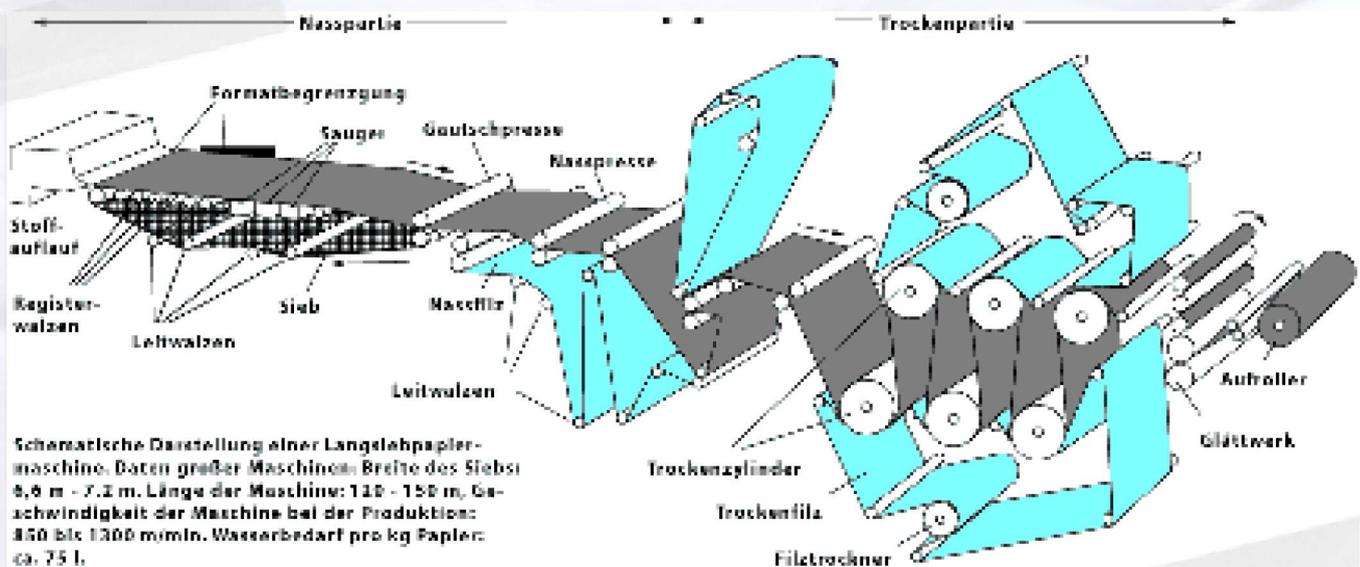
In der Sieb-/Formerpartie bzw. Nasspartie wird der Stoff anschließend durch Siebe entwässert, sodass sich ein immer dichter vernetztes Faservlies bildet. Die Bezeichnung der Papiermaschine orientiert

sich dabei an der Art des Blattbildungssystems (Langsieb-, Rundsieb- oder Schrägsiebmaschine bzw. Former). Zu Beginn dieses Schritts beträgt der Fasergehalt des Stoffs allerdings nur 1 Prozent, sodass für die Herstellung von 1 t Papier 100 t Fasersuspension nötig sind. Das Wasser wird in dem geschlossenen Kreislauf immer wieder verwendet. Durch den Einsatz von verschiedenen Siebeinheiten wird die Herstellung mehrlagiger Papiere möglich. Dafür werden mehrere Vliese hergestellt, die anschließend miteinander vergautscht werden. Am Ende des Verfahrens verfügen die Fasern über einen Trockengehalt von 20% und werden an die Presse weiter transportiert.

In der Presspartie wird der Faserverbund weiter entwässert. Hierzu durchlaufen sie verschiedene Presssysteme (2-Walzen-Pressen, Mehrwalzen-Kompaktpressen und moderne Schuhpressen), nach deren Durchlauf der Trockengehalt der Papierbahn bei etwa 40 bis 52 Prozent liegt. Während der weiteren Trocknung in der Trockenpartie wird das Papier mit Hilfe von Trockensieben und dampfbeheizten Zylindern (Trockenzylindern) erwärmt und auf einen Trockengehalt von ca. 92 bis 94 Prozent gebracht.

Gegen Ende der Produktion wird in der Leimpresse und Nachtrockenpartie dem Papier durch das Auftragen chemischer Hilfsmittel zu besonderen Eigenschaften, wie z. B. erhöhte Beschreib-/Bedruckfähigkeit, Festigkeit, Farbe etc. verholfen. Durch die Leimung wird das Papier steifer und weniger sensibel gegenüber Feuchtigkeit. Der Einsatz von Kunstharzen und Wachsen sorgt für volle Nassfestigkeit.

Am Ende der Papierherstellung steht die Abrollung. Die Papierbahn wird auf Wickelstangen aufgerollt und entsprechend den Wünschen des Käufers auf kleinere Kundenrollen abgewickelt und zugeschnitten.¹⁵



© CC BY-SA 3.0_wikimedia_Die zuckerschnute

Zellstoffquellen im Wandel der Zeit

In den 1850er Jahren entdeckten Engländer das in Spanien und Nordafrika wachsende Gras „Espano“ (Stipa tenacissima und Lygeum spartum), welches sich ausgesprochen gut zur Herstellung von hochwertigen Papieren eignete. In Deutschland ist dessen Nutzung nicht verbreitet, in dessen Herkunftsländern wird es hingegen auch heute noch zur Papierproduktion genutzt.¹⁶

Auch die Getreidepflanzen wurden als Rohstoff herangezogen. Weizen und Roggen als Stroh verarbeitet dienten bis 1960 als Hadernersatz und wurden dann von billigeren Grundstoffen abgelöst.

Heutzutage ist Getreide bzw. Stroh besonders in waldarmen Gegenden wie in weiten Regionen Chinas und Teilen der USA nach wie vor für die Papierherstellung von Bedeutung.¹⁷

Der am weitesten verbreitete und lange Zeit billigste Rohstoff ist und war jedoch Holz. Nadelhölzer geben durch ihren langfaserigen Zellstoff dem Papier eine besondere Festigkeit, wohingegen Laubbäume wie die Birke mit ihren kürzeren Fasern weniger reißfeste, dafür aber glatte Papiere erzeugen. Zumeist wird das Holz allerdings importiert, die einzige heimische Baumart, die in größeren Mengen für die Papierherstellung verarbeitet wird, ist die Fichte.¹⁸

Alternativen zu Papier aus Holz?

Mit dem Fortschreiten der – teils illegalen – Abholzung der letzten Regenwälder ist die Suche nach alternativen Zellstoffquellen unvermeidbar.

Ein Rohstoff, der als mögliche Alternative zu Holz gehandelt wird, ist Gras. **Graspapier** wird rein mechanisch für die Weiterverarbeitung vorbehandelt, ohne Zugabe von Chemikalien. Zudem ist der Rohstoff auf weiten Flächen verbreitet und verfügt über eine schnelle Wachstumsrate. Ein fast 50 Prozent besserer CO₂-Wert gegenüber Zellstoff (30 Prozent gegenüber deinktem Altpapier) und eine 100 prozentige Weiterverarbeitung von Gras/Heu (Holz nach Entfernung des Lignins: 50 Prozent) unterstreichen, laut Hersteller, die positive Ökobilanz des Rohstoffes.¹⁹

Nicht nur Gras wird als mögliche Alternative zur Herstellung von Papier gehandelt. Die Hersteller des **Sheep-Poo-Paper** vertreten die Meinung, dass Gras, sobald es durch den Verdauungstrakt eines Schafs gewandert ist, einen hervorragenden Grundstoff für die Herstellung von Papier bildet. Da die Tiere ihr Futter eher schlecht verwerten, scheiden sie einen Großteil dessen wieder unverdaut aus. Die gesammelten Ausscheidungen werden nun bei 120°C unter Druck sterilisiert und mehrere Tage lang gewaschen, bis nur noch die weichen Fasern für die Papierverarbeitung zurückbleiben. Und das Beste: das Wasch- bzw. Kochwasser ist durch den Vorgang sterilisiert und mit wertvollen Mineralien angereichert. Auf die Felder aufgetragen ergibt sich so ein hervorragendes Düngemittel.²⁰

Doch was Schafe können, das können auch andere Tiere – Elefanten zum Beispiel, diese sind nämlich genauso schlechte Nahrungsverwerter. Die Herstellung von **Elephant-Poo-Paper** aus Elefantendung ähnelt dabei der oben beschriebenen Methode, allerdings werden die Exkrememente mit Salz gekocht und anschließend mit Wasserstoffperoxid sterilisiert. Nach der Trocknung werden die nicht brauchbaren Faserbestandteile ebenso aussortiert, während der Rest zu Papier weiterverarbeitet wird.²¹

Eine weitere Alternative ist das sogenannte **Steinpapier**. Dieses besteht aus 80 Prozent Kalkstein (Kalziumcarbonat) und 20 Prozent Bio-Polyethylen-Harz (HDPE), welches als Bindemittel dient. Der verwendete Kalkstein gehört zu einem der häufigsten Gesteine und wird den nichtverwertbaren Stücken aus Kalksteinbrüchen entnommen. Zu einem feinen Pulver vermahlen, ergibt sich so ein Papier mit einer etwas höheren Dichte als gewöhnliches Papier und einer Reihe besonderer Eigenschaften. So trotzts das Papier auf Grund seiner Zusammensetzung äußeren Einflüssen, wie Wasser, Feuchtigkeit und Schmutz und zeigt sich dabei wesentlich belastbarer, reißfester, schwer entflammbar und ist dennoch leichter zu schneiden als herkömmliches Papier. Die thermische Grenze von Steinpapier liegt bei 65° C, was dazu führt, dass sich das Papier auf Grund der Hitzeentwicklung nur schlecht mit Laserdruckern bedrucken lässt. Offset-, Digital-, UV- und Tintenstrahldruck mit Geltechnik funktionieren hingegen problemlos, hier verringert sich sogar der Einsatz der nötigen Tinte.²²

Bei all diesen Alternativen ist jedoch zu beachten, dass bisher nicht annähernd die benötigte Masse bedient werden kann und Holz als Rohstoff für Papier weiterhin am lukrativsten ist. Die 100 prozentige Wiederverwertung des wertvollen Guts Papier und ein sparsamer Umgang sind bisher die sinnvollsten Möglichkeiten, dem Rohstoffmangel entgegenzuwirken.

Quellen:

1. Abfallberatung Landkreis Tübingen; Infomappe Papier
2. Dr. Brigitte Waldmann, Diplomarbeit: Die Verwendung des Werkstoffes Papier im Kunstbetrieb, mit Fokus auf semantische Aspekte, anhand ausgewählter Beispiele, Wien, Sept. 2011
3. Max Zieger: Papierkunde. Leipzig (Fachbuchverlag) 1952
4. Die dt. Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme Papier- Vom Handwerk zur Massenproduktion (Landschaftsverband Rheinland, Rheinisches Industriemuseum, Museum für Industrie- und Sozialgeschichte, Papiermühle Alte Dombach). Köln, DuMont 2001
5. S. Schachtner; Größer, schneller, mehr – Zur Geschichte der industriellen Papierproduktion und ihrer Entwicklung in Bergisch Gladbach; Rheinland-Verlag, 1996, Köln, S.88
6. www.papiergewichtrechner.de
7. www.agv.papier-nrw.de
8. www.papierunion.de
9. www.greenpeace.org
10. www.umweltbundesamt.de
11. Die Multivision e. V.; REDUSE – Über unseren Umgang mit den Ressourcen der Erde; 2015
12. www.papierundtechnik.de
13. Klaus Beneke: Benjamin Chew Tilghman und zur Geschichte des Papiers und dessen Rohstoffen, Universität Kiel; VDP Papierkompass 2009
14. Kritischer Papierbericht 2013, FÖP
15. www.wellpappe-wissen.de
16. Leonard G. Winans, The book from manuscript to market, 1941
17. www.presstext.com/news/20120716004
18. www.waldwissen.net
19. www.graspapier.de
20. www.sheepooppaper.com
21. www.elephantpooppaper.com
22. www.planet-wissen.de

Zusammensetzung von Papier

Seit jeher gilt Papier als vielfältiger Rohstoff, der eine Bandbreite an Ansprüchen zu erfüllen hat. Vom Schulheft, das Spannendes und Lehrreiches erfassen muss, über Zeitungen, die eine breite Öffentlichkeit informieren, winzige Spickzettel, die sich im Mäppchen verstecken lassen müssen oder das Taschentuch für die Grippesaison. Die Einsatzmöglichkeiten sind so vielfältig, dass die Zusammensetzung des Rohstoffes stark variieren muss.

Die Herstellung im Sulfit- bzw. Sulfatverfahren, sowie verschiedene Faserstoffe werden in der Lehrerinfo 2 B dargestellt.

Grundstoffe für die Papierherstellung

Die Rohstoffe, die für die Herstellung von Papier notwendig sind, lassen sich grob in vier Gruppen unterteilen:

1. Faserstoffe (Holzstoff, Zellstoff oder Altpapier),
2. Leim bzw. Imprägniermittel (tierische Leime, Harze, Paraffine und Wachse),
3. Füllstoffe (Kaolin, Kreide oder Titanweiß) und
4. Hilfsstoffe (Farbstoffe, Retentionsmittel u. ä.), die je nach gewünschten Eigenschaften in unterschiedlichem Verhältnis auftauchen.¹

1. Faserstoffe

Zellulose ist ein Polysaccharid der Kohlenhydrate und kann u. a. aus Holz, Stroh, Textilien und Altpapier gewonnen werden. Grundlage für die Herstellung von Papier ist im Großteil aller Fälle jedoch Holz.² Dieses setzt sich zu 40 - 45 Prozent aus Zellulose, zu 25 - 30 Prozent Hemizellulose und zu 25 Prozent aus Lignin zusammen. Den wichtigsten Grundstoff bildet hierbei die zu Fibrillen verbundene Zellulose. Sie besteht aus vielen, kettenförmig verknüpften Glukoseresten, welche in Verbindung von Wasserstoff Cellobiose formen. Zellulose ist das Polymer der Cellobiosestränge.³ Die weichen Zellulosefasern werden von den Hemizellulosepolymeren umwickelt und durch Wasserstoffbrücken zusammengehalten. Lignin-Polymere stützen die Struktur von außen und bilden einen Verbundstoff, der zum einen für die Festigkeit des Holzes sorgt, zum anderen jedoch auch zu einer schnellen Vergilbung des Papiers führt.⁴ Durch chemischen Aufschluss gelingt es, die faserige Zellulose von den sogenannten Inkrusten zu trennen. Diese sind häufig Lignin und Harze, die sich oft als nachteilig für die späteren Eigenschaften des Papiers zeigen.⁵

Flüssiges Holz

Das Makromolekül Lignin gilt, neben Zellulose, als einer der häufigsten Stoffe dieser Erde und ist ausschlaggebend für die Verholzung der Pflanzen. In der papierverarbeitenden Industrie stellt es mit ca. 50 Mio. Tonnen ein Abfallprodukt dar, welches jedoch mit Hanf- oder Flachsfasern vermischt einen bei Wärme verformbaren Kunststoff ergibt. Dieses „flüssige Holz“ oder Arboform kann zu 100% umweltfreundlich entsorgt werden. In vielen Großbetrieben findet der vielseitige Rohstoff bereits als Bestandteil von Lautsprechern, Uhren, Spielwaren, Geschirr oder Leiterplatten Verwendung.⁹

2. Leimstoffe und Imprägniermittel

Der Einsatz von Leimstoffen führt zu einer Schließung der Poren des Papiers und Verbesserung der Beschreibbarkeit. Er wird auch als Hydrophobierung der Faser bezeichnet. Prinzipiell wird zwischen Oberflächenleimung, bei der das fertige Papier mit Leim beschichtet wird, und Masseleimung, bei der der Leim dem Faserbrei zugegeben wird, unterschieden. Als Leimstoffe der Oberflächenleimung werden häufig Gelatine oder Stärkederivate eingesetzt, bei der Masseleimung werden verseifte Baumharze, AKD (alkylierte Ketendimere) und ASA (Alkenyl Succinic Acid = alkyliertes Bernsteinsäureanhydrid) bevorzugt.

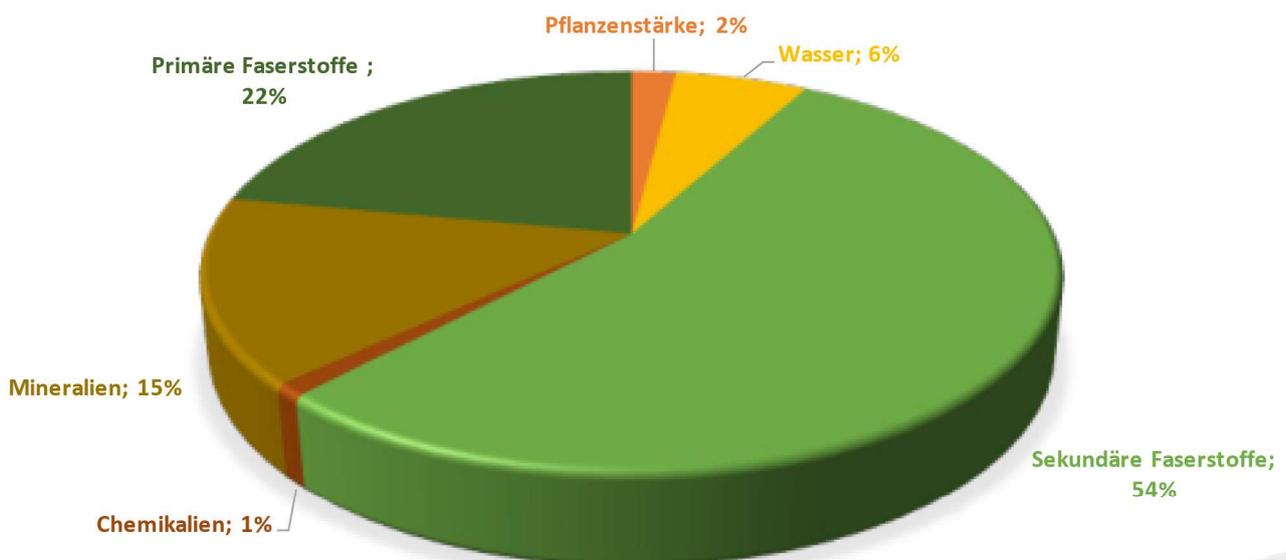
3. Füllstoffe

Durch die Verwendung von Füllstoffen werden die verbleibenden Zwischenräume zwischen den Fasern geschlossen, wodurch, neben einer glatten Oberfläche, das Papier auch geschmeidiger in der Handhabung wird. Die Aschezahl gibt dabei den Masseanteil der eingesetzten Füllstoffe wieder. Ein hoher Wert, kombiniert mit dem Einsatz langer Fasern, spricht für besonders raschelfreies Papier, wie es z. B. in Theaterbroschüren benötigt wird. Hier kann der Gehalt an Füllstoffen bis zu 30 Prozent betragen. Ein weiteres Produkt mit hoher Aschezahl ist Zigarettenpapier, hierbei sorgt der Einsatz von Füllstoffen dafür, dass das entzündete Papier nicht abbrennt, sondern nur zu glimmen beginnt.

In der Vergangenheit gab es eine Vielzahl an Füllstoffen. Kaolin oder Porzellanerde (engl. China Clay) war lange Zeit eines der meist verbreiteten Pigmente in der Papierherstellung. Da die Nachfrage nach weißem Papier bzw. der Anteil an Recyclingpapier (und damit die Notwendigkeit stärkerer Weißpigmente) wuchs, der erreichte Weißegrad jedoch geringer als bei alternativen Stoffen ist, wurde in der Papierindustrie zunehmend zu Calciumcarbonat gegriffen.

Gemahlenes Calciumcarbonat (GCC) ist ein natürliches Produkt mit hohem Helligkeitsspektrum und kann aus Kalkstein, Marmor oder Kreidevorkommen gewonnen werden. Gefälltes Calciumcarbonat (PCC) hingegen wird synthetisch aus gebranntem Kalk hergestellt und kann, je nach gewünschtem Einsatzgebiet, entsprechen modifiziert werden, wirkt jedoch bei zu hohem Einsatz faserschädigend. Ein weiterer Füllstoff ist das sogenannte Talkum. Im Gegensatz zu Calciumcarbonat ist der mit Talkum erreichte Glanz deutlich geringer, hat jedoch einen positiven Einfluss auf die Holzfaserkörnung und kann zu einer Verbesserung der Laufeigenschaften führen. Talkum wird häufig zur Optimierung der Bedruckbarkeit von ungestrichenen Papieren eingesetzt, da es die Porosität der Fasern verringert. Titanweiß/Titanoxid ist einer der teuersten Füllstoffe, durch den der erreichte Glanz sehr hoch werden kann. Auf Grund seines hohen Preises wird es jedoch allenfalls für besondere Auflagen in geringer Stückzahl eingesetzt, gleiches gilt für die Minerale Gips, Bentonit, Aluminiumhydroxid und Silicate.

Die „Statistische Tonne Papier“ in Deutschland (2010)⁷



4. Hilfsstoffe

Je nach späterem Einsatzgebiet des produzierten Papiers können eine Vielzahl unterschiedlicher Hilfsstoffe eingesetzt werden. So werden buntem Bastelpapier oftmals synthetisch erzeugte Farbstoffe zugegeben. Werden starke Intensivtönungen benötigt, wird hingegen zur sogenannten Küpenfärbung (Färbung mit wasserunlöslichen Färbemitteln; namensgebend ist der genutzte Bottich oder Küpe) mit Indigo bzw. zur Rotpigment-Färbung, mit Rotlack oder Cochenille gegriffen. Die eingesetzten Farbstoffe reagieren dabei in der Regel ausschließlich selektiv entweder auf den Cellulose- oder den Holzanteil. Auch weißem Papier können Farbstoffe beigefügt sein, oftmals sind optische Aufheller beigemischt, welche der Gruppe der Farbstoffe zugeordnet werden.

Eine weitere Gruppe der Hilfsstoffe sind die sogenannten Nassfestmittel. Diese Polymere sind während der Verarbeitung wasserlöslich und reagieren mit den Papierfasern unter Bildung von wasserunlöslichen Quervernetzungen, die auch im nassen Zustand dem Papier eine gewisse Stabilität gewähren. Von Küchenkrepp, über Landkarten und Geldnoten, das Einsatzgebiet der Nassfestmittel ist groß. Allerdings hat ihre Verwendung auch einen erheblichen Nachteil für die Altpapierverwertung: Die innerhalb des Papiers erzeugten hydrophoben Ketten verhindern das erfolgreiche Recyceln des Papiers und durch die chemisch aufgebrochenen Nassfestmittel nimmt die Qualität der Fasern rasant ab und die Altpapierqualität sinkt im Vergleich zum normalen Recycling rapide.⁶

Verschiedene Arten von Papier

Hadernpapiere, wie sie für Banknoten-, Bütten- und hochwertige Zeichendruckpapiere verwendet werden, sind holzfreie Papiere mit langen, geschmeidigen und unverholzten Fasern mit hohem Zellstoffanteil. Sie setzen sich aus sogenannten Hadern (pflanzliche Faserstoffe aus textilen Abfällen von Baumwolle, Leinen, Hanf und Flachs) zusammen.

Papiere aus Altpapier, Zell- oder Holzstoff nehmen den größten Produktionsanteil ein und können aus einer Vielzahl pflanzlicher Rohstoffe gefertigt werden. Sie weisen je nach zugrundeliegendem Material stark unterschiedliche Eigenschaften auf und können vom Hygienepapier bis hin zum grafischen Spezialpapier verwendet werden.

Synthetische Papiere aus großmolekularen Kunststofffasern sind oftmals wasserfest und werden u. a. für Führerscheine, Ausweise usw. verwendet. Da sie allerdings nicht wie pflanzliche Fasern verfilzen, müssen diese miteinander verklebt werden.

Holzfreie Papiere werden ausschließlich aus reinem Zellstoff hergestellt, mit einem maximalen Gehalt an verholzten Fasern von 5 Prozent

Holzhaltige Papiere hingegen bestehen zu 10 bis 90 Prozent aus Holzstoff, welchem Zellstoff oder Altpapier beigemischt wurde.⁵

Bleichmethoden für den Papierrohstoff

- Der Einsatz von Chlor, optischen Aufhellern und halogenierten Bleichmitteln ist verboten. Dadurch werden Gewässer und Umwelt geschont.
- Zellstoff: Bleiche immer erforderlich (außer für braune Verpackungspapiere)
- Bleichmittel:
 - Elementares Chlor (Elementarchlorbleiche), in D verboten, weltweit noch zu ca. 2 Prozent angewandt
 - Chlordioxid (=ECF = Elementarchlorfrei) zu rund 93 Prozent verbreitet
 - Ozon/Sauerstoff (TCF = Total Chlorfrei) ca 5 Prozent
- Holzstoff: Bleiche erforderlich mit Sauerstoff/Ozon
- Altpapier: lediglich Faserwäsche (Deinking), mitunter Nachbleiche mit Sauerstoff⁸

Rohstoffeinsatz der dt. Papierindustrie 2015 für 22,6 Mio. t Papier⁸

14 Mio. t	Aufbereitetes Altpapier (=75% der Faserstoffe) aus 16,7 Mio. t eingesetzten Altpapiers (+1% gegenüber Vorjahr)
4,5 Mio. t	Zellstoff (=20% der Faserstoffe) überwiegend aus Importen
1,1 Mio. t	Holzstoff (=5%) aus inländischer Herstellung
3,9 Mio. t	Füllstoffe und Streichpigmente (Kreide, Kaolin, Stärke etc.)

Altpapieranteile⁸

Altpapieranteil in inländisch hergestelltem Papier und Karton = Altpapier-Einsatzquote 2015 der deutschen Papierindustrie	74 %
Altpapieranteil im importierten Papier (errechnet aus den Altpapier-Einsatzquoten der Lieferländer)	ca. 39 %
Altpapieranteil in der inländischen Verbrauchsmenge an Papier (inländisch erzeugtes Papier sowie Importe)	ca. 59 %

Quellen:

1. www.papyrus.com
2. www.lwf.bayern.de
3. www.chemie.de
4. Die Multivision e. V.; REUSE – Über unseren Umgang mit den Ressourcen der Erde; 2015
5. Bundesverband Druck und Medien; 03.01 Papier, Karton, Pappe
6. www.bmlfuw.gv.at
7. www.tu-dresden.de, eigene Darstellung
8. föp, Papierkompass 15. Ausgabe 12/2015
9. www.tecnaro.de/deutsch/arboform.htm

Wie viel ist das in Bäumen?

Es gibt verschiedene Formeln, die in der Forstwissenschaft zur Berechnung eines Baumvolumens genutzt werden. Wir greifen hier auf eine möglichst einfache Formel zurück, bei der man sich den Baum als geometrischen Körper vorstellt und sagt, dass die Vielzahl der Äste in der Krone den Stamm, der nach oben immer dünner wird, ausgleicht. Durch diese Vorannahme können wir auf die Formel zur Berechnung eines Kreiszylinders zurückgreifen. Die Rechenschritte bauen aufeinander auf und verwenden Werte der vorherigen Schritte.

Wie viel Holz enthält ein Baum?

Die Berechnung erfolgt über das Volumen eines Kreiszylinders.

Beispiel:

Baumhöhe = 25 m
Durchmesser = 40 cm ($r = 20$ cm bzw. 0,2 m.)

Ein 25 Meter hoher Baum, der einen Durchmesser von 40 cm hat, enthält $3,14 \text{ m}^3$ Holz.

Formel:

$$V = \pi r^2 \cdot h$$

Rechnung:

$$V = \pi \times 0,2 \text{ m}^2 \times 25 \text{ m} = 3,14 \text{ m}^3$$

Wie viel Kilogramm Holz stecken in einem Kubikmeter Baum?

Holz hat je nach Baumart eine unterschiedliche Rohdichte. Die Rohdichte beeinflusst das Gewicht des Holzes.

Beispiel:

Ein Eukalyptusbaum hat eine Rohdichte von 1040 kg/m^3 .

Im Vergleich dazu hat eine Fichte nur eine Rohdichte von 470 kg/m^3 .

Bei einem Volumen von $3,14 \text{ m}^3$ hat ein Eukalyptusbaum ein Holzgewicht von $3.265,6 \text{ kg}$. Im Vergleich dazu hat eine Fichte bei gleichem Volumen nur ein Holzgewicht von $1.475,8 \text{ kg}$.

Formel:

$$\text{Gewicht des Holzes} = V \times \text{Rohdichte}$$

Rechnung:

$$3,14 \text{ m}^3 \times 1040 \text{ kg/m}^3 = 3.265,6 \text{ kg}$$

bzw.

$$3,14 \text{ m}^3 \times 470 \text{ kg/m}^3 = 1.475,8 \text{ kg}$$

Wie viel Papier entsteht aus einem Baum?

Für 1 kg Papier werden ungefähr 2,2 kg Holz benötigt.
Aus 3.265,6 kg Eukalyptus lassen sich 1.484,36 kg Papier herstellen.
Aus einer Fichte mit gleichem Volumen lassen sich nur 670,82 kg Papier herstellen.

Formel:

Papiermenge (in kg) = Rohdichte : 2,2

Rechnung:

$3.265,6 \text{ kg} : 2,2 \text{ kg} = 1.484,36 \text{ kg}$ Papier
bzw.

$1.475,8 \text{ kg} : 2,2 \text{ kg} = 670,82 \text{ kg}$ Papier

Wie viele Bäume sind für den Jahresbedarf einer Klasse notwendig?

Der durchschnittliche Jahrespapierverbrauch pro Person beträgt 251 kg.
Bei 23 Schülern beträgt der Papierverbrauch also 5.773 kg pro Jahr (bei 30 Schülern 7.530 kg).
Dies entspricht bei einer Klasse mit 23 Schülern etwa 4 Eukalyptusbäumen oder 9 Fichten pro Jahr.

Formel:

Anzahl Schüler x 251 kg =
Jahresverbrauch d. Schüler

Rechnung:

$23 \times 251 \text{ kg} = 5.773 \text{ kg}$

Formel:

Jahresverbrauch : Papiergewicht
= Anzahl Bäume

Rechnung:

$5773 : 1.484,36 \text{ kg} = 3,9$

Wie viele Bäume sind für den Jahrespapierbedarf einer Schule notwendig?

Bei 350 Schülern braucht eine Schule 59 Eukalyptusbäume bzw. 131 Fichten.

Formel:

$(\text{Anzahl Schüler} \times 251 \text{ kg}) : \text{Papiergewicht}$
= Anzahl Eukalyptusbäume / Fichten

Rechnung:

$(350 \times 251 \text{ kg}) : 1.484,36 \text{ kg} = 59,1$ Eukalyptusbäume
 $(350 \times 251 \text{ kg}) : 670,82 \text{ kg} = 131$ Fichten

Wie groß wäre ein kleines Wäldchen mit 59 Eukalyptusbäumen?

Es wäre 1.475 m² groß. Dies entspricht etwa der Größe eines Eishockeyfeldes.
350 Schüler verbrauchen also jedes Jahr eine Fläche Wald von der Größe eines Eishockeyfeldes oder etwas mehr als die Größe eines Schwimmbeckens.

Wir gehen bei der Rechnung davon aus, dass die Eukalyptusbäume in der Plantage in einem Abstand von 5 Metern voneinander stehen.

Das bedeutet, dass jeder Baum eine Fläche von 25 m² einnimmt.

Herkunft Zellstoff und Problematiken des Zellstoffanbaus

Der globale Papierverbrauch befindet sich auf einem Rekordhoch, doch um diesen zu ermöglichen, fallen tagtäglich riesige Flächen Wald der Holzverarbeitenden Industrie zum Opfer. Der weltweite Konsum ist keinesfalls ausgeglichen, allein der Papierbedarf von Deutschland ist größer, als der Gesamt-Papierverbrauch von Indien und Indonesien.

In der Regel wird billiger Zellstoff aus Frischfasern oder bereits verarbeitetes Frischfaserpapier importiert. Rund 80 Prozent des in Deutschland gefertigten Papiers entstammen Frischfaserimporten aus aller Welt. Die Schweiz importiert sogar 100 Prozent und Österreich dagegen nur 10 Prozent.¹

Doch woher kommt der weltweit verarbeitete Zellstoff?

Der Großteil des Zellstoffs für die weltweite Papierindustrie kommt aus Wäldern der gemäßigten Breiten und borealen Wäldern, aus den USA, Kanada, China, Schweden, Finnland und Russland.² Die einzelnen Problematiken dazu finden Sie im Lehrerheft auf Seite 12 und 13.

17 Prozent des 2014 weltweit produzierten Zellstoffs kamen aus den Tropen, vor allem aus Brasilien und Indonesien.³

Zellstoff aus den Tropen

Brasilien ist mit einer Produktionsmenge von 16,8 Mio. t Zellstoff im Jahr 2014 das Tropenland mit der größten Zellstoffproduktion. Im weltweiten Vergleich liegt Brasilien auf Platz 4 der Zellstoff produzierenden Länder, hinter den USA, China und Kanada.⁴ Laut *iba*, dem brasilianischen Dachverband der Forstindustrie, beträgt die Fläche der Holzplantagen in Brasilien im Jahr 2015 7,8 Mio. ha, wovon 34 Prozent, also ca. 2,7 Mio. ha, für die Zellstoffproduktion genutzt werden.⁵ Das entspricht einer Fläche größer als Mecklenburg-Vorpommern.

Nicht nur Brasilien, auch weitere Tropenländer wie Indonesien, exportieren weltweit große Mengen Zellstoff.⁶ Von 1988 bis 2010 wuchs die Zellstoffproduktion in Indonesien um das 19-fache auf 7 Mio. t an,⁷ ein Niveau, auf dem sie sich seitdem in etwa gehalten hat, denn 2014 waren es laut der FAO 6,7 Mio. t.⁸ Zwar wurden in Indonesien bis zum Jahr 2012 bereits 3 Mio. ha Monokultur-Plantagen (meist Akazien) für die Zellstoffproduktion angelegt,⁹ aber die Nachfrage der weltweiten Zellstoffindustrie ist immer noch größer als die Holzmenge, die aus den Plantagen zur Verfügung steht. Zwischen 2000 und 2010 stammte ca. die Hälfte des Holzes, das in Indonesien in die Zellstoffproduktion ging, aus der Abholzung von Regenwäldern.¹⁰ Dabei wurde allein in den dafür ausgeschriebenen Konzessionsgebieten eine Fläche von mindestens 1,9 Mio. ha Wald gefällt.¹¹

1 FÖP, Papier – Wald und Klima schützen, 2012

2 FAO (2016) Yearbook of Forest Products 2014, S. 144f.

3 Eigene Rechnung basierend auf FAO (2016) Yearbook of Forest Products 2014, S. 144f

4 FAO (2016): Yearbook of Forest Products 2014, S. 144f, 177.

5 indústria brasileira de árvores (iba) (2016): Relatório Annual 2016, S. 46.

6 FAO (2016): Yearbook of Forest Products 2014, S. 144ff.

7 Obidzinski, K., Dermawan, A. (2012a): New round of pulp and paper expansion in Indonesia: what do we know and what do we need to know, S. 1.

8 FAO (2016): Yearbook of Forest Products 2014, S.144.

9 Overbeek, W., et al. (2012): An overview of industrial tree plantation conflicts in the global South. Conflicts, trends, and resistance struggles. EJOLT Report No. 3, S. 67.

10 Obidzinski, K., Dermawan, A., (2012): Pulp industry and environment in Indonesia: is there a sustainable Future?, in: Environmental Change (2012b) 12, S. 962.

11 Über 55% der Abholzungen von Regenwäldern fanden aber außerhalb von Konzessionsgebieten statt. Vgl.: Abood et al. (2015): Relative Contributions of the Logging, Fibre, Oil Palm, and Mining Industries to Forest Loss in Indonesia, Conservation letters, 2015, 8(1), S. 60, 62.

Weite Wege beim Zellstoff-Import nach Deutschland

Papier in Deutschland wird nur zu 17,6 Prozent aus heimischem Holz hergestellt, alles andere – also über 80 Prozent – wird importiert. Zum Teil als Zellstoff oder bereits als fertiges Papier.¹²

Die Menge importierten Zellstoffs betrug 2014 in Deutschland insgesamt 3,41 Mio. t.¹³ Die Herkunft des Zellstoffs, der in Deutschland zu Papier verarbeitet wird, hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert. Kamen 1990 noch fast 50 Prozent des Zellstoffs aus Kanada und Schweden und gerade einmal 3 Prozent aus Brasilien, kamen im Jahr 2012 bereits 28 Prozent aus Brasilien und nur noch 3 Prozent aus Kanada.¹⁴ Der Verband deutscher Papierfabriken (vdp) gibt für das Jahr 2014 1,04 Mio. t Zellstoffimporte aus Brasilien an.¹⁵ Dies entspricht bereits 31 Prozent der gesamten Zellstoffimporte,¹⁶ die Tendenz ist also weiterhin steigend.

Neben Zellstoff importiert Deutschland jedoch noch mehr Papier, sowohl Frischfaser- als auch Recyclingpapier, im Jahr 2014 11 Mio. t. Hier kommt der Großteil aus europäischen Ländern, allen voran Schweden und Finnland mit zusammengenommen fast 4,5 Mio. t.¹⁷

Rechnet man also Papier und Zellstoff-Importe zusammen, kamen 2014 8,7 Prozent des Papiers in Deutschland aus dem Tropenland Brasilien, das damit Platz vier der Herkunftsländer unserer Papier- und Zellstoffimporte belegt.¹⁸

Holzzuwachs

Holzzuwachs in unseren Wäldern:
Auf 1ha wachsen bei uns jährlich etwa 8m³ Holzmasse zu.
= ca. 1,5 t Zellstoff als Papierrohstoff pro ha und Jahr.

Holzzuwachs auf Eukalyptusplantagen, z. B. in Brasilien:
Auf 1 ha etwa 40m³ jährlicher Zuwachs
= ca. 7 t Zellstoff als Papierrohstoff pro Hektar und Jahr

Umrechnungsfaktor: 5,5 m³ Holz ergeben 1 t Zellstoff

Quelle: föp, Papierkompass 15. Ausgabe 12/2015

Es gibt weitere, indirekte Zellstoffimporte, die in Statistiken nicht auftauchen und daher auch nur schwer zu beziffern sind.¹⁹ Aus Indonesien importiert Deutschland beispielsweise nur sehr geringe Mengen an Zellstoff und Papier direkt, im Jahr 2014 waren es lediglich 112.000 t.²⁰ Über Papier(produkt)-Importe aus anderen Ländern, vor allem China und einigen europäischen Ländern, gelangt jedoch sehr viel mehr indonesischer Zellstoff nach Deutschland.²¹ Vom WWF Deutschland wurde seit 2010 in mehreren Analysen nachgewiesen, dass sich im Papier von in China gedruckten Kinderbüchern und in anderen Papierprodukten wie Notizbüchern, Briefumschlägen und Geschenkartikeln, Tropenholz befindet. In immerhin 18 Prozent der

analysierten Papierprodukte²², die der WWF hat untersuchen lassen, wurden Fasern aus Tropenholz gefunden.²³ Da China die Hälfte der indonesischen Zellstoffexporte bezieht,²⁴ ist davon auszugehen, dass auch ein Teil dieses Zellstoffs in Papierprodukten den deutschen Markt erreichen.

12 Robin Wood (2016): Wo unser Papier wächst, 9. akt. Aufl., S. 1.

13 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 26.

14 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht, S. 14.

15 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 56.

16 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 31.

17 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 46.

18 Robin Wood (2015): Wo unser Papier wächst, 8. akt. Aufl., S. 1.

19 Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2013): Kritischer Papierbericht 2013, S. 65.

20 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 57.

21 Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2013): Kritischer Papierbericht 2013, S. 21, 65.

22 Bei den Kinderbücher-Stichproben waren es 2010 13 Prozent und 2011/2012 47 Prozent in denen Tropenholzfasern nachgewiesen werden konnten.

23 WWF (2015): WWF Marktrecherche Papier. Raubbau an tropischen Wäldern. EU-Holzhandelsverordnung, S. 1.

24 Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2013): Kritischer Papierbericht 2013, S. 65.

Probleme durch die Zellstoffproduktion in den Tropen

Umweltprobleme

Die Zellstoffproduktion für die Papierherstellung ist einer der weltweiten Entwaldungstreiber.

Wie oben dargestellt, wird insbesondere in Indonesien tropischer Regenwald direkt zur Papierherstellung gefällt. Damit werden Lebensräume von Tieren und Pflanzen zerstört und die biologische Vielfalt reduziert. Wird Holz aus Naturwäldern geschlagen, fallen nicht nur die Bäume, die für die Holz- und Zellstoffproduktion verwendet werden. Zusätzlich verdichten schwere Erntemaschinen den Boden, mindern so seine Wasseraufnahmefähigkeit und beeinträchtigen das umgebende Ökosystem. Ohne ausreichenden Bewuchs und beschleunigt durch die starken Regenfälle in den Tropen, schreitet die Bodenerosion nach der Abholzung schnell voran.²⁵ Es werden zudem Schneisen und Straßen in den Wald geschlagen um das gefällte Holz abtransportieren zu können. Diese Straßen ermöglichen leichteren Zugang für weitere zerstörerische Aktivitäten im Wald, was diesen in die Gefahr der fortschreitenden Zerstörung bringt.²⁶

Holzplantagen

Neben der Abholzung von Naturwäldern in den Tropen und anderswo, wird der Rohstoff Holz durch das Anlegen von Holzplantagen, also künstlich gepflanzte Monokulturen einer Baumart, zur Verwertung des Holzes in der Zellstoffproduktion bereitgestellt. Auf der einen Seite kann der Druck auf den (Regen-)Wald durch produktive Plantagen tatsächlich abgeschwächt werden, andererseits können Monokultur-Plantagen Teil des Problems sein.

Monokultur-Plantagen, von den Menschen vor Ort häufig „grüne Wüsten“ genannt, können vielfältige Umwelteinflüsse und -schäden zur Folge haben: Meist kommt es durch die Flächennutzung für die Zellstoffplantagen zu einer Verdrängung der vorherigen (landwirtschaftlichen) Nutzung auf neue Flächen – zum Beispiel Regenwaldflächen, die im Zuge dessen neu gerodet werden. Über diesen Prozess, der als indirekte Landnutzungsänderung bezeichnet wird, wird für die Plantagen indirekt Wald abgeholzt. Die Ausdehnung der Plantagen führt so also letztlich zu weiterem Waldverlust.²⁷ Dieser Prozess macht es zusätzlich schwierig, verlässliche Angaben zu den für Zellstoff-Plantagen gerodeten Waldflächen zu erhalten. Die brasilianischen Plantagen für die Zellstoffproduktion stehen vor allem im Gebiet des küstennahen Regenwalds, der Mata Atlántica, wo heute nur noch 7 Prozent des ursprünglichen Regenwalds existieren.²⁸ Nach Aussagen eines brasilianischen Wissenschaftlers sind aktuell in einigen Gebieten der Mata Atlántica, im Süden des Bundesstaates Bahia, 85 Prozent der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen mit Eukalyptus bedeckt.²⁹

Aktuell ist in Brasilien der Bau von acht neuen Zellstofffabriken geplant, die eine nationale Produktionserhöhung von 7,7 Mio. t im Jahr zur Folge haben sollen. Diese Fabriken sind sowohl in der Mata Atlántica als auch im Amazonas und vor allem im Cerrado geplant. Um die für die erhöhte Produktionskapazität benötigte Menge Holz zu beschaffen kann mit der Entwicklung neuer Eukalyptusplantagen in der nahen Umgebung gerechnet werden. Auch wenn nicht direkt Wälder für die Anlage der Plantagen abgeholzt werden sollen und sie auf degradiertem Weideland entstehen, ist die Gefahr der indirekten Entwaldung (durch die Landnutzungsänderungen der Weideflächen) groß.³⁰



25 European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 12.

26 EEPN (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 12; Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 32.

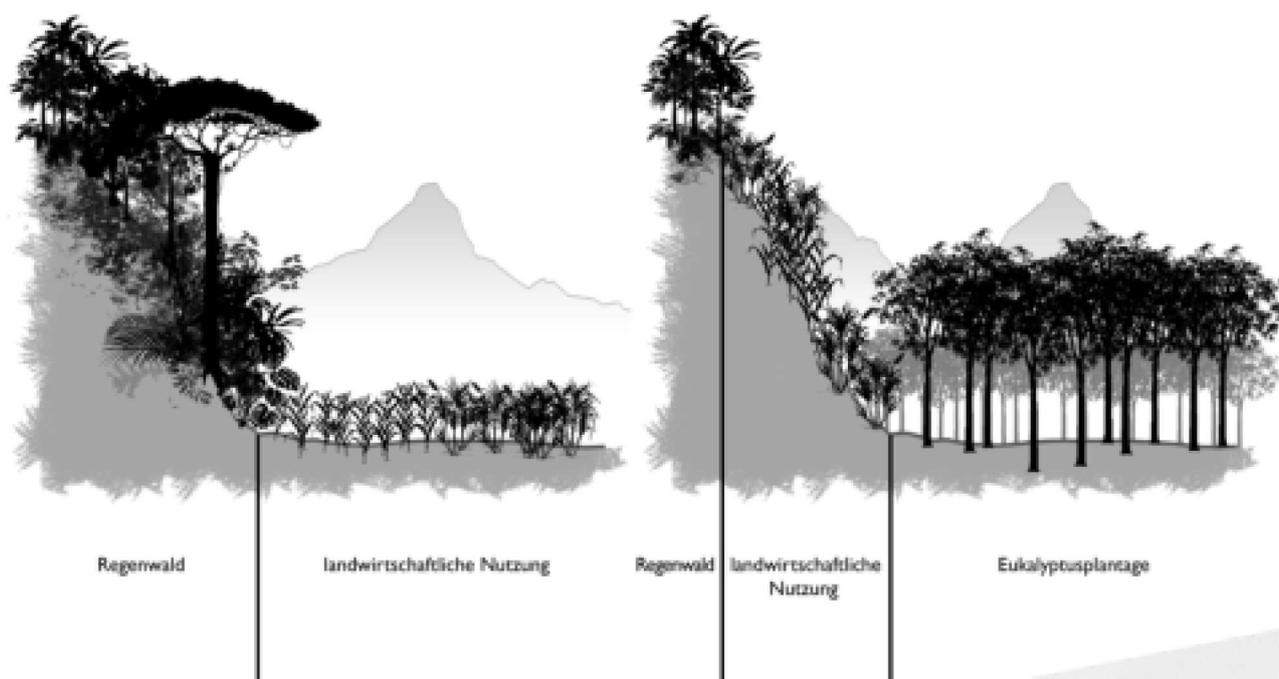
27 European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 13; Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 37.

28 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 17.

29 Birindiba Batista, Igor (2015): Die Zellstoffproduktion in Südbahia – Geschichte einer Tragödie, in: fUgE-News, 2/2015, S. 6.

30 European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 6.

INDIREKTE LANDNUTZUNGSÄNDERUNGEN



Regenwald fällt auch direkt für die Anlage von Monokultur-Plantagen für die Zellstoffproduktion, zum Beispiel in Indonesien. Seit 1990 ist die Anlage von Monokultur-Holzplantagen neben der Anlage von Ölpalm-Plantagen der Haupttreiber des Waldverlusts in dem tropischen Land. Auf Satellitenaufnahmen ist erkennbar, dass 23 Prozent der Primärwaldflächen, die zwischen 2000 und 2010 gerodet wurden, für die Zellstoffproduzierende Industrie zu Holzplantagen umgewandelt wurden.³¹ Wie groß die gesamte Regenwald-Fläche aktuell ist, die dort für Zellstoffplantagen bereits weichen musste, ist nur schwer zu beziffern, da die Datenlage gering und häufig widersprüchlich ist und Unklarheiten birgt. Zahlen beziehen sich beispielsweise auf alle Plantagenarten in Indonesien und sind nicht nach der Pflanze oder der späteren Verwendung (Zellstoffproduktion) aufgeschlüsselt. Anzunehmen ist jedoch, dass immer noch neue Waldflächen den sich ausbreitenden Monokultur-Plantagen zur Zellstoffproduktion zum Opfer fallen. Denn der Bau von zwei weiteren Zellstofffabriken mit einer Kapazität von weiteren 2,5 Mio. t Zellstoff ist geplant,³² und diese Entwicklung wird auch staatlicherseits unterstützt. So sieht der langfristige Waldentwicklungsplan der indonesischen Regierung vor, dass im Jahr 2030 14,7 Mio. ha mit Holz produzierenden Plantagen belegt sein sollen – etwa die doppelte Fläche wie aktuell.³³

Gefahr von ökologisch und sozial negativen Auswirkungen durch schlechte Bewirtschaftung von Plantagen

Durch die häufige Rodung/Ernte (Eukalyptus in Brasilien ca. alle 7–12 Jahre)³⁴ und das regelmäßige Entfernen anderer, unerwünschter Pflanzen, wird in Monokultur-Plantagen die biologische Vielfalt dezimiert und der Boden verdichtet, ausgelaugt und anfällig für Bodenerosion. Am häufigsten findet der in Australien beheimatete Eukalyptus in den brasilianischen Monokultur-Plantagen Verwendung. Aufgrund der ätherischen Öle in den Bäumen ist die Feuergefahr erhöht und der pH-Wert des Bodens

³¹ Klute, Marianne (2013): Landnutzungsplanung in Indonesien. Regelungen, Chancen und Hemmnisse, Hrsg.: Forum Umwelt und Entwicklung, S. 2.

³² European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 8.

³³ Obidzinski, K., Dermawan, A., (2012): Pulp industry and environment in Indonesia: is there a sustainable Future?, in: Environmental Change (2012b) 12, S. 962.

³⁴ Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 34.

wird saurer. Der sehr hohe Wasserverbrauch des Eukalyptus von um die 12.000 Liter Wasser pro Hektar Plantagenfläche am Tag führt zu einer Absenkung des Wasserspiegels in der Umgebung, und einer geringeren Wasserverfügbarkeit für andere landwirtschaftliche Tätigkeiten.³⁵

In einer solchen Monokultur-Plantage ist die Zufuhr von Pestiziden und Dünger ebenso wie bei sonstiger intensiver industriell-landwirtschaftlicher Nutzung notwendig, um wirtschaftlich profitabel zu sein. Neben der grundsätzlich kritischen Tatsache der Anwendung von Pestiziden wie Glyphosat, kann es auf nicht sorgfältig bewirtschafteten Plantagen zum Eintrag von Pestizid- und Düngerüberschuss ins Wasser kommen, was zu einer Gefahr für die Lebensmittel- und Trinkwasserversorgung der Bevölkerung wird.³⁶

Die ausgelaugten Plantagenböden führen bereits nach dem 3. bis 4. Pflanzungszyklus zu vermehrten Krankheiten und dadurch bedingtem höheren Pestizideinsatz und schlechterer Ernte. Ein und derselbe Fleck Land lässt sich so je nach Region nur 30–100 Jahre für den Holzanbau nutzen, danach bleibt unfruchtbares, nicht mehr nutzbares Land zurück und neue, fruchtbarere Flächen werden von den Plantagen in Anspruch genommen.³⁷

Die weltweite Produktion und Nutzung von Papier benötigt selbst bei der größtmöglichen Altpapier-Nutzungsquote (siehe dazu weiter unten) jedoch immer noch ca. 20 Prozent Frischfasern. Um den Druck auf die (weltweiten) Wälder abzumildern, müssen also Flächen für die Zellstoffproduktion gefunden werden, die nicht in Konkurrenz zum Erhalt von Wäldern oder Anbauflächen für die Lebensmittelversorgung stehen.³⁸ Durch eine nachhaltige Bewirtschaftung degra-



rierter Böden, wie beispielsweise Mischwald- oder Agroforstsysteme, können Böden wieder regeneriert und gleichzeitig der Holzertrag wirtschaftlich genutzt werden.

Zellstofffabriken

Bei den Verarbeitungsschritten vom Holz zum Zellstoff findet ein enormer Wasser- und Energieverbrauch und Chemikalieneinsatz statt. Beim Aufschließen der Holzstruktur und bei der Weiterbearbeitung kommen Chemikalien zum Einsatz, die je nach Formulierung/Existenz und Einhaltunggrad der landesüblichen Abfall-, Abgas- und Abwasservorschriften, Luft, Böden und nahegelegene Wassersysteme, sowie die Gesundheit der Bevölkerung gefährden können.³⁹

Soziale Probleme

Das durch die Ausweitung der Plantagen in Brasilien stattfindende Landgrabbing großer Konzerne und die damit einhergehenden Landnutzungsveränderungen zerstören die Existenzgrundlagen der dortigen Bevölkerung. Entweder gehen Flächen für die Subsistenz- oder kleinbäuerliche Landwirtschaft – also Ackerland und Viehweiden – verloren, was die lokale Ernährungssicherheit gefährdet. Oder die lokale Bevölkerung verliert durch den eingeschränkten oder verlorenen Zugang zum Wald Orte zur Ausübung kultureller Praktiken sowie die Möglichkeit Nahrungsmittel, Brenn- und Bauholz, Heilpflanzen und weitere Waldprodukte, die ihre Lebensgrundlage bilden, zu sammeln.⁴⁰

35 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 31f, European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 3, 13ff.

36 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 31f, European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 3, 13ff.

37 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 34f.

38 European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 13.

39 European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 18.

40 European Environmental Paper Network (EEPN) (2015), Mapping Pulp Mill Expansion. Risks and Recommendations, S. 12, 16f.

Bei der staatlichen Vergabe von Landkonzessionen für neue Zellstoffplantagen in Indonesien⁴¹ und Brasilien⁴² werden teilweise die Landrechte der lokalen Bevölkerung missachtet. Wehren sich die Betroffenen, gibt es Berichte von Einschüchterungen seitens der Sicherheitsfirmen der Zellstoffproduzenten und von aggressiven, teils gewalttätigen Begegnungen mit Sachschäden, Verletzten und sogar Toten.⁴³ Arbeitsplätze gibt es in den Plantagen zur Zellstoffproduktion nur wenige. In Indonesien werden Arbeitskräfte nur zum Beginn der Anlage einer Plantage in größerer Anzahl benötigt, also zum Roden, Vorbereiten und schließlich Bepflanzen des Gebiets.⁴⁴ Auch eine brasilianische Eukalyptus-Plantage benötigt je nach Standort nur in den ersten Jahren intensiveren Arbeitseinsatz zur Bewässerung und zum Pestizideinsatz. Die Ernte ist hochtechnisiert. Auch in den Zellstofffabriken werden wenige, dafür jedoch qualifizierte Arbeiter benötigt, die allerdings häufig von außerhalb kommen.⁴⁵

41 Obidzinski, K., Dermawan, A. (2012a): New round of pulp and paper expansion in Indonesia: what do we know and what do we need to know, S. 4.

42 Environmental Paper Network (EPN) (2007): Social impacts of the paper industry, S. 1f.

43 Environmental Paper Network (EPN) (2007): Social impacts of the paper industry, S. 3.

44 Casson, A., et al. (2014): Large scale plantations, bioenergy developments and land use change in Indonesia, CIFOR, S. 11.

45 Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2013): Kritischer Papierbericht 2013, S. 33f.

Das Papier-Quiz + Lösungen

Aufgabe

Was schätzt ihr? Staunenswerte Zahlen rund um das Thema Papier erfahrt ihr im folgenden Quiz!

1. Rechnet man den Jahrespapierverbrauch aller Deutschen in einen Stapel Schreibpapier um, so reicht dieser ...

- locker von der Erde bis zum Mond.**
- bis zur Spitze des höchsten Berges der Welt.
- bis zum Dach des höchsten Hauses der Welt.

2. Im Jahr 2014 wurden in Deutschland 20,4 Millionen Tonnen Papier und Pappe verbraucht. Schätzt mal, wie viel das pro Kopf ist.

- 100 Kilogramm (entspricht ungefähr dem Gewicht eines Pandabären).
- 251 Kilogramm (entspricht dem Gewicht eines Löwen).**
- 50 Kilogramm (entspricht ungefähr dem Gewicht einer zierlichen schlanken Frau).

3. Jeder fünfte gefällte Baum ...

- wird als Brennmaterial genutzt.
- wird zu Gartenmöbeln verarbeitet.
- landet in einer Fabrik, die Papier herstellt.**

4. Die Deutschen verbrauchen mittlerweile im Jahr so viel Papier ...

- wie die Menschen in Portugal, Irland und Griechenland zusammen.
- wie die Menschen in Indien und Indonesien zusammen.**
- wie die Menschen in Afrika.

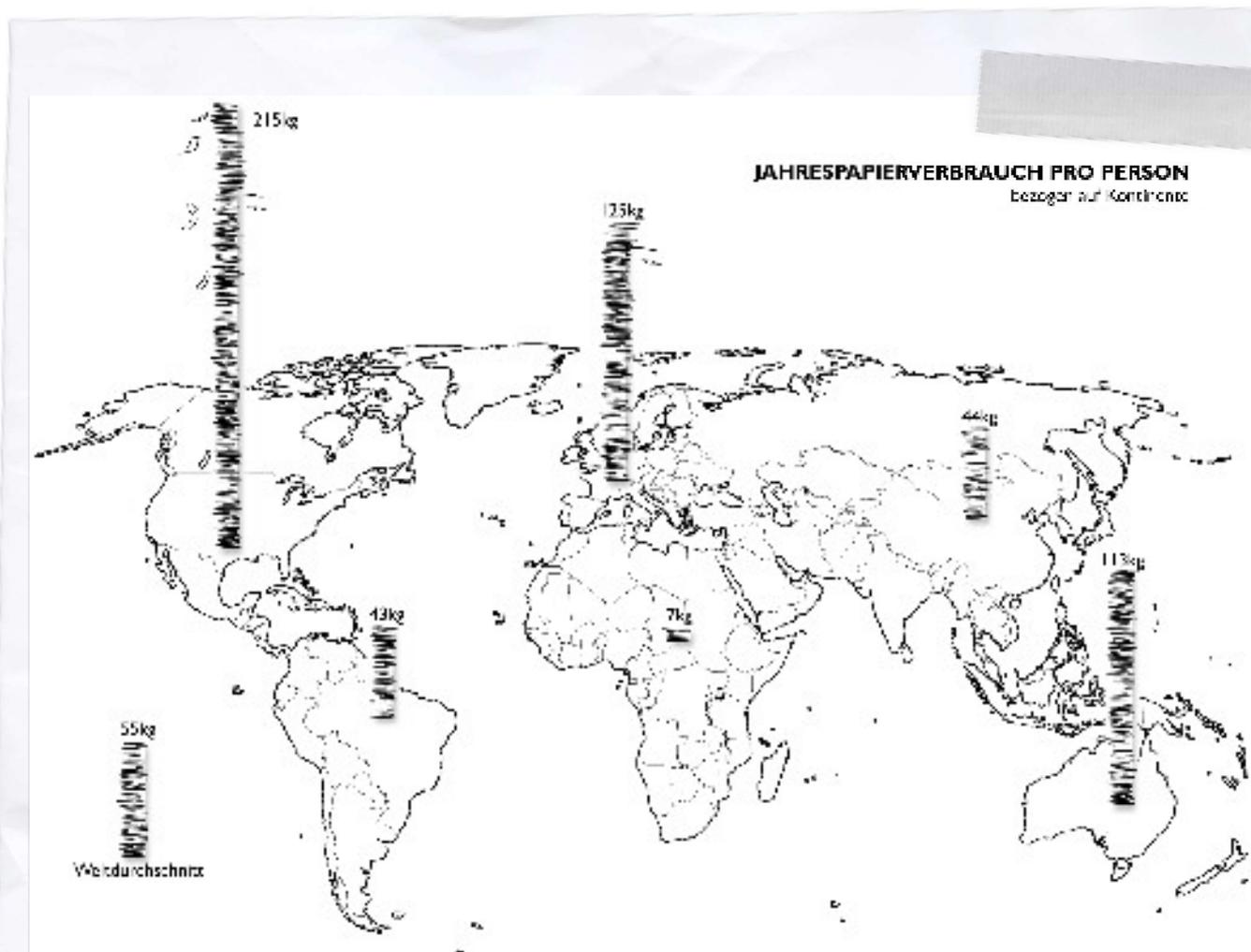
5. Mit etwa zwei Jahren hat ein deutsches Kind bereits mehr Papier verbraucht als ...

- 2 Tropenwaldbäume liefern.
- ein Mensch in Indien in seinem gesamten Leben verbraucht.**
- man braucht, um ein dickes Buch mit 1.000 Seiten zu schreiben.

6. Stellt man sich den gesamten Jahrespapierverbrauch Deutschlands als eine aneinander gereihete LKW-Schlange vor, so reicht diese Schlange von 40 Tonnen LKW ...

- einmal um ganz Berlin herum.
- von Berlin bis zur Chinesischen Mauer.**
- von Berlin bis München.

Papierkonsum



Im Jahr 2014 wurden weltweit 398 Mio. t Papier verbraucht, das heißt pro Tag verbrauchen wir global mehr als 1 Million Tonnen Papier. Pro Person auf dieser Erde sind das umgerechnet 55 kg im Jahr. Der Papierkonsum ist regional jedoch hochgradig unterschiedlich. In Lateinamerika und Asien mit 43 bzw. 44 kg/Kopf ist der Papierkonsum unterdurchschnittlich gering, in Nordamerika und Europa mit 215 bzw. 125 kg/Kopf durchschnittlichem regionalen Verbrauch weit überdurchschnittlich. Der Pro-Kopf-Wert für Afrika liegt mit 7 kg so niedrig, dass damit nicht mal annähernd die Grundbedürfnisse eines Menschen an Bildung, Kommunikation und Hygiene abgedeckt sind. Die minimale Papierbedarfsgrenze beziffert die UNESCO auf 30 kg.¹

In Europa wurden 2014 104 Mio. t Papier verbraucht, davon 7,7 Mio. t Zeitungsdruck, 25,5 Mio. t grafische Papiere, 59,2 Mio. t sonstige Papiere und Verpackung, 7,9 Mio. t Hygienepapier, 46,8 Mio. t Verpackungspapiere und Karton, 4,5 Mio. t Sonstiges.²

Mit 20,2 Mio. t Papierverbrauch im Jahr 2014 ist Deutschland global gesehen der viertgrößte Verbraucher und verbraucht mehr als Indien und Indonesien zusammen. Und dass, obwohl in Indien und Indonesien 18,5 mal mehr Menschen leben, als in Deutschland.³ Als einzelnes Land sticht Deutschland im weltweiten Vergleich besonders negativ hervor, denn mit einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 251 kg im Jahr 2014 sind wir praktisch Nr. 1 (nur das kleine Land Luxemburg kann unseren Pro-Kopf-Verbrauch toppen, hat aber in absoluten Zahlen nur einen Verbrauch von 154.000 t im Jahr).⁴

¹ FAO (2016): Yearbook of Forest Products 2014, S. 186; Environmental Paper Network (2014): Globale Vision für Nachhaltigkeit in Papierkonsum und -wirtschaft, S. 4.

² FAO (2016): Yearbook of Forest Products 2014, S. 186 – 220.

³ Eigene Rechnung basierend auf Daten aus FAO (2016) Yearbook of Forest Products 2014, S. 187, und CIA World Fact Book.

⁴ FAO (2016): Yearbook of Forest Products 2014, S. 186f.

PAPIERVERBRAUCH IN DEUTSCHLAND
(pro Kopf pro Jahr)



In normales Kopierpapier (80 g/m²) umgerechnet, entspricht dieser „persönliche“ Verbrauch einem Stapel von etwas mehr als 100 Packungen à 500 Blatt DIN-A4. Der Stapel aller Deutschen zusammen wäre 520.000 Kilometer hoch und würde damit weiter als bis zum Mond oder 13 Mal um die Erde passen.

Wovon verbrauchen wir was?

Den Großteil verbrauchen wir für Wegwerfprodukte wie (Versand-) Verpackungen, Hygieneartikel und kurzlebige Printerzeugnisse wie Briefkastenwerbung.

Verpackungsmaterialien

8,86 Mio. t Papier, Karton und Pappe haben wir im Jahr 2013 verbraucht.⁵ Und der Verbrauch wächst, sowohl aufgrund des stetigen Wachstums des Online-Versandhandel für Privathaushalte als auch aufgrund der starken deutschen Exportwirtschaft.⁶

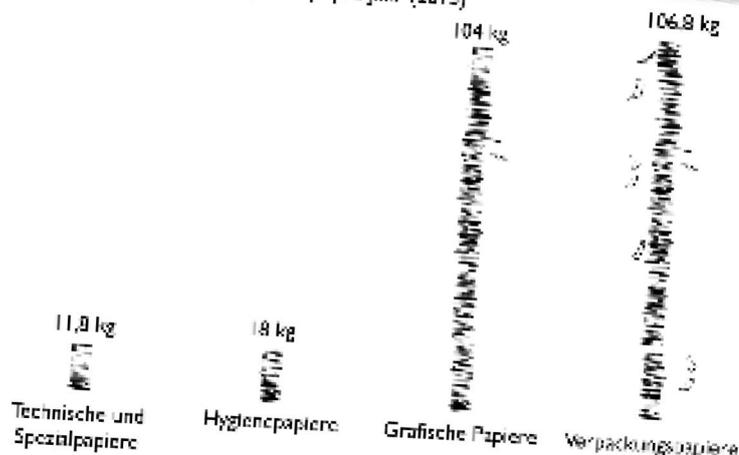
Grafische Papiere

Unter diese Kategorie fallen Papiere für den Zeitschriften-, Zeitungs- und Buchdruck sowie Kopierpapiere, Schreibhefte, -blöcke etc. Im Jahr 2013 wurden in Deutschland 8,6 Mio. t Papier in dieser Kategorie verbraucht,⁷ darunter allein 1,3 Mio. t für Briefkastenwerbung.⁸

Hygienepapiere

Die Menge an verbrauchtem Toilettenpapier, Taschentüchern, Windeln, etc. wächst in Deutschland stetig, was mit der demografischen Entwicklung Deutschlands erklärt wird.⁹ 2013 lag der Verbrauch bei 1,5 Mio. t, immerhin 18 kg pro Kopf.¹⁰

PAPIERSORTEN VERBRAUCH PRO KOPF
Rechnerischer Verbrauch pro Kopf pro Jahr (2013)



Quelle: Eigene Darstellung nach vdp, Papier 2015

5 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 79.
 6 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 9.
 7 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 79.
 8 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 82.
 9 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 9f, 82.
 10 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 79

Im Vergleich: Verbrauch von Papier, Karton und Pappe nach Hauptpapiersorten

	Deutschland	Schweiz	Österreich	Frankreich
Verpackung	8,86 Mio. t	441.000 t	1,07 Mio. t	4,3 Mio. t
Sonstige Grafische Papiere	6,54 Mio. t	493.000 t	548.000 t	3,24 Mio. t
Zeitungsdruck	2,07 Mio t	211.000 t	218.000 t	340.000 t
Hygienepapiere	1,51 Mio. t	148.000 t	151.000 t	865.000 t

Quelle: vdp, Papier 2015, S. 79.

Problemfeld Einweg

Pommesschalen, Pizzakartons, Bäckertüten, Eisbecher, Kaffeebecher – der kleine Snack zwischendurch ist meist mit Einwegverpackungen verbunden. Diese machen einen großen Teil unseres Abfalls aus. Im Falle des Coffee-to-go-Bechers sind es z. B. 2,8 Milliarden Becher pro Jahr in Deutschland, jeden Tag rund 7,6 Millionen, jede Stunde 320.000. Somit verbraucht jeder Deutsche rechnerisch 34 Becher pro Jahr. Aufgestapelt (mit Deckel) ergäbe dies einen 300.000 km hohen Turm oder reichte mehr als sieben Mal um die Erde.



©Sascha Krautz/DUH

Nur 15 Minuten nutzen wir diese Becher und verursachen damit in Deutschland 31.000 Tonnen Abfall jährlich – die Plastikdeckel nicht mit eingerechnet! Da Recyclingfasern nicht geeignet sind, um als Verpackungsmittel für Lebensmittel zu fungieren, werden die Becher in der Regel aus Frischfaser hergestellt. Um die enorme Menge an Coffee-to-go-Bechern zu produzieren, sind 29.000 Tonnen Papier notwendig – umgerechnet ergibt das 43.000 Bäume. Pro Becher wird ein halber Liter Wasser gebraucht – mehr als für die Zubereitung des darin enthaltenen Kaffees. Zudem werden für die Herstellung des Papiers für die Becher umgerechnet 32 Millionen kWh pro Jahr verbraucht und 83.000 Tonnen CO₂ ausgestoßen.

Ein vollständiges Recycling der Becher ist kaum möglich, da sich durch die Kunststoffbeschichtung der Becher meist nur ein kleiner Teil der Papierfasern wieder löst und die Becher oft auch falsch entsorgt werden.¹¹

Handlungsmöglichkeiten

... um unseren Papierkonsum zu reduzieren:

- Schreibpapier doppelseitig benutzen oder kopieren
- nur wirklich Wichtiges ausdrucken
- Schmierpapier für Notizen verwenden
- Einzelverpackungen vermeiden bei Zucker, Teebeutel, Bonbons etc.
- am Briefkasten ein Schild mit der Aufschrift „Bitte keine Werbung einwerfen“ befestigen
- Beim Kauf von Papier unbedingt auf Recyclingpapier achten! (Das erkennt man an dem Siegel „Der Blaue Engel“.)
- Zeitschriften und Bücher weitergeben, verkaufen oder verschenken
- Schulhefte, Kopier-, und Klopapier mit dem Blauen Engel nutzen
- Stoffe oder gebrauchte Zeitschriften als Geschenkverpackung nutzen
- lokal einkaufen und auf Onlinehandel mit viel Verpackungsmaterial verzichten.
- Wichtig ist es, den Müll richtig zu trennen, denn nur sauber getrenntes Altpapier kann recycelt werden!

¹¹ DUH, Fact-sheet „Umweltproblem Coffee to go-Einwegbecher“, 2015

Papierrecycling

Laut dem Umweltbundesamt und weiteren Studien des IFEU-Instituts ist Recyclingpapier in allen ökologisch relevanten Bereichen dem Frischfaserpapier überlegen und trägt damit zum Ressourcen-, Wald- und Klimaschutz bei.¹ Das Energie- und Wassereinsparungspotential bei der Aufbereitung und Wiederverwendung des Altpapiers ist dabei am höchsten:

Zudem werden als Fasergrundlage bei Recyclingpapier 1,2 kg Altpapier verwendet, so dass keine Frischfasern benötigt werden. Für die Herstellung von 1 kg Zellulose aus Frischfaser benötigt man hingegen 2,2 kg Holz.²



Angegeben sind Durchschnittswerte, da jede Fabrik und jede Papiersorte unterschiedliche Produktionsstandards aufweisen.

Beim Aufbereiten des Altpapiers zu Recyclingpapier werden außerdem geringere Mengen Chemikalien benötigt als bei der Herstellung von Primärfaserpapier. Auch sind diese weniger giftig.³ Durch die Wiederverwertung fällt zudem schlicht weniger Abfall an.⁴ In der Fachliteratur wird von einer mindestens sieben-maligen Nutzung derselben Faser gesprochen,⁵ bis sie ihre physikalischen Belastungsgrenzen erreicht hat und im Aufbereitungsprozess als zu kurze Faser aussortiert wird. Voraussetzung für diese intensive Nutzung ist allerdings eine vorherige sortenreine Sammlung. In dem Bereich muss weltweit noch mehr geschehen, um das volle Potential von Altpapier auszuschöpfen, z. B. durch eine höhere und bessere Sammelquote und Rücklauf in die Produktion. Auch die Druck- und Farbindustrie ist gefragt, geeignetere Druck- und Klebetechniken zu entwickeln, die sich besser und mit geringem Chemikalieneinsatz von der Faser entfernen lassen. Zudem sollte die Nutzung der Fasern kaskadisch gestaltet sein: die ersten Male sollten die Fasern für hochwertige Papierprodukte wie Kopierpapier, Schreibhefte oder Bücher wiederverwendet werden. Erst in späteren Aufbereitungszyklen dann als Zeitungspapier oder Verpackungspapiere (Karton). Der letzte Zyklus im Leben einer

Papier hat 7 Leben

... und ist mit den heutigen Techniken bis zu 7 Mal recycelbar!



1 Initiative Pro Recyclingpapier (IPR) (2015): Recyclingpapier-Report 2015, S. 12.

2 Eigene Darstellung nach Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2013): Kritischer Papierbericht 2013, S.71.

3 Umweltinstitut München (2012): Münchener Stadtgespräche, S. 17.

4 Umweltbundesamt (UBA) (2015): Recyclingpapier. Antworten auf häufig gestellte Fragen, S. 2.

5 Ackermann, Ch., et al. (2009): Papermaking potential of recycled fibre, in: Höke, U., Schabel, S.: Recycled Fibre and Deinking, S. 452.

Zellstofffaser wäre bei optimaler Nutzung das Toilettenpapier, da dieses nach der Nutzung nicht mehr wiederverwendet wird.⁶

Unterschieden wird Recyclingpapier noch mal in drei Qualitätssorten; in eine untere, eine mittlere und eine bessere Sorte Recyclingpapier, wovon die unteren und mittleren Sorten mit 85 Prozent Mengenanteil am Altpapier überwiegen. Die unteren und mittleren Sorten werden aktuell vor allem als Verpackungsmaterial wiederverwendet. Eine hohe Nachfrage nach hellen Recyclingprodukten verknappt die Möglichkeit die unteren Sorten durch Mischung mit den besseren Sorten auch für andere Papierkategorien wie z. B. grafische Papiere verwertbar zu machen.⁷

Die Nachfrage nach Recyclingpapier steigt weltweit, vor allem in den aufsteigenden Industrien in China, Indien, Indonesien, Mittlerer Osten/Arabische Halbinsel. Aktuell ist jedoch das verfügbare Angebot nicht ausreichend, da die Sammelkapazitäten in vielen Ländern noch stark ausgebaut werden müssten. Die Nachfrage nach Altpapier wächst aber auch, weil Papier als Energieträger in (Müll-) Verbrennungsanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung sehr begehrt ist. So energetisch genutzt steht es dann als Rohstoff dem Recycling nicht mehr zur Verfügung. Die weltweit steigende energetische Nutzung von Holz und Papier verstärkt den Druck auf den Rohstoff Holz bzw. Zellstoff.⁸

In Deutschland ist der größte Teil der „Rohstoffe“ für die nationale Papierproduktion Altpapier, im Jahr 2014 immerhin 16,6 Mio. t. Davon wurden 15 Mio. t im Inland gesammelt. Das entspricht einer Quote von immerhin 71 Prozent Altpapier, das in der deutschen Produktion eingesetzt wird. Deutschland importierte 2014 3,8 Mio. t Altpapier, vermehrt die mittleren und besseren Sorten,⁹ vor allem aus den Niederlanden, Dänemark und Polen – und exportierte 2,4 Mio. t Altpapier, vor allem in die Niederlande, nach Frankreich, Österreich, aber auch China.¹⁰ Da Deutschland jedoch neben Frischfaserzellstoff für die eigene Papierproduktion auch Papiere und Papierprodukte aus anderen Ländern mit geringerer Altpapiereinsatzquote importiert, sind es rechnerisch nur 56 Prozent Altpapier, die wir in Deutschland nutzen.¹¹ Von den 251 Kilo Papier die jede und jeder Deutsche rechnerisch jährlich verbraucht, sind also 140 Kilo Altpapier. Technisch möglich wären aber bis zu 200 Kilo, denn Frischfasern bräuchte es nur um den Verlust von ca. 20 Prozent der Fasern zu kompensieren, die nach mehrfacher Nutzung zu kurz oder zu stark verschmutzt sind.¹² Aktuell werden aber ca. 40 Prozent Frischfasern verwendet.¹³

Der Altpapieranteil unterscheidet sich von Papiersorte zu Papiersorte teils erheblich: So werden Verpackungspapiere und Zeitungspapier zu nahezu 100 Prozent aus Altpapier hergestellt, grafische Papiere und Hygienepapiere jedoch nur zu 36 bzw. 51 Prozent.¹⁴ Im Jahr 2000 waren es noch 74 Prozent Recyclingpapieranteil im Hygienepapier. Für den Anstieg der Nachfrage nach Primärfaserpapier statt Recyclingpapier werden kulturelle/Verhaltensgründe angeführt. So äußerte ein Geschäftsführer eines Hygienepapierherstellers die Beobachtung, dass die Menschen verstärkt Produkte mit mehrlagigem Toilettenpapier kauften.¹⁵

6 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 55, 57f.

7 Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2012) Papier. Wald und Klima schützen, S. 20f.

8 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 51, 54.

9 Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 50.

10 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 58f.

11 Trauth, Jupp, Schönheit, Evelyn (2004): Kritischer Papierbericht 2004, S.28; Forum Ökologie & Papier (FÖP) 2013: Kritischer Papierbericht 2013, S. 55.

12 Robin Wood (2015): Wo unser Papier wächst, 8. akt. Aufl., S. 4; Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2012): Papier. Wald und Klima schützen, S. 20.

13 Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2015): Papierkompass, 15. Ausgabe, S. 4.

14 Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2015): Papier 2015. Ein Leistungsbericht, S. 58.

15 Forum Ökologie & Papier (FÖP) (2013): Kritischer Papierbericht 2013, S. 9f, 82; Umweltinstitut München (2012): Münchener Stadtgespräche, S. 23.

Altpapier-Einsatzquote

Die **Altpapier-Einsatzquote** ist das Verhältnis von eingesetztem Altpapier zur produzierten Menge von Papier, Karton und Pappe.

Das **Altpapieraufkommen** ist die Menge an Altpapier, die aus dem Inland für die Papierherstellung zur Verfügung steht.

Die **Altpapier-Rücklaufquote** ist das Verhältnis vom Altpapieraufkommen zum Papier-, Karton- und Pappeverbrauch.

Quelle: VDP, Papierrecyclen

Altpapiereinsatzquote nach Ländern in Prozent



Altpapiereinsatzquote in Deutschland nach Sorten in Prozent

Sorte	2000	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Wellpappenpapiere	108	107	109	109	109	109	109
Faltschachtelkarton	82	90	92	88	88	88	89
Sonstige Verpackungspapiere	69	78	73	72	70	66	65
Verpackungspapiere	95	100	101	101	101	100	99
Zeitungsdruckpapier	117	110	111	115	109	112	107
Sonst. grafische Papiere	18	30	29	29	33	33	36
Grafische Papiere	37	49	47	48	48	51	51
Hygienepapiere	74	57	53	50	51	52	51
Spezialpapiere, -karton u. -pappen	41	45	42	41	39	43	42

Quelle: VDP

Die über 100% liegenden Quoten resultiert im Wesentlichen aus den Verlusten bei der Altpaperaufbereitung

Recyclingpapier

In Deutschland darf nur Papier aus 100% Altpapier auch „Recyclingpapier“ genannt werden, wie z.B. Zeitungspapier.

Quelle: VDP, 2015

Doch was genau versteht man eigentlich unter Recycling?

Das eigentliche Recycling beginnt bereits in den Händen der Verbraucher. Ihnen obliegt der erste Schritt, nämlich die Vorsortierung der Materialien in die entsprechende Tonne. Wichtig dabei: Nur reines Altpapier darf in die dafür vorhergesehene Tonne, Materialien mit Kunststoffanteil am besten trennen oder gleich in die Tonne für den grünen Punkt.

Nach dem Abtransport des Altpapiers aus den Haushalten wird dieses in Fabriken sortiert und anfallende Fremdstoffe (Plastiktüten, Alufolien etc.) manuell abgetrennt. Der so vorbereitete Rohstoff wird nun gepresst und i.d.R. zu einem weiteren Verarbeitungsort transportiert.

Hier wird nun das Papier von seiner Druckerfarbe getrennt, durch das sogenannte De-Inking. Dabei werden die Druckerfarben chemisch vom Papier abgelöst, Luftblasen werden durch den Faserbrei gepumpt, an denen sich die Farbpartikel festsetzen und so an die Oberfläche getrieben werden.

Nach diesem Reinigungsschritt wird die Masse durch Zugabe von Wasser (Heißerfaserung) in die einzelnen Fasern zerlegt. So verarbeitet wandert das Altpapier dann in den normalen Papierherstellungskreislauf, von wo es nach diversen Verarbeitungsschritten wieder dem Verbraucher zur Verfügung steht.¹⁶

¹⁶ Die Multivision e. V.; REdUSE – Über unseren Umgang mit den Ressourcen der Erde; 2015

Doch für eine allumfassende Beurteilung von Recyclingpapier ist auch eine Betrachtung der etwaigen Nachteile unabdingbar. Zwar gelingt es den Herstellern von Recyclingpapier durch das Voranschreiten der technischen Möglichkeiten immer besser, die zuvor im Papier eingesetzten Farbstoffe und Chemikalien bei der Weiterverwertung abzutrennen, doch im Falle von Farben auf Mineralölbasis ist dies bisher nur in bedingtem Ausmaß möglich. Die Folgen sind über 250 potentiell migrierende Stoffe: Darunter Weichmacher, Druckfarben und Mineralölkohlenwasserstoffe, welche sich in recycelten Verpackungen ansammeln und dabei auch in die Nahrung übergehen können. Durch eine eingefügte Kunststoffbarriere oder Beschichtung wird die Migration der Stoffe allerdings auf ein minimales Maß reduziert.¹⁷

Eine Umstellung auf mineralölfreie Farben ist unabdingbar, um den Einsatz von Kunststoffen in der Verpackungsindustrie zu reduzieren. Allerdings ist anzumerken, dass dies nur für den direkten Kontakt mit Lebensmitteln gilt. Für den Bürobedarf oder als Hygienepapiere ist der Einsatz von Recyclingpapier vollkommen unbedenklich.¹⁸

Der Schlüssel zu einem erfolgreichen Recycling liegt in einem gut ausgebauten Sammelsystem und einer sortenreinen Auftrennung des Altpapiers. Dennoch benötigt Recyclingpapier auch Frischfaserpapier! Denn ohne den Einsatz von Frischfasern fehlt der nötige Nachschub für den Recyclingpapierkreislauf. So ist nicht nur das Recycling wichtig, sondern auch das Precycling – ein bewusster und nachhaltiger Umgang mit Papier, um wichtige Ressourcen zu sparen.¹⁹

¹⁷ www.verbraucherzentrale.de/papier-karton-pappe

¹⁸ www.umweltbundesamt.de/themen/recyclingpapier-eine-gute-alternative-zu

¹⁹ www.papyrus.com/deCH/services/9800025/Papierrecycling/view.htm

Im Siegeldschungel

Erarbeiten Sie mit Ihren Schülern die Siegelkarten zu den einzelnen Siegeln und Umweltzeichen. Hier finden Sie noch weitere Hinweise und Hintergrundinformationen, um auf die Schüler eingehen zu können.

Warum ist Altpapier umweltfreundlicher als Frischfaserpapier?

Durch die Verwendung von Altpapier verringert sich die Menge an Müll, die endgültig entsorgt werden muss und z. B. verbrannt wird. Das spart nicht nur Bäume, sondern auch CO₂. Denn Bäume binden CO₂, das sonst durch die Abholzung von Bäumen und die Erosion von Böden freigesetzt würde. Denn für 1 kg Papier aus frischen Fasern werden im Durchschnitt 2,2 kg Holz benötigt.¹

Im Vergleich zu Frischfaserpapier werden für die Herstellung von Altpapier 60 Prozent weniger Energie und sogar 70 Prozent weniger Wasser verbraucht.²

Zudem kann Papier bis zu sieben Mal recycelt werden. Auf Recyclingpapier zu setzen spart also eine ganze Menge Bäume.

Wenn Papier nicht zu 100 Prozent recycelt ist, bedeutet das, dass Bäume für frische Fasern gefällt wurden.

Die Qualität von Altpapier

Es gibt fünf unterschiedliche Gruppen von Altpapier, die in der Europäischen Norm 643 definiert werden:

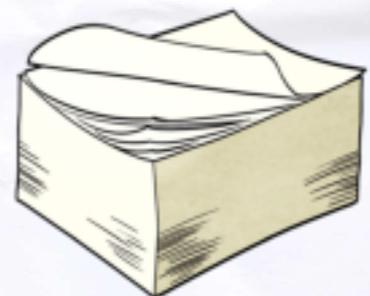
- Gruppe 1: untere Sorten
- Gruppe 2: mittlere Sorten
- Gruppe 3: bessere Sorten
- Gruppe 4: krafthaltige Sorten
- Gruppe 5: Sondersorten

Generell ist es so, dass **Altpapier von niedriger Qualität** umweltfreundlicher ist als **Altpapier von hoher Qualität**, da es schon verwendet und vielleicht sogar schon ein- oder mehrmals recycelt wurde. Altpapier von hoher Qualität kann auch Papier sein, das hergestellt aber noch nie verwendet wurde. Das können z. B. Reste aus der Papierproduktion sein. Papier von hoher Qualität wird außerdem zur Aufbesserung niedriger Altpapierqualitäten verwendet. Für besonders weiße Recyclingpapiere, die überwiegend aus hellen, hochqualitativen Altpapieren gefertigt sind, müssen diese Altpapiere teilweise extra importiert werden, da es sich um einen begehrten und seltenen Rohstoff handelt – im Gegensatz zu den unteren und mittleren Sorten.

Quellen:

1 FÖP: Kritischer Papierbericht 2013, S. 73.

2 FÖP: Kritischer Papierbericht 2013, S. 71.



Kritik relativ bewerten

Besonders bei den „Kritikpunkten“ auf den Siegelkarten ist es wichtig, den Schülern zu vermitteln, dass man Kritik nicht nur quantitativ sondern auch relativ bewerten sollte. Es ist wichtig, offen für Meinungen und Aussagen zu sein, die gegen die eigene Meinung sprechen. Wichtig ist vor allem, sich gut zu informieren und sich schließlich aus dem Pro und Contra eine eigene Meinung zu bilden.

Beispiel 1:

Die Siegelkarten beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit dem Thema Recyclingpapier. Generell gilt: Je weniger Kritikpunkte, desto umweltfreundlicher ist das Papier mit dem jeweiligen Siegel und umgekehrt. Allerdings gibt es auch Siegel wie FSC und PEFC, die ihren Schwerpunkt auf nachhaltige Waldwirtschaft legen und nicht auf die Produktion von Recyclingpapier, wie es der Blaue Engel oder ÖKOPapier tun.

Der FSC ist aktuell der beste Standard für nachhaltige Forstwirtschaft, der laufend angepasst und weiterentwickelt wird. Das ist durchaus positiv zu bewerten, auch wenn die Standards ökologisch noch nicht perfekt sind und Papier mit dem Blauen Engel deutlich umweltfreundlicher ist.

Beispiel 2:

Am Markt kann es Produkte geben, die nicht ausgezeichnet sind, obwohl sie die Kriterien für bestimmte Siegel erfüllen, da die Auszeichnungen nur auf Antrag vergeben werden und Geld kosten. Besonders kleine Unternehmen können sich manche Siegel einfach nicht leisten und stehen dadurch nach außen schlechter da, als sie eigentlich sind. Siegel können für ein Unternehmen also auch Nachteile bedeuten, während sie dem Verbraucher jedoch die Möglichkeit geben, eine bessere Entscheidung zu treffen.

