

# Papier und Ökologie

*Von Jupp Trauth / FÖP (Forum Ökologie & Papier)*

## Grundlegende Informationen zur Herstellung von Papier aus Holz und Altpapier

### 1 Papierherstellung

#### 1.1 Papier: Ein ökologisches Produkt?

Es wird oft die Frage gestellt: Ist Papier ein umweltfreundlicher Stoff? Nach landläufigen Kriterien für Umweltfreundlichkeit genügt Papier diesen Anforderungen, denn Papier ist

- aus einem nachwachsenden Material,
- im Gebrauch unbedenklich und
- nach Gebrauch weitgehend problemlos und sinnvoll zu recyceln. (M 1)

Der Joghurtbecher etwa fällt beim ersten und letzten Kriterium eindeutig durch, lediglich im Gebrauch ist er unbedenklich, was wiederum von vielen anderen Stoffen, mit denen wir täglich umgehen, nicht behauptet werden kann (Klebstoffe, Farben u.ä.).

Papier hat also eine gute Ausgangsposition hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit. Dennoch ist Papier ständig in der Diskussion, weil es den Riesenunterschied gibt zwischen dem einzelnen Blatt, das in der Tat kaum meßbare Umweltbelastungen nach sich zieht und den 18 Millionen Tonnen, die jährlich bei uns hergestellt und verbraucht werden. Durch diese große Verbrauchsmenge wachsen selbst kleinste Umweltbelastungen pro Produkteinheit zu gewaltigen Problemen an.

Wie bei vielen anderen Stoffen gilt auch hier: Wir verbrauchen zu viel Papier und liegen beim Papierkonsum mit anderen Industriestaaten in der Weltspitze. (M 2)

Nach einer konjunkturbedingten schwachen Absenkung erreicht der Papierverbrauch in allen Industrieländern derzeit wieder neue Höchstwerte und alle Prognosen weisen steil nach oben. Außerdem geht der Trend wieder mehr zu weißem Frischfaser-Papier entsprechend der oberflächlichen Meinung, daß Helligkeit und Qualität zusammengehören.

Und: Wir recyceln immer noch zu wenig Papier, obwohl wir Deutschen angeblich auch beim Papier "Recycling-Weltmeister" sein sollen. Aber eine Recyclingquote von knapp über 60% besagt eben auch, daß fast 40% anderweitig entsorgt werden müssen und diese Menge beträgt beim Gesamtverbrauch von 18 Millionen Tonnen immerhin über 7 Millionen Tonnen jährlich. (M 3).

Aus diesen drei Gründen - zu viel, zu weiß, zu wenig recycelt - ist Papier unter ökologischer Betrachtung zu einem problematischen Stoff geworden.

#### 1.2 Rohstoffgewinnung: Vom Holz zur Papierfaser

Die größten Umweltbelastungen entstehen bei der Herstellung des Rohstoffes für das Papier. Die einfache Gegenüberstellung eines Holzstückes und eines Papierblattes macht deutlich, daß wir es mit zwei unterschiedlichen Stoffen zu tun haben: Hier das harte, braune Holz, da das flexible, weiße Papier. (M 4)

Holz besteht zu 40 - 45 % aus Zellulosefasern als Gerüstsubstanz, aus 25% Lignin, das um die Fasern gelagert ist, und aus 25 - 30 % Hemicellulose als Verbindungssubstanz zwischen Lignin und Fasern. Bildlich ist der Aufbau des Holzes mit einem Stahlbetonbau zu vergleichen, wobei die Fasern das Eisenskelett bilden und die harzigen Substanzen Lignin und Hemicellulose mit dem Beton vergleichbar sind.

Für Papier können lediglich die Fasern des Holzes gebraucht werden, sodaß Lignin und Hemicellu-

## Papier: Ein Lebenslauf

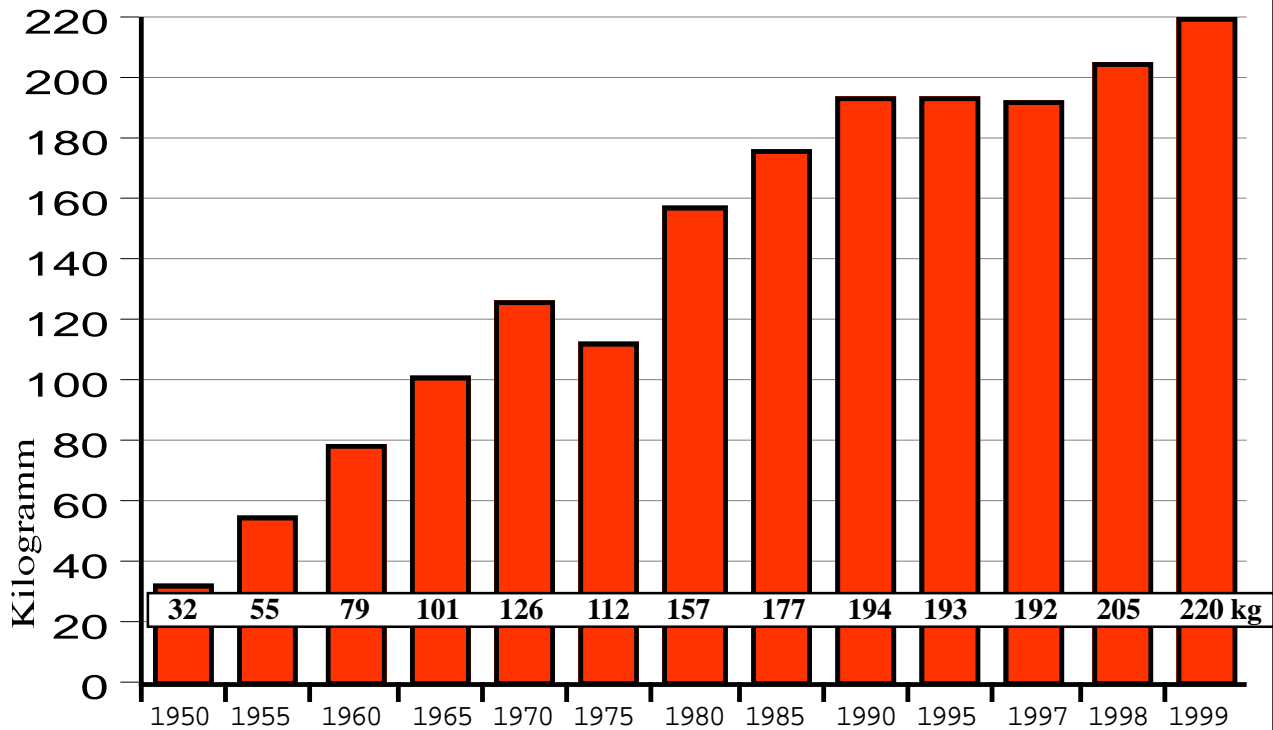
Material	Rohstoff Holz, nachwachsend - aus Primärwäldern? - aus tropischen Sekundärwäldern? - aus Kahlschlagwäldern? - reichlich vorhanden? - regionale Herkunft?	(+)
Herstellung	Enormer Wasserverbrauch Hoher Energieeinsatz Hoher Chemikalieneinsatz	(-)
Gebrauch	Einfach im Gebrauch, gebrauchsfreundlich	+
Nach Gebrauch	Mehrfach recycelbar, danach verrottbar oder thermisch nutzbar. Evtl. problematisch: Zusatzstoffe.	(+)

Ergebnis:

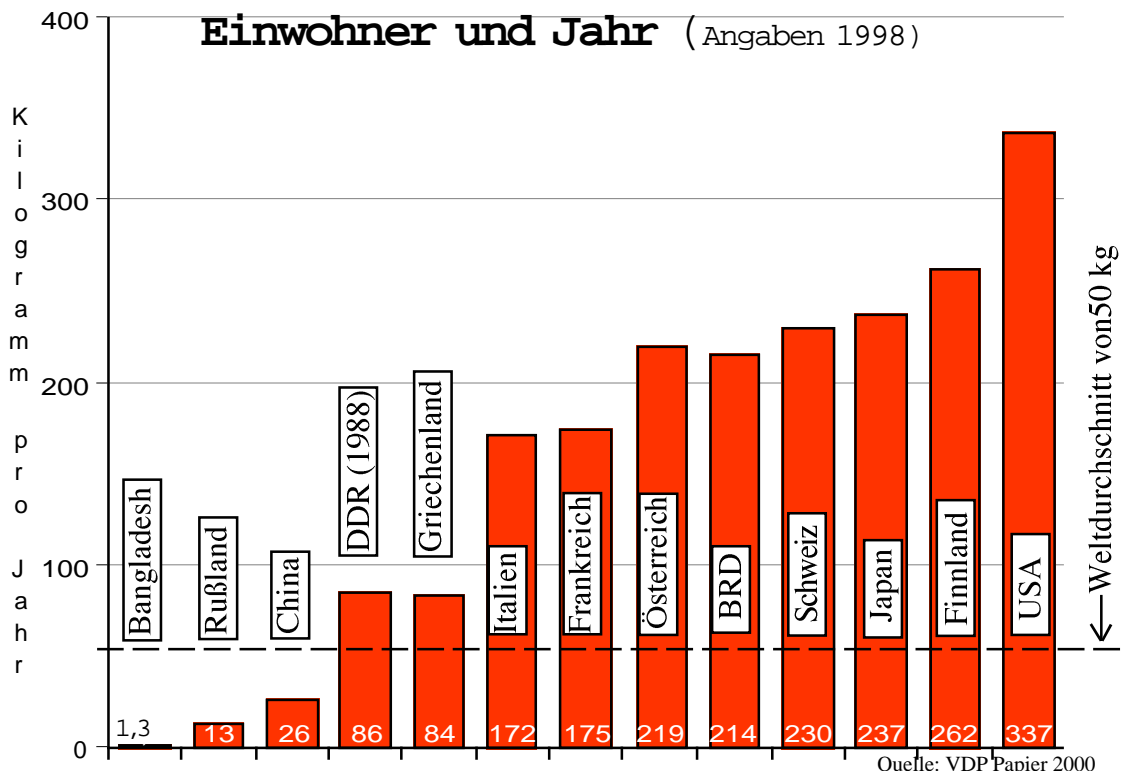
Papier = Ein ökologischer Stoff mit Schattenseiten

## M 2

### Inländischer Papierverbrauch in kg pro Einwohner und Jahr (BRD, ab 1990 gesamtdeutsch)



### Papierverbrauch ausgewählter Länder in kg pro Einwohner und Jahr (Angaben 1998)

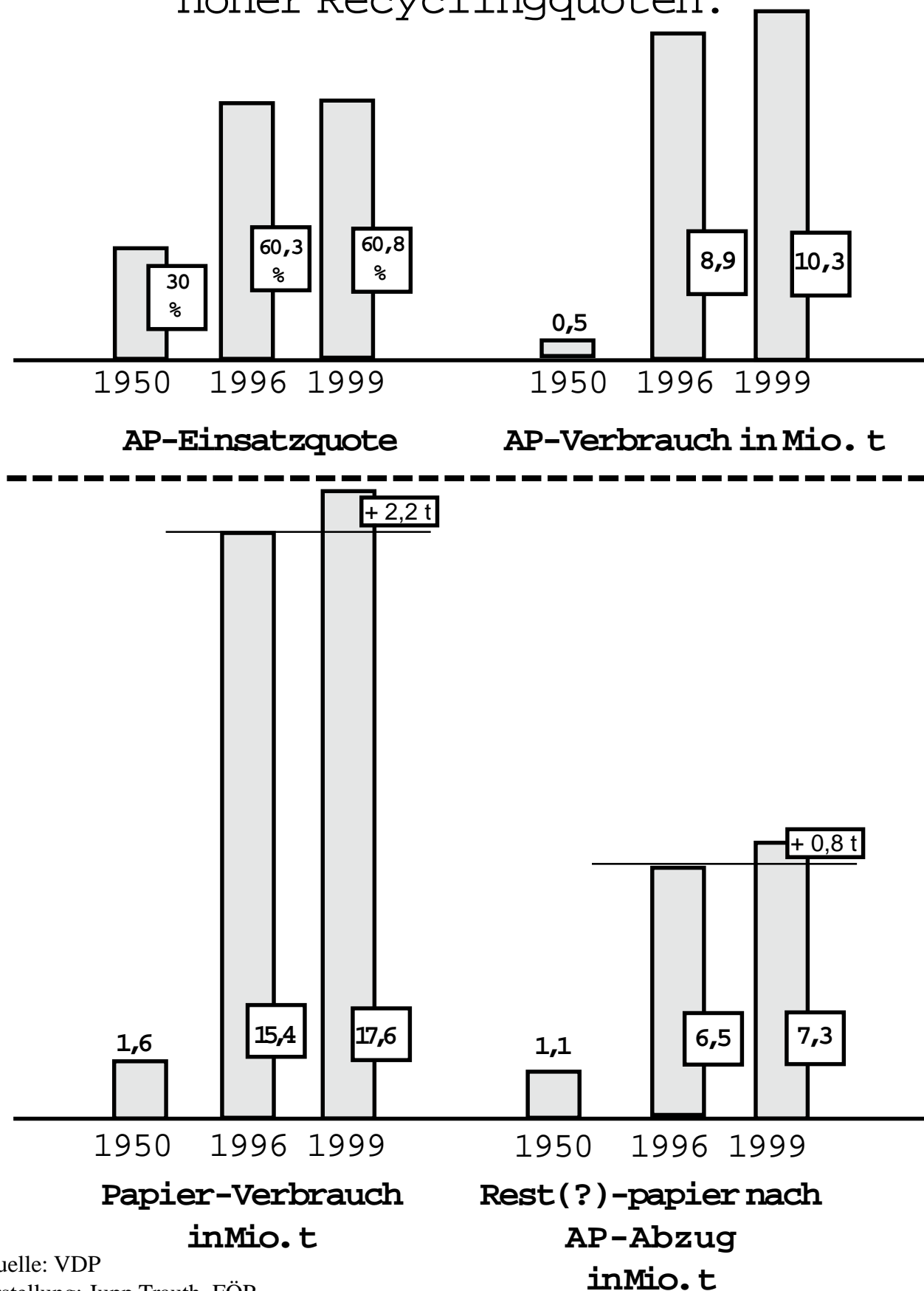


Quelle: VDP Papier 2000

M 3

# Altpapier-Recycling

Die Mengen an Restpapier steigen trotz hoher Recyclingquoten.



# Vom Holz zum Papier

## Rohstoff Holz: hart und braun

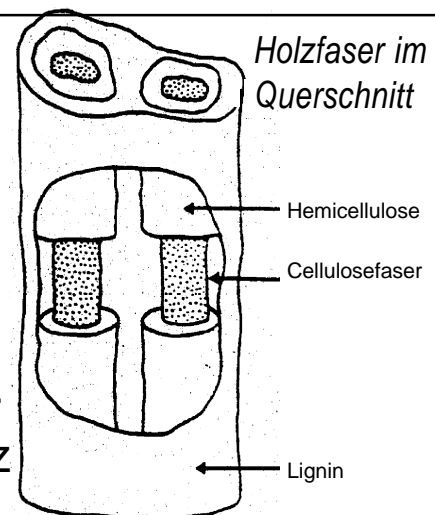
- 40 - 45 % Cellulosefasern (Gerüstsubstanz)
- 25 % Lignin („Zement“)
- 25 - 30 % Hemicellulose (Verbindungssubstanz zwischen Lignin und Fasern)

## Brauchbar fürs Papier: Die Cellulosefasern

### 1. Schritt: **Zellstoff- bzw. Holzstoffindustrie**

Herauslösen der Fasern aus dem Ligninverbund = Zerstören der Holzstruktur durch Kochen oder Mahlen. Ergebnis: „Halbstoff“ (Zellstoff oder Holzstoff) = Faserstoff.

Hoher Wasser- + Holz- bzw. Energieverbrauch. Hoher Chemikalieneinsatz für Koch- und Bleichvorgänge.



### 2. Schritt: **Papierindustrie**

Zusammenfügen der Fasern zu Papier.

Technologisch ohne Bedeutung, ob Primär- oder Sekundärfasern!

Ergebnis: „Ganzstoff“ = Papier



lose abgetrennt werden müssen. Dieser Prozeß der Holzfasergewinnung geschieht in der Zellstoff- und Holzstoffindustrie, und erst wenn die Fasern isoliert vorliegen, beginnt die Arbeit der Papierindustrie, die darin besteht, die Fasern wieder zu Papier zusammenzufügen.

Diese beiden sowohl technologisch als auch chemisch voneinander verschiedenen Prozesse können durchaus an verschiedenen Standorten stattfinden. Geschehen die Herauslösung der Fasern und die Papierherstellung in einer Fabrik und direkt nacheinander, spricht man von integrierter Papierproduktion.

### **1.2.1 Mechanischer Holzaufschluß: Holzstoff**

Mit zwei unterschiedlichen Methoden werden nach heutiger Technik die Fasern aus dem Holzverbund herausgelöst (**M 5**) : Bei der mechanischen Vorgehensweise werden Schwachholzprügel auf Schleifsteine gepreßt und das Holz in seine Faserteile zerrissen. Ergebnis ist der Holzstoff, ein Faserstoff gelblicher und wenig stabiler Qualität. Da sich in ihm noch alle Lignin- und Hemicellulosenanteile des Holzes befinden, wird die Faser schnell hart und spröde und neigt trotz Bleiche zum raschen Vergilben. Ein typisches Holzstoffprodukt war bis vor kurzem unser Zeitungspapier und ist bis heute der Bierdeckel, der sehr leicht durchbricht. Nur knapp 10 % des in Deutschland verwendeten Papierrohstoffes ist Holzstoff, heute verwendet für kurzlebige Produkte, im Bereich der Hygienepapiere und als Beimischung für Zellstoffpapiere. Qualitativ bessere Holzstoffe werden durch chemische und thermische Behandlung des Holzes vor dem Zerschleifen erzielt ( TMP bzw. CTMP = Thermo-Mechanical-Pulp / Chemo-Thermo-Mechanical-Pulp).

### **1.2.2 Chemischer Holzaufschluß: Zellstoff**

Quantitativ und qualitativ weit wichtiger ist der Zellstoff, der durch Zerkochen von Holz in schwefeliger Säure oder Lauge, also durch chemische Aufbereitung gewonnen wird.

Eine kleine Menge davon wird als Sulfitzellstoff gekocht, aber auch dieser Faserstoff liefert nur kurze, weiche Fasern. Beim Sulfitverfahren sind die Geruchsbelästigungen einfach beherrschbar und die Bleiche ist ohne Chlor möglich, weswegen Sulfitzellstoff inländisch erzeugt wird. Er trägt aber nur zu einem Fünftel zum deutschen Zellstoffverbrauch bei und stellt keine qualitative Alternative zum importierten Langfaser-Sulfatzellstoff dar, dem wichtigsten Primärfaserstoff der Papierindustrie.

Wie so oft verursacht die beste Materialqualität aber die größten Umwelt Nachteile, die bei der Produktion von Sulfatzellstoff gar so gravierend sind, daß bei uns dieser Zellstoff jahrzehntelang nicht mehr produziert werden durfte, sondern komplett aus Nordamerika, Skandinavien und einigen anderen Ländern stammte. Erst zum Jahreswechsel 1999/2000 nahm eine neue, nach modernsten Methoden arbeitende Sulfatfabrik die Zellstoffherstellung wieder auf.

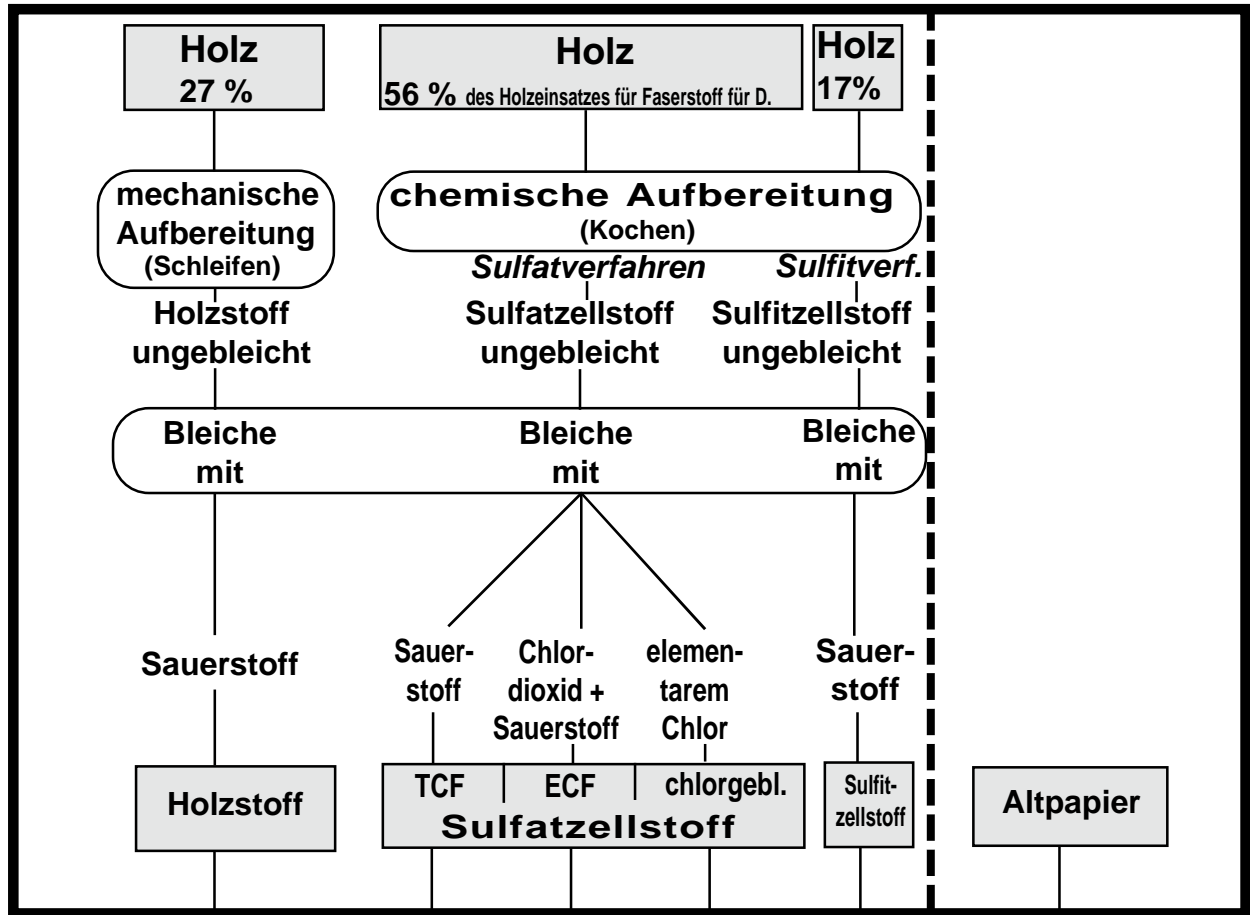
Beim Sulfatverfahren wird das Holz in Schnitzel gehackt und in Schwefellösung einige Stunden gekocht. Im Kochprozeß werden Lignin und Hemicellulosen in ihrer Struktur zerstört, sie lösen sich von den Fasern ab und gehen in die Kochflüssigkeit über. Nach mehreren Waschdurchgängen liegen die Fasern isoliert vor, bedürfen aber wegen anhaftender Ligninreste einer Bleiche.

Wegen der Schwefelverbindungen stellt der Kochprozeß eine starke Geruchsbelästigung dar, so daß solche Fabriken, zumal sie weit größer als früher sind, nur in dünn besiedelten Gebieten arbeiten bzw. bei uns nur mit aufwendiger Technik genehmigungsfähig sind.

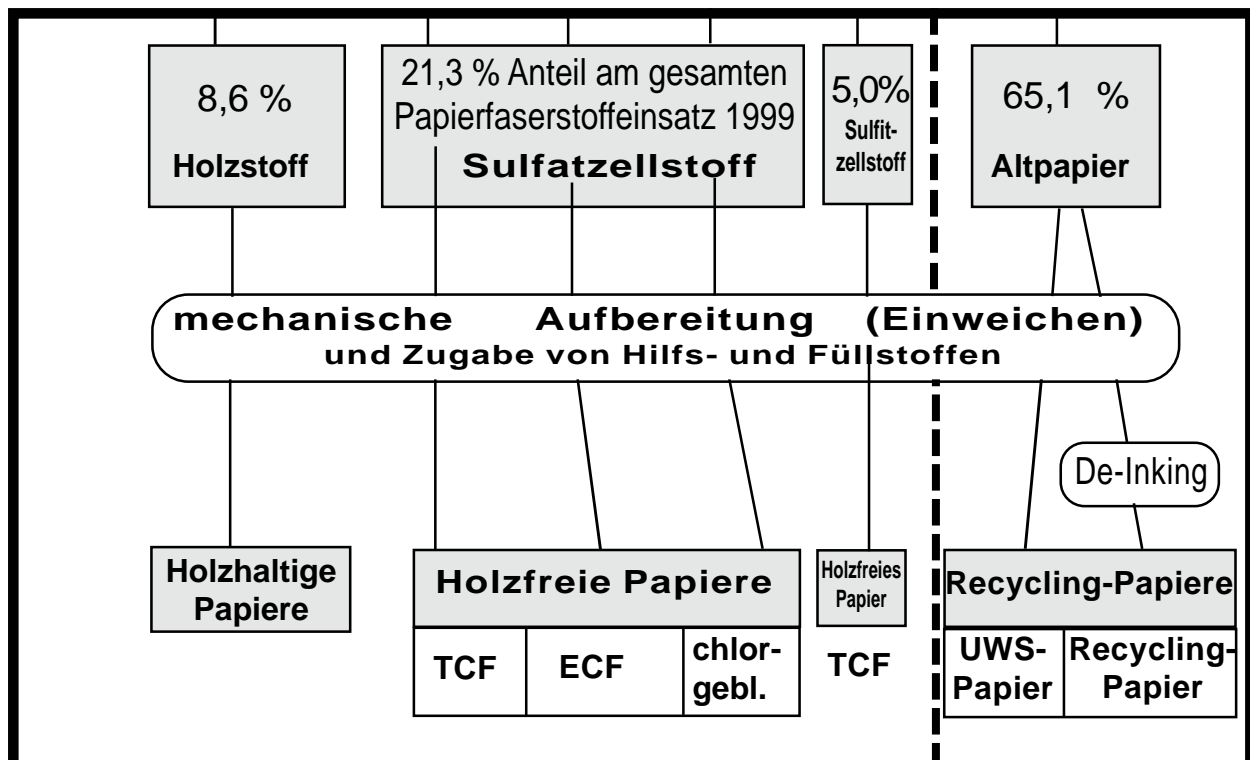
Lange Zeit war auch die Abwasserbelastung nicht beherrschbar: Die herausgekochten und flüssig vorliegenden Substanzen Lignin und Hemicellulose, immerhin gut die Hälfte des Holzes, verschmutzten das Wasser jeder Zellstoffkocherei organisch so stark, daß wegen dieser zur Überdüngung führenden Abwasserfracht in den folgenden Gewässern alles Leben abstarb und sie regelmäßig umkippten. Auch rein massenmäßig handelte es sich früher um eine ganz erhebliche Belastung: Wenn z. B. ein Zellstoffwerk pro Tag aus ca. 20 Tonnen Holz knapp 10 Tonnen Zellstoff herauskochte, leitete es gleichzeitig über 10 Tonnen an organischen Materialien mit dem Wasser aus der Fabrik ab und entledigte sich somit des unbrauchbaren Teils des Holzes auf einfache Art und Wei-

# Papierherstellung

Vom Holz zum Papierrohstoff



Vom Papierrohstoff zum Papier



se. Daher waren die größten Wasserverschmutzer des Rheins bis vor 20 Jahren die Fabriken von Sulfatzellstoff, die aber alle ihre Produktion wegen der Umweltbelastungen, aber auch wegen Unrentabilität aufgrund zu geringer Kapazitäten einstellen mußten.

Mittlerweile sind alle Zellstoffwerke in den Industrieländern soweit, daß sie die in der Kochlauge gelösten Lignin- und Hemicellulosenanteile als Brennstoff für ihre Koker nutzen und somit keine fossilen Energien mehr verbrauchen. Dieser Weg der Holzverwertung hat etwas Faszinierendes an sich: Die faserige Hälfte des Holzes wird zu Papier, die nichtfaserige, sehr energiereiche Hälfte wird als Prozeßenergie genutzt. Allerdings muß auf diese Weise stets etwas mehr als das Doppelte an Holz eingesetzt werden, um die gewünschte Menge an Zellstoff zu erzielen.

Da die Zellstoffwerke auch noch die Chemikalien aus der Ablauge zurückgewinnen - sie tun dies in erster Linie der Kosten dieser Chemikalien wegen - können die Abwässer der großen Werke heute weitgehend gereinigt werden.

### **1.2.3 Die Bleiche des Papierrohstoffes**

Nach der Herauslösung der Fasern aus dem Holz ist eine Bleiche notwendig, weil die Fasern aufgrund verbliebener Ligninreste stets eine bräunlich-graue Färbung mitbringen, von sich aus also kein weißes Papier ergeben und zudem aufgrund fotochemischer Vorgänge im Lignin zum Vergilben neigen

Die Bleiche kann mit verschiedenen Mitteln erfolgen: Mit elementarem Chlor, mit Chlordioxid oder mit Sauerstoffverbindungen, und je nach verwendetem Bleichmittel ergeben sich unterschiedliche Weißgrade bei unterschiedlicher Umweltbelastung. Dabei galt bis vor kurzem: Grellweißes und gleichzeitig stabiles Papier erfordert eine Chlorbleiche, am wirkungsvollsten mit elementarem Chlor, das als Koppel- und Abfallprodukt der Chlorchemie preiswert zu haben ist und zudem seine Aufgabe, die durch den Kochprozeß geschlüpften Ligninreste zu zerstören, rasch und vollständig erledigt.

Allerdings bringt Chlor große Nachteile mit, weil es sich als leicht reagierende Substanz mit anderen Stoffen verbindet, und es so zu gefürchteten, weil langlebigen und äußerst giftigen Nebenprodukten kommt bis hin zu Dioxinen und Furanen, die sowohl unmittelbar vor Ort als Gifte wirken, deren Spuren aber auch weltweit bis in fern jeder Zivilisation lebenden Pflanzen und Tieren nachweisbar sind.

Weil Chlor auf die Faser nicht nur eine bleichende, sondern auch eine stabilisierende Wirkung hat, möchte die überwiegende Zellstoffindustrie auch heute noch nicht auf das abgeschwächt reagierende Chlordioxid verzichten.

Andere Zellstoffhersteller beweisen aber, daß die Faserqualität auch bei Anwendung einer Sauerstoffbleiche ausreichend hoch gehalten werden kann. Selbst für Fachleute sind heute gute, chlorfrei gebleichte Papiere von chlorgebleichten nicht mehr zu unterscheiden.

Auch die Sauerstoffbleiche erfordert die Großchemie als Stofflieferanten, und als neues Problem kommt hinzu, daß die im Holz vorhandenen Spuren von Schwermetallen die Wirkung der Sauerstoffbleiche erheblich vermindern. Dagegen werden Komplexbildner (EDTA) zur Bindung und Eliminierung der Schwermetalle eingesetzt. Komplexbildner wirken im Abwasser und später im Flußwasser weiter, indem sie in Sedimenten lagernde Schwermetalle lösen, was die Wasserwerke vor fast unlösbare Reinigungsaufgaben stellt. Wie gravierend dieser Vorgang ist, zeigt sich auch in der Anforderung des "Blauen Engels" an Recyclingpapiere, die nur ohne Zugabe von Komplexbildnern einer Sauerstoffbleiche unterzogen werden dürfen.

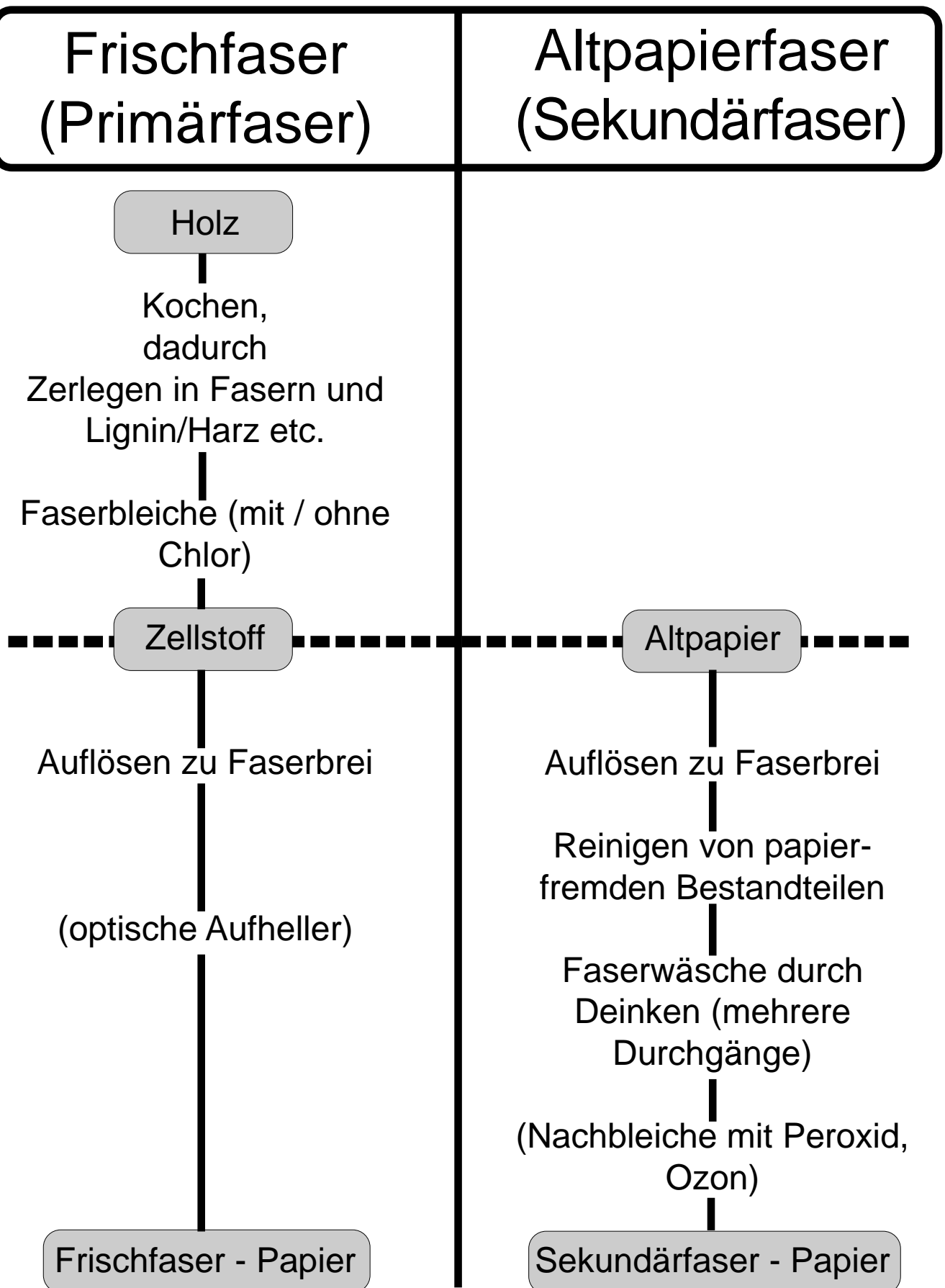
Mit Hochdruck wird daher an Ersatzmitteln für die Komplexbildner gearbeitet, bei gleichzeitig sehr penibler Abwasserreinigung bis zu Versuchen zur Schließung des Bleichwasserkreislaufs.

### **1.2.4 Altpapier: Fertiger Papierrohstoff aus zweiter Hand**

Bis die Frischfaser aus Holz in der Papierfabrik zur Blattbildung gelangt, hat sie - wie eben dargestellt - einen großindustriellen Fertigungsprozeß unter Einsatz großer Holz-, Wasser- und



# Faserlebensläufe



Chemikalienmengen durchlaufen. Dieser wird ihr als Altpapier-Faser erspart. Denn die einmal aus dem Holzverbund herausgelöste und im Altpapier vorliegende Faser muß diesen ganzen Gewinnungsprozeß in den weiteren Generationen nicht mehr mitmachen und gelangt dadurch zu ihrem hauptsächlichsten Umweltvorteil. Näheres dazu siehe unter "Ökobilanzierungen". In der Darstellung von **M 6** "Faserlebensläufe" bleiben daher auch die entsprechenden Kästen bei der "Rohstoffherstellung" leer.

### **1.3 Papierherstellung: Von der Papierfaser zum Papier**

Die Papierherstellung aus den Faserstoffen Holzschliff, Zellstoff oder Altpapier ist ein einfacher, rein mechanischer Vorgang und stellt technologisch keine hohen Anforderungen. Denn dem Prinzip nach geht es auch in der Papierfabrik um nichts anderes als Papierschöpfen, wie es jede-r bei sich in der Küche durchführen kann.

In der Fabrik wie daheim beim Papierschöpfen werden die Papierrohstoffe im Wasser zu einem Brei aufgelöst, dieser wird auf ein fortlaufendes Sieb aufgebracht, wo ihm über Pressen und Heizwalzen das Wasser wieder entzogen wird, sodaß sich die Fasern zu Papier verfilzen.

Je nach Rohstoff entsteht dabei ein entsprechendes Papier: Holzstoff führt zu holzhaltigem Papier, Zellstoff zu holzfreiem und Altpapier zu Recyclingpapier.

"Holzhaltig" und "holzfrei" sind alte Fachbegriffe und irritieren, weil ja alle Papiere "holzhaltig" sind. Allerdings sieht man diese Herkunft den Zellstoffpapieren nicht mehr an, wohingegen die Holzstoffpapiere früherer, groberer Herstellung mitunter noch sichtbare Holzpartikel (Holzschliffer) enthielten. Die beiden Begriffe werden heute im Sinne von "hochwertig, weil aus Zellstoff" und "2. Qualität, weil aus Holzschliff" verwendet. Man soll sich an dieser Begrifflichkeit nicht weiter stören, aber auch nicht auf sie hereinfallen, indem man meint, "holzfreie Papiere" wären z. B. aus "wälderschonenden" Einjahrespflanzen oder landwirtschaftlichen Abfällen hergestellt.

Altpapierfasern gehen in der Papierfabrik den gleichen Weg wie frische Fasern mit dem einzigen Unterschied, daß sie neben verschiedenen Grobreinigungsstufen meist auch einige Waschstufen im **Deinking-Prozeß** (näheres dazu siehe später!) durchlaufen. Ohne Deinking erhält man Umweltschutzpapier, mit Deinking das hellere und meist festere Recyclingpapier.

Im Ergebnis ist also festzuhalten, daß Papier zwei völlig unterschiedliche Fertigungsstufen hinter sich hat, die im Vorgehen und Ergebnis nicht zu vergleichen sind: Zuerst die Rohstoffherstellung vom Holz zur Faser und dann im zweiten Schritt von der Faser zum Blatt Papier.

Im ersten Schritt, der Papierrohstoffgewinnung, wird Holz auseinandergerissen und die Fasern werden aus dem gewachsenen Verbund herausgelöst und gebleicht, im zweiten Schritt, der Papierherstellung, werden die Fasern neu zusammengefügt, nun nicht mehr mit Lignin und Hemicellulose wie im Holz, sondern nach Art von Verfilzung aufgrund fasereigener Bindekräfte (sog. Wasserstoffbrücken).

Der erste Schritt zum Papierrohstoff ist also im Vergleich zum zweiten, der Papierherstellung, der weitaus aufwendigere. Wir hätten hier niemals die Chance, so wie wir ohne großen technischen und chemischen Aufwand in der Lage sind, Papier aus Altpapier selbst herzustellen, die Zellstofffasern "am heimischen Herd" aus Holz zu gewinnen.

### **1.4 Die Faserstoffe der inländischen Papierproduktion**

Der bundesdeutsche Faserstoffverbrauch setzte sich 1999 zusammen aus 8,6 % Holzstoff, 26,3 % Zellstoff und 65,1 % Altpapier. Es gibt natürlich kein Papier mit genau dieser Mischung an Fasern, vielmehr bestehen die Papiere meist aus nur einer Rohstoffsorte, z. B. Karton aus 100 % Altpapier, hochwertiges Zeitschriftendruckpapier zu 100 % aus Zellstoff oder aus anderen Mischungen, z. B. Illustriertenpapier aus 30 % Holzstoff, 30 % Altpapier und 40 % Zellstoff.

Seit 20 Jahren ist Altpapier bei uns der wichtigste Papierrohstoff und die Fortschritte, die in der Kartonindustrie schon lange und beim Zeitungspapier seit kurzem erreicht sind, wurden im übrigen ganz ohne den Druck einer Ökobewegung allein aufgrund der wirtschaftlichen und produkt-

technischen Vorteile von Altpapier durchgesetzt.

Die Papierindustrie ist eine traditionelle Recyclingbranche: Bis vor 200 Jahren war Holz, das ja ein ausgesprochen papierunähnliches Material ist, als Faserquelle unbekannt, weil man keinen Weg kannte, daraus Fasern zu gewinnen. So wurde bis dahin alles Papier aus Flachs- und Hanfstoffen gewonnen, allerdings nie aus neuen Stoffen, sondern stets aus Lumpen, Seilen und Abfällen der Textilherstellung.

Neben den Faserstoffen enthält Papier auch eine ganze Reihe von Hilfs- und Füllstoffen, vor allem letztere können in manchen Papieren einen Anteil von bis zu 30 % ausmachen. Füllstoffe aus Kreide oder Porzellanerde sind nötig, wenn glatte und hochwertige Papiere für Vierfarbdruck und Hochglanz gewünscht werden. Als reichlich vorkommende mineralische Elemente sind sie stofflich unproblematisch, hinterlassen aber in den Abbaugebieten je nach Rekultivierungsaufwand unökologische Landschaftswunden.

## **2 Papier-Ökobilanzierungen**

### **2.1 Ökobilanzen: Datenberge mit schwierigen Abwägungen**

Eine Ökobilanz sollte alle Umweltbelastungen und -auswirkungen eines Produktes umfassen vom Rohstoff über die Herstellung, den Gebrauch bis zur Entsorgung. Dies ist ein sehr aufwendiges und zwangsläufig immer lückenhaftes Unterfangen.

Beredtes Zeugnis dafür ist die Bearbeitungszeit von mehreren Jahren für die im August 2000 vorgelegten "Ökobilanzen für Graphische Papiere" des Umweltbundesamtes.

Wie schwierig bereits die Datenerhebung ist, zeigen beispielhaft folgende Aspekte:

- Je nach technologischem Stand sind von Fabrik zu Fabrik im Wasser- und Energieverbrauch Unterschiede von mehreren hundert Prozent möglich.
- Hinsichtlich des Energieverbrauchs ist entscheidend, ob mit Kraft-Wärmekopplung gearbeitet wird, weil dadurch der Ausnutzungsgrad der Primärenergie verdreifacht werden kann.
- Wenn zwar wenig Wasser verbraucht, dies aber mäßig gereinigt wird, kann dies schlechter sein als ein hoher Flußwasserverbrauch mit guter Klärung.
- Noch in keiner Bilanz erfaßt sind bislang die Aufwendungen für die Herstellung, die Errichtung und spätere Entsorgung der Fabrikanlagen. So wäre eine Fabrik ab dem Moment für eine Ökobilanz zu erfassen, wo die erste Planung beginnt bis hin zu dem Zeitpunkt, wo nach Produktionsende der ursprüngliche Zustand, die "grüne Wiese" wieder hergestellt werden müßte. Meist nicht erfaßt sind auch die Transporte der Materialien und Produkte zu und von den Fabriken, den Verarbeitern und den Verbrauchern.

Näheres zur Erstellung von Ökobilanzen sowie zu den einzelnen Schritten siehe im "Hintergrundpapier" zur UBA-Bilanzierung im Anhang.

### **2.2 Überblick: Die Primärfaser hat in der Ökobilanzierung aufgeholt.**

Heutige Ökobilanzierungen müssen berücksichtigen, daß in den Industriestaaten die Zellstoffindustrie durch zwei große Fortschritte seit Mitte der 60er und der 80er Jahre die Umweltbelastungen bei der Fasergewinnung ganz erheblich vermindert hat, sodaß der Abstand der Primärfaser gegenüber der Sekundärfaser geringer wurde.

Zum einen ist dies die thermische Nutzung der in der Kochereiablage gelösten Ligninbestandteile, wodurch der Fremdenergiebedarf bei gleichzeitig gravierender Abwasserentlastung bis auf Null zurückgeführt werden kann. Zum anderen führt der Verzicht oder Teilverzicht auf Chlor als Bleichmittel zu einer großen Entlastung der Umwelt von chlorierten Kohlenwasserstoffen.

Im Blick auf die nächste Zukunft arbeitet die Industrie an der weiteren Verminderung der Emissionen durch die weitgehende Schließung aller Chemikalien- und Wasserkreisläufe in den Zellstoffwerken.

# Umweltbelastungen im Detail

Vergleich der Umweltbelastungen bei der Herstellung von jeweils 1.000 kg Primär- und Sekundärfaserpapier.

	Zellstoffherstellung bis 50er Jahre bzw. heute noch im Osten und der 3. Welt Ablauge wird abgelassen. Bleiche mit elementarem Chlor	Zellstoffherstellung nach heutigem Standard in den Industrieländern Energieautark, Bleiche mit Chlordioxid u. Sauerstoff, teilweise chlorfrei	Zellstoffherstellung nach zukünftiger Methode (industrielle Nutzung beginnt.) Energieautark mit engem Wasserkreislauf und chlorfreier Bleiche	Herstellung von Recyclingpapier mit Deinking des Altpapiers
<b>1. Rohstoffherstellung</b>				
Faserlieferant	bis 2.400 kg Holz	1.200 kg Holz	1.200 kg Holz	1.150 kg Altpapier, kein Holz
Wasser	bis 400.000 Liter	100.000 Liter	5.000 Liter	5.000 bis 15.000 Liter
Energie	A) fossile Energie:bis 12.000 Kwh B) regenerative Energie: keine	A) fossil: keine B) regenerativ: 1.000 kg Holz (Verbrennung der in der Ablauge gelösten Stoffe Lignin und Hemizellulose sowie der Rindenabfälle)	A) fossil: keine B) regenerativ: 1.000 kg Holz (Verbrennung der in der Ablauge gelösten Stoffe Lignin und Hemizellulose sowie der Rindenabfälle)	600 bis 1.500 Kwh je nach Technik fossil oder regenerativ (Reststoffe, Wasserkraft, Holzschnitzel)
Wasserverschmutzung	bis 300 kg CSB bis 10 kg AOX	30 bis 100 kg CSB bis 2 kg AOX	5 bis 20 kg CSB AOX im Grammbereich	0,5 - 4 kg CSB AOX im Grammbereich
Ergebnis	1000 kg Zellstoff	1000 kg Zellstoff	1000 kg Zellstoff	1000 kg deinkter Altpapierstoff
<b>2. Papierherstellung</b>				
Fasermaterial	In dieser Phase waren Zellstoff- und Papierherstellung noch nicht getrennt, sodaß beide Belastungen in den Zahlen der Rohstoffherstellung enthalten sind, wobei die Papierherstellung gegenüber der Zellstoffproduktion auch damals kaum zusätzlich ins Gewicht fiel.	1000 kg Zellstoff	1000 kg Zellstoff	1000 kg Altpapierstoff
Wasser		5.000 bis 10.000 Liter	5.000 bis 10.000 Liter	5.000 bis 10.000 Liter
Energie		500 bis 1.500 Kwh	500 bis 1.500 Kwh	500 bis 1.500 Kwh
Wasserverschmutzung		0,3 bis 2 kg CSB	0,3 bis 2 kg CSB	0,3 bis 2 kg CSB
<b>3. Summe der Belastungen aus Rohstoffherstellung und Papierherstellung</b>				
Fasermaterial	2.400 kg Holz	1.200 kg Holz	1.200 kg Holz	1.150 kg Altpapier
Wasser	bis 400.000 Liter	bis 110.000 Liter	bis 15.000 Liter	10.000 - 25.000 Liter
Energie (fossil /regenerativ)	bis 12.500 Kwh fossil	500 bis 1.500 Kwh fossil und 1000 kg Holz regenerativ	500 bis 1.500 Kwh fossil und 1000 kg Holz regenerativ	1.100 bis 3.000 Kwh je nach Technik fossil oder regenerativ
Wasserverschmutzung	bis 300 kg CSB bis 10 kg AOX	30 bis 102 kg CSB bis 2 kg AOX	5 bis 22 kg CSB AOX im Grammbereich	0,8 bis 6 kg CSB AOX im Grammbereich

Es wird zukünftig also schwieriger, allein aufgrund der Umweltbelastungen aus der Zellstoffherstellung gegen die Frischfaser zu argumentieren. Vielmehr muß das gesamte Umfeld in den Blick genommen werden: Woher stammt das Holz? Wie wird der Zellstoff gekocht? Wo und unter welchen Umständen wird er verbraucht? Was geschieht mit den Zellstoffprodukten nach Gebrauch? Nur so besteht die Möglichkeit, weiterhin für das Recyclingpapier als ökologischerem Produkt im Vergleich zu Papier aus Zellstoff zu argumentieren und sich nicht dem Urteil, Zellstoff sei doch mittlerweile ein fast ohne Umweltbelastungen zu gewinnendes Material, vorschnell zu beugen.

## **2.3 Der aktuelle Stand: Die UBA-Bilanzierung bestätigt Vorsprung fürs Recyclingpapier**

Aus der Presseinformation 36/00 des Umweltbundesamtes:

"Wer Recyclingpapier benutzt, tut Gutes für die Umwelt. Denn es ist aus Umweltsicht die beste Lösung, aus Altpapier neues Papier herzustellen. Altpapier zu verbrennen und daraus Energie zu gewinnen, ist die schlechtere Alternative. Zu diesen Ergebnissen kommen die "Ökobilanzen für graphische Papiere" (...) Bilanziert wurden die Umweltauswirkungen, die während des gesamten Lebensweges graphischer Papiere – also von Zeitungs-, Zeitschriften- und Kopierpapieren – entstehen. (...)

Die Kernfragen der im Auftrag des Umweltbundesamtes von mehreren Forschungsinstituten erstellten Studie lauteten: Ist Altpapier oder Holz als Rohstoff für Druck- und Kopierpapiere umweltfreundlicher? Sollen Druckerzeugnisse nach Gebrauch recycelt, verbrannt oder deponiert werden? Die Forscher untersuchten alle relevanten Umweltauswirkungen, zum Beispiel zum Treibhauseffekt, zur Überdüngung der Gewässer und Böden, zum Ressourcenverbrauch und den direkten Wirkungen auf den Menschen. Das Gesamturteil: Es ist umweltfreundlicher, Zeitungsdruck-, Zeitschriften- oder Kopierpapier aus Altpapier herzustellen als aus frischen Holzfasern. Bei der Entsorgung des Altpapiers liegt im Öko-Vergleich das Recycling vorn: Wird Altpapier zur Herstellung neuen Papiers genutzt, wird die Umwelt deutlich weniger belastet, als wenn man das Altpapier verbrennt, um Energie zu gewinnen. Die schlechteste Lösung aus Umweltsicht ist es, das Altpapier auf Abfalldeponien abzulagern.

In den letzten Jahren konnte das Recycling graphischer Altpapiere in Deutschland deutlich gesteigert werden. (...)

## **2.4 Einige konkrete Daten zur Ökobilanzierung**

Die Übersicht **M 7** listet die Umweltbelastungen der drei zeitlich aufeinander folgenden Methoden der Zellstoffgewinnung und der Herstellung von Recyclingpapier für 1 Tonne Papier auf. Die Grafik **M 8** ist eine bildliche Umsetzung dieser Angaben umgerechnet für 1 kg Papier und basiert auf teils gemittelten Werten. Weiter vereinfacht durch gemittelte Werte ist die Grafik **M 9**.

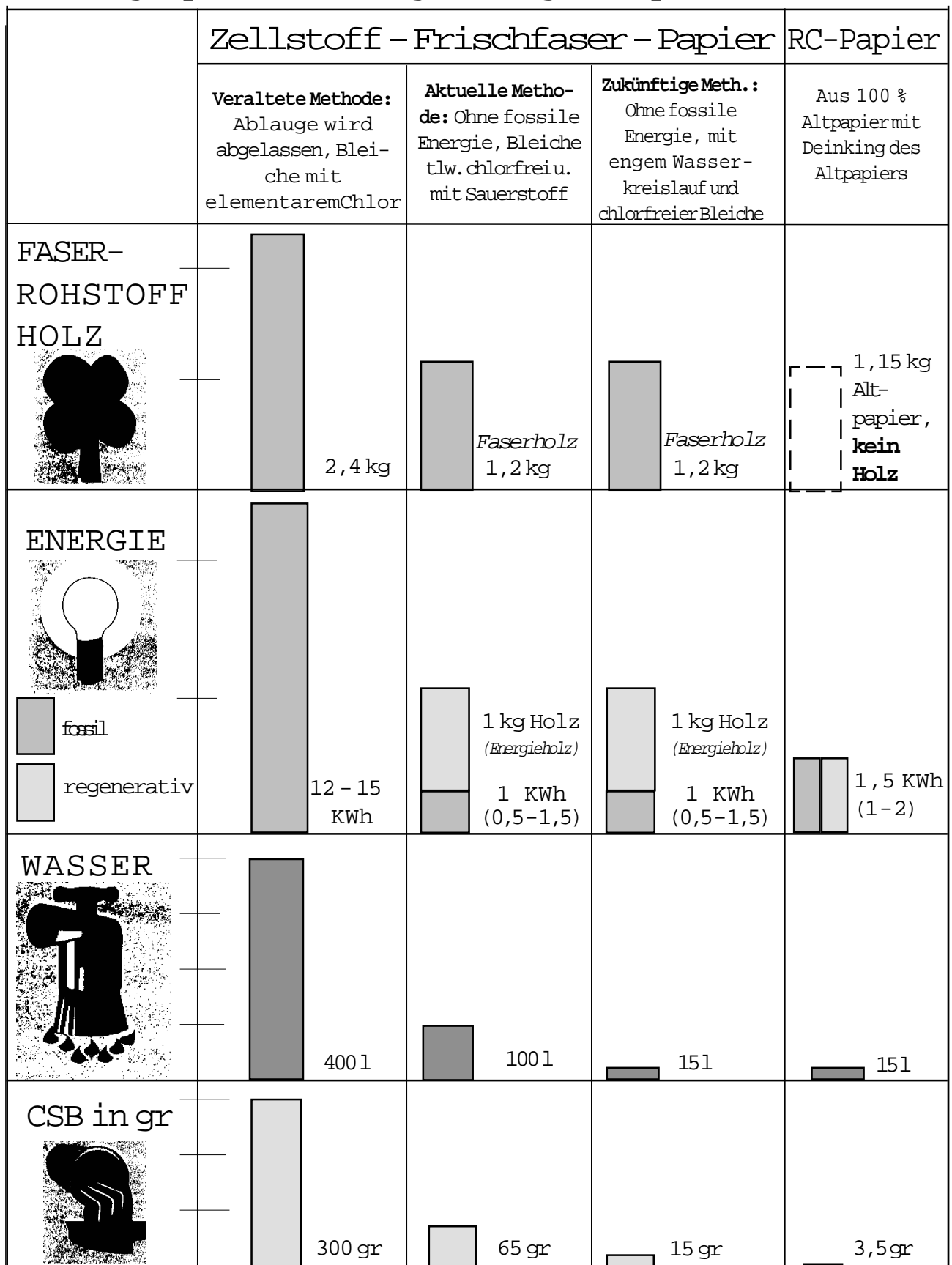
Nach der veralteten Methode (siehe Grafik **M 7**) arbeiteten bis vor ca. 20 - 30 Jahren die letzten Zellstoffwerke in der BRD, die dann aus Gründen der Umweltbelastung schließen mußten, weil drei Faktoren nicht zu beherrschen waren: Die nichtfaserigen Holzbestandteile wurden nach dem Kochprozeß mit dem Kochwasser, dem lediglich aus Kostengründen ein Teil der Kochchemikalien entzogen worden war, in den nächsten Fluß abgelassen und überdüngten dieses Gewässer. Die ebenfalls ungeklärten Bleichereiabwässer setzten enorme Mengen an Chlorrückständen frei, und außerdem verpesteten flüchtige Bestandteile des schwefligen Kochvorgangs die Luft der Umgebung. Als Energie für den Kochprozeß diente überwiegend Koks oder Schweröl.

Heute wird nach dieser umweltvergiftenden Methode aber immer noch in Ländern des Ostens und der 3. Welt produziert.

Nach der aktuellen Methode arbeiten die Zellstoffwerke in Nordamerika, Skandinavien, Brasilien etc. Hierbei werden Lignin, das im übrigen der energiereichste Bestandteil im Holz ist, und Hemicellulosen aus der Ablauge herausgefiltert und dienen als Energieträger für den nächsten

# Aktuelle und zukünftige Ökobilanzierung

für 1kg Papier (Rohstoffgewinnung und Papierfabrikation)


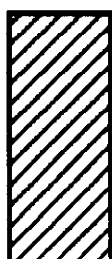

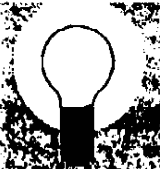

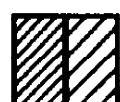
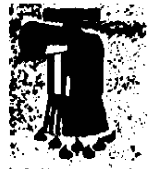
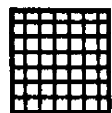






Nicht erfasst sind Aufwendungen und Stoffströme für Maschinen, Gebäude, Transporte (Rohstoffe, Halbfertig- und Fertigwaren) und für die Entsorgungswege der einzelnen Materialien.

# Aktuelle Ökobilanzierung

## Verbrauchsangaben für je 1kg Papier

(Rohstoffgewinnung und Papierfabrikation)

	<b>Papier aus Zellstoff</b> Kochenergie aus der Holzablauge. Zellstoff- bleiche ohne elemen- tares Chlor (ECF).	<b>Papier aus 100 % Altpapier</b> mit De-Inking (ohne Deinking ca. 1/3 weniger Wasser- und Energieverbrauch)
<b>FASERROHSTOFF</b> <b>HOLZ</b> 	 1,2 kg Holz als Faserstoff	1,15 kg Altpa- pier, <b>kein Holz</b>
<b>ENERGIE</b>  regenerativ  fossil	 5 kWh (davon 4 kWh aus 1 kg Holz)	1,5 kWh  ← Altpapier, Rest- stoffe, Holzabfälle
<b>WASSER</b> 	 100 Liter	 15 Liter
<b>ABWASSER- BELASTUNG</b> CSB in gr 	 65 gr	 3,5 gr

Zur **Zellstoffherstellung** können nur die Faseranteile (knapp 50 % des Holzes) ge-  
nutzt werden. Lignin und Hemicellulose werden zur Energiegewinnung ver-  
brannt, sodaß der Zellstoffprozeß ohne fossile Energie auskommt.

In den **Papierfabriken** wird meist mit fossiler Energie gearbeitet, teilweise unter-  
stützt mit Energiegewinnung aus Altpapier, Reststoffen und Holzabfällen.

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um **Mittelwerte** nach Angaben in  
der Fachliteratur und von verschiedenen Fabriken.

Nicht erfaßt sind alle Aufwendungen und Stoffströme für Maschinen, Gebäude,  
Transporte (Rohstoffe, Halbfertig- und Fertigwaren) und für die Entsorgungswege  
der einzelnen Materialien.

Kochprozeß, sodaß keine fossile Energie (Öl, Kohle, Gas) nötig ist. Das Holz liefert also beides: Das Fasermaterial und die Energie; es wird teils stofflich, teils energetisch genutzt und taucht daher mit einem Teil als Faserrohstoff und als regenerative Energie auf. Man könnte auch von "Faserholz" bzw. "Energieholz" sprechen.

Zusammengerechnet sind für die Herstellung von 1 Tonne Zellstoff immer mehr als das Doppelte an Holz nötig, weil - wie bereits erwähnt - der Faseranteil im Holz bei 45 % liegt und nur dieser Anteil zum Zellstoff führt. Insofern handelt es sich bei den 1.200 kg Faserrohstoff um die faserigen Anteile von 2.200 kg Holz, wohingegen die 1.000 kg "Energieholz" aus den in der Ablauge gelösten Lignin- und Hemicelluloseanteilen der 2.200 kg insgesamt eingesetzten Holzmenge bestehen. Nach der zukünftigen Methode beginnen in Skandinavien die ersten Fabriken zu arbeiten, man sammelt also erste Erfahrungen im großtechnischen Maßstab. Neu ist hierbei die Führung von Wasser und der chemischen Prozeßmaterialien im sehr engen oder versuchsweise geschlossenen Kreislauf: Zwar liegt auch hierbei der Holzeinsatz wie bei allen früheren Methoden unverändert bei etwas mehr als dem Doppelten der späteren Faserausbeute (er kann nie darunter liegen, weil eben nur knapp 50 % des Holzes aus Fasern besteht), aber die Fabriken geben viel weniger Emissionen ab, wobei beim Wasserverbrauch die Umweltentlastung enorm ist: Nach der alten Methode hat jedes Blatt Papier 2 Liter Wasser verschmutzt, derzeit ist Stand der Technik ca. 1/2 Liter und zukünftig wird dieser Wert nochmal bis zum Faktor 7 vermindert, was bedeutet, daß eine solche Fabrik kaum noch Wasser abgibt, weil eine so geringe Menge schon allein über Dampf entweichen wird.

Hinsichtlich des CSB-Gehaltes, also des Grades der Wasserverschmutzung der Abwässer, die die Fabrik verlassen, hat sich dank aufwendiger Klärtechniken ebenfalls enorm viel getan und man ist noch nicht am Ende der Möglichkeiten angekommen.

(Der CSB-Wert = Chemischer Sauerstoff-Bedarf, gibt die Menge des Sauerstoffes an, die die Kleinstlebewesen brauchen, um den Schmutz einer bestimmten Abwassermenge in feste Schlammteile umzuwandeln, die dann ausgetragen werden können. Ist ein Wasser sehr verschmutzt, ist der Sauerstoffbedarf größer, also auch der CSB-Wert höher.)

Nach alter Methode brauchte es 0,3 kg Sauerstoff im Wasser, um den für die Herstellung von 1 kg Papier eingebrachten Schmutz zu neutralisieren. Das überforderte viele Gewässer. Heute ist dieser Prozeß in Kläranlagen verlagert und die Fabrikationsabwässer werden mit einem sehr viel niedrigeren CSB-Wert abgegeben. Allerdings müßte in eine Ökobilanzierung auch der gesamte Aufwand einer Kläranlage (vom Bau, den Baustoffen, über den Betriebsaufwand bis hin zur Beseitigung) mit eingehen. Je sauberer das Wasser geklärt wird, desto höher ist dieser Aufwand.

Zum Recyclingpapier noch folgende Anmerkungen : Um 1 kg Sekundärfaserpapier zu gewinnen, werden 1,15 kg Altpapier benötigt, weil immer ein Teil der Fasern und der Füllstoffe ausgeschwemmt werden, teils gewollt über das Deinking-Verfahren (zwischen 12 und 20 %), teils ungewollt (3 - 5 %) durch das Prozeßwasser. Allein schon diese Tatsache erfordert die ständige Zuführung entsprechend vieler Frischfasern, weil ansonsten der Kreislauf nicht aufrechtzuerhalten wäre.

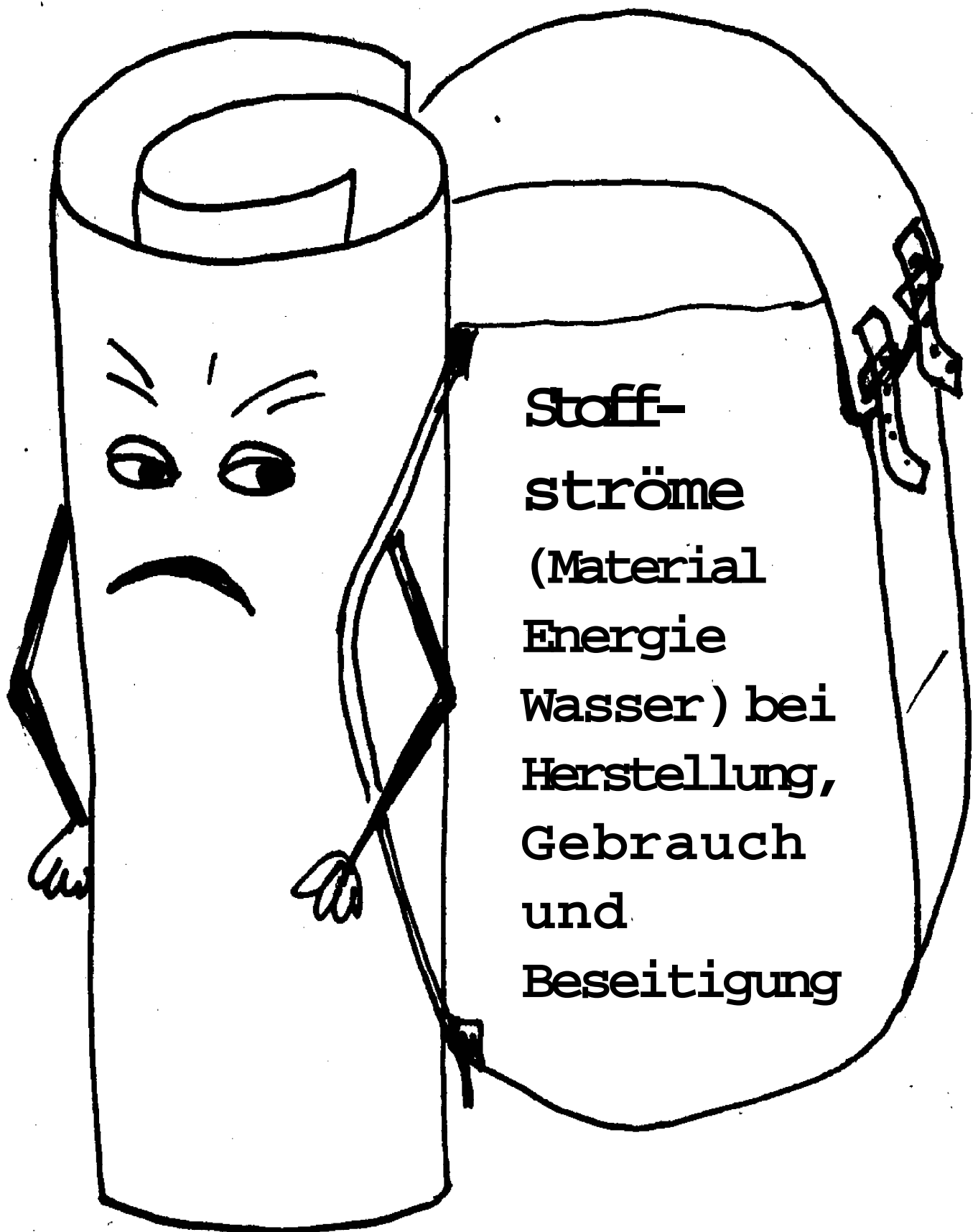
Die Spanne im Energiewert von 1,1 bis 3,0 KWh zeigt den Unterschied zwischen einer sehr modernen Fabrik mit einem kraft-wärmegekoppelten Gaskraftwerk und einer Fabrik ohne Nutzung der Abwärme. Etliche Fabriken arbeiten auch mit Wasserkraft oder Hackschnitzel- und Rindenverbrennung und setzen so regenerative Energieträger ein. Deinkende Papierfabriken verbrennen teilweise auch ihre Deinkingschlämme zur Energiegewinnung oder geben sie in die Ziegelindustrie, wo sie in den Steinen zu Lufteinschlüssen führen, was die Isolierwirkung erhöht. Die Energie wird je zur Hälfte gebraucht für die Aufbereitung des Altpapiers einschließlich Deinking und für die eigentliche Papierherstellung auf der Papiermaschine mit der anschließenden Trocknung.

Eine Papierfabrik ist im übrigen der ideale Ort für eine Kraft-Wärmekopplung, da sowohl elektrische Energie zum Betreiben der Maschinen als auch große Mengen von Wärme zur Erwärmung des Papierbreis und zur Trocknung des Papiers gebraucht werden.



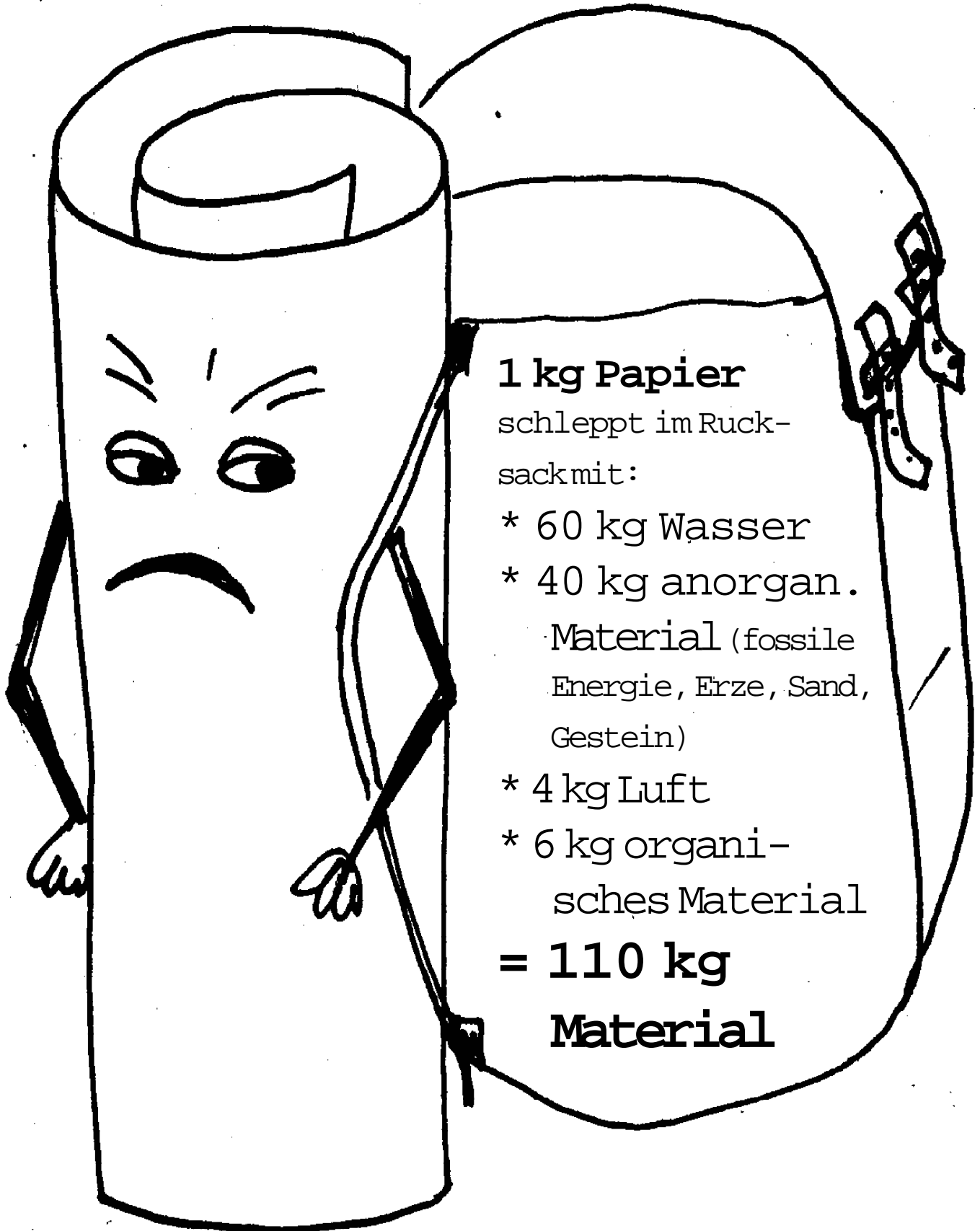
M 10

## Der ökologische Rucksack

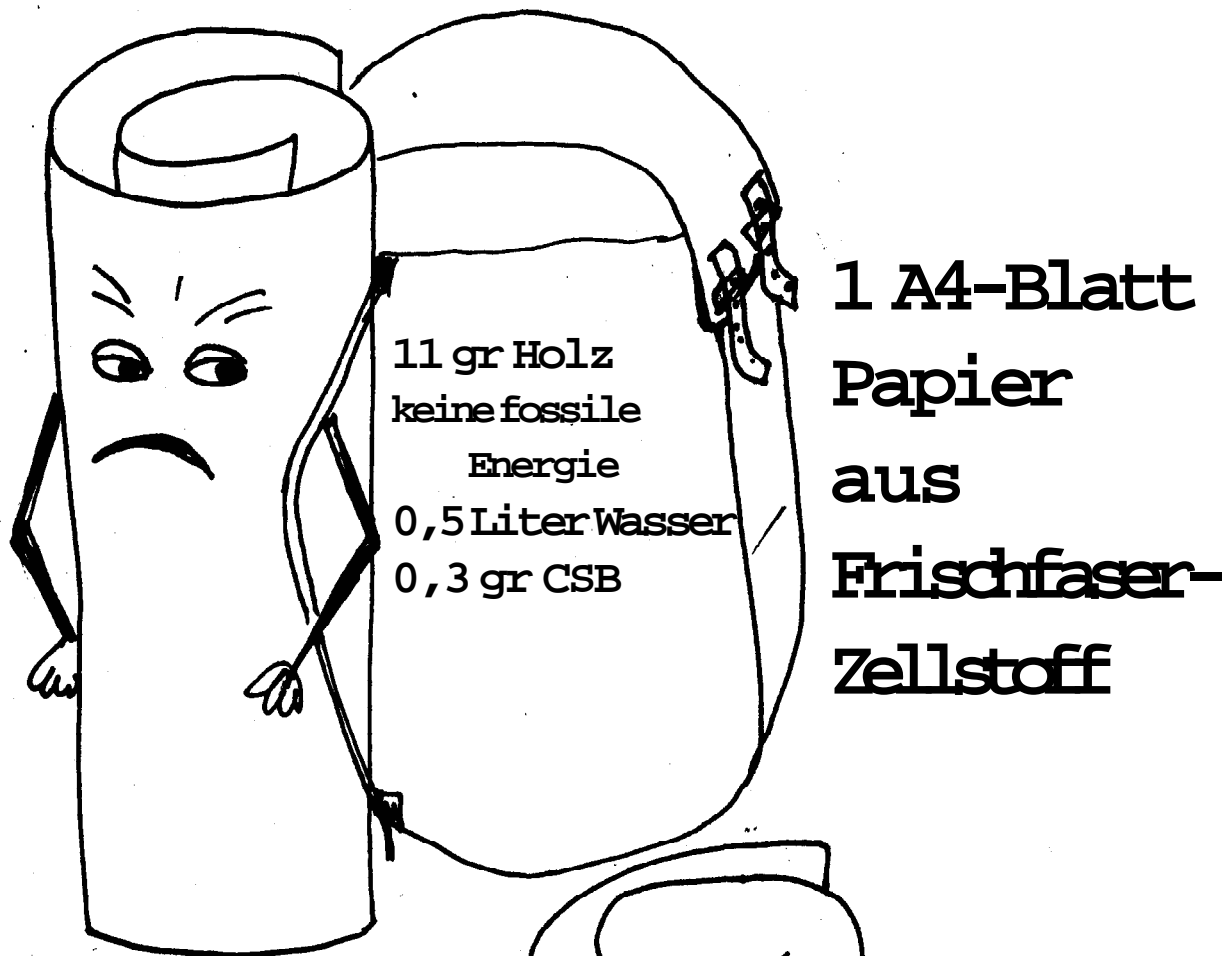


M 11

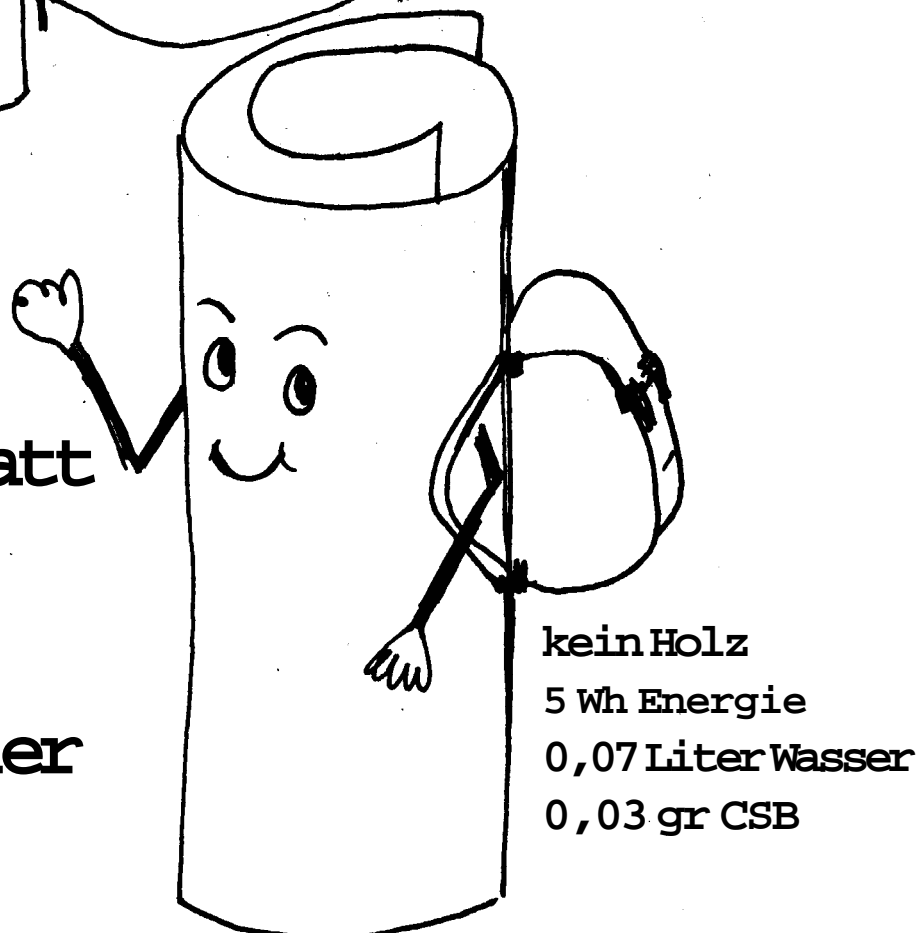
## Der ökologische Rucksack für 1 kg Papier

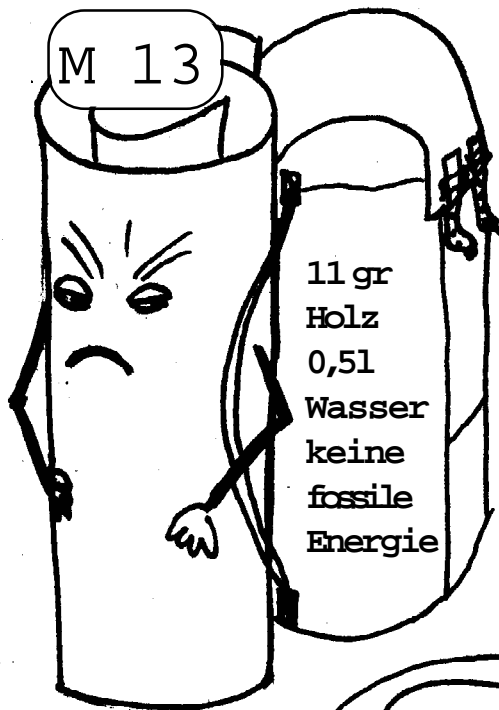


## Die ökologischen Rucksäcke von Papier aus frischen Fasern bzw. Altpapier



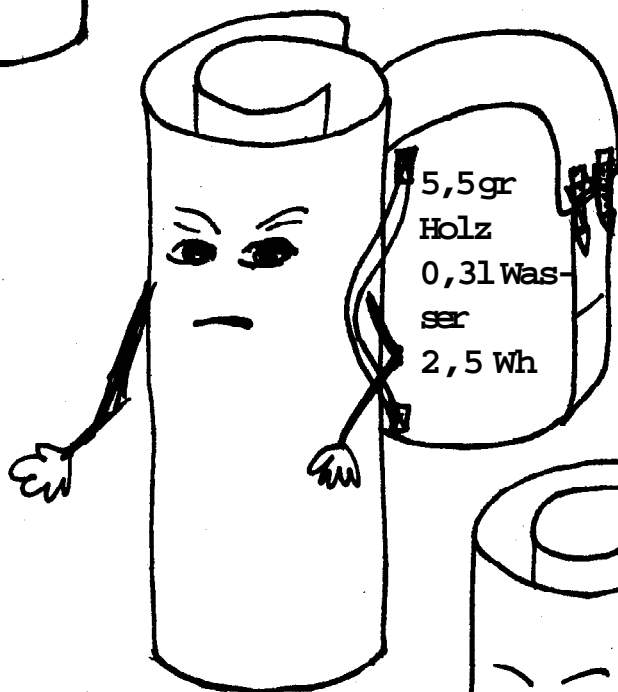
1 A4-Blatt  
Papier  
aus  
Altpapier



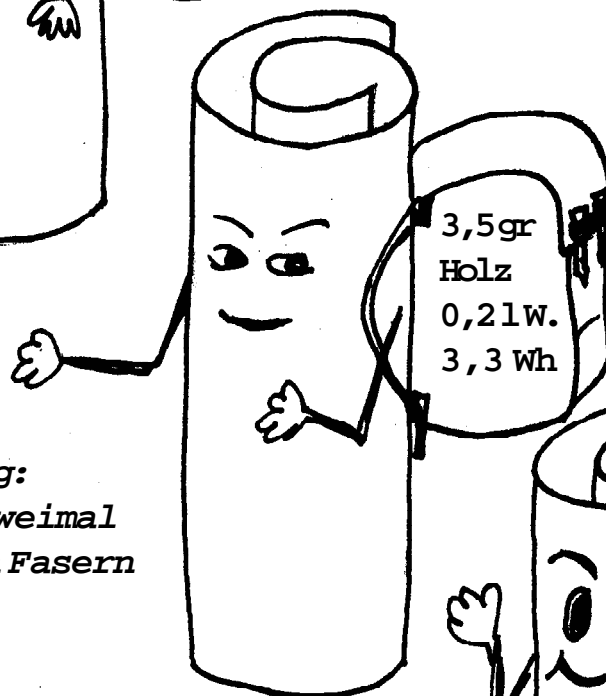


# Verkleinerung des ökologischen Rucksacks durch Mehrfachnutzung der Papierfasern

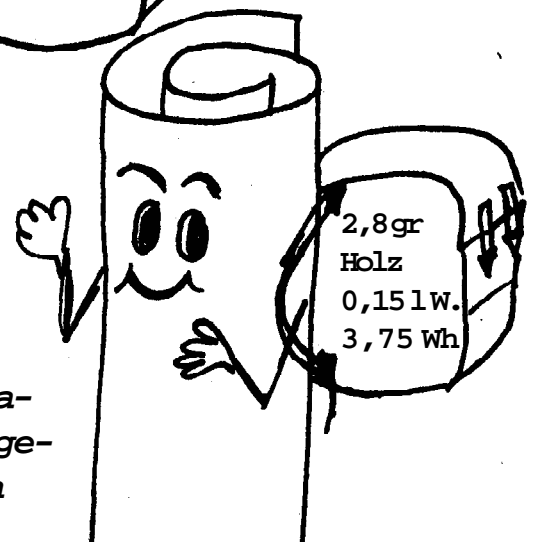
*Erste Nutzung: Papier aus frischen Fasern*



*Zweite Nutzung: Papier aus gebrauchten Fasern*



*Dritte Nutzung: Papier aus zweimal gebrauchten Fasern*



*Vierte Nutzung: Papier aus dreimal gebrauchten Fasern*

Der Wasserverbrauch wird auch zukünftig kaum unter 10 Liter pro kg Papier zu drücken sein, da dies auch anlagentechnische Probleme mit sich führen würde, weil das Wasser salziger wird und zum Faulen neigt, was im ersten Fall die Maschinen und Rohre angreift und im zweiten Fall den Einsatz von chemischen Mitteln (Fungizide z. B.) erfordert. Es ist daher günstiger, gezielt eine kleine Menge Wasser über die Kläranlagen abzugeben. Der ganz geschlossene Kreislauf wird eher die Ausnahme (z. B. für Kartonfabriken) bleiben.

Der Vergleich von Recyclingpapier mit Frischfaserpapier fällt auch nach der aktuellen Methode weiter deutlich zugunsten der Sekundärfaser aus. Knapper könnte dieses Resultat im Vergleich mit der zukünftigen Methode werden, wenn sich im Wasserverbrauch und der -verschmutzung nur noch geringe Unterschiede ergeben. Es wird dann umso stärker ins Gewicht fallen, daß beim Sekundärfaserpapier der zwar nachwachsende, aber doch weltweit knapper werdende Rohstoff Holz mehrfach genutzt wird.

## **2.5 Der ökologische Rucksack**

Die Umweltbelastungen eines Produktes, die im Laufe seines gesamten Lebensweges entstehen und Gegenstand einer Ökobilanz sind, sind gleichwohl dem fertigen Produkt überhaupt nicht mehr anzusehen.

Um dennoch z. B. alle notwendigen Energieströme zu erfassen, hat sich als Fachbegriff die Bezeichnung "graue Energie" durchgesetzt und als Bild für die Gesamtbelastung kann man sich des "ökologischen Rucksackes" bedienen, der alle Stoffströme enthält, die bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung eines Produktes anfallen (**M 10**).

**M 11** zeigt den ökologischen Rucksack für 1 kg Papier nach Berechnungen des Wuppertal-Instituts. Auf Blatt **M 12** habe ich die ökologischen Rucksäcke für je 1 Blatt Frischfaser- und Sekundärfaserpapier dargestellt und größtmäßig ins Verhältnis gebracht.

**M 13** zeigt ebenfalls für 1 Blatt Papier wie die Rucksäcke immer kleiner werden, je öfter die Faser wiederverwendet wird. Grundlage der Berechnungen ist das aktuelle Zellstoffkochverfahren, das ohne fossile Energie auskommt, weil der nichtfaserige Holzanteil zur Energiegewinnung bei der Zellstoffherstellung verbrannt wird. Daher vermindert sich bei der Energie nicht der Wert in den Rucksäcken, sondern erhöht sich leicht, weil bei jeder Runde 5 Wh hinzukommen. Allerdings schwankt dieser Wert zwischen 2,5 und 7,5 Wh je nach Art der Energieerzeugung in der Papierfabrik.

## **3 Altpapier, unser wichtigster Papierrohstoff**

Es wird bei uns seit langem mehr Altpapier gesammelt, als verbraucht wird. Von dieser Überhangmenge wurden 1999 ca. 3,6 Mio. t ausgeführt, gleichzeitig wurde knapp 1 Mio. t eingeführt. Dies mag paradox erscheinen, liegt aber daran, daß schlechtere AP-Sorten exportiert und bessere Sorten importiert werden. So wird über diesen Vorgang die AP-Qualität bei uns aufgebessert je nach Bedarf der Papierfabriken. Ein neuerer Weg des AP-Exports führt nach Südostasien, wohin Schiffe auf der Rückfahrt schlechte AP-Sorten für die dortige Verpackungsindustrie mitnehmen. Möglicherweise begegnen uns diese Altpapierfasern wieder beim Kauf irgendeines chinesischen Spielzeugs oder Kleincomputers.

Der Altpapiermarkt wird mehr und mehr zu einem Rohstoffmarkt wie für viele Waren wie Kohle, Öl, Nahrungsmittel, wo weltweit nur noch Angebot und Nachfrage, kaum mehr aber nationale Interessen, Transportwege oder gar ökologische Argumente bestimmend sind.

Die Problematik langer Transportwege von Papierrohstoffen sowie AP ist also in den Ökobilanzen bzw. im ökologischen Rucksack bislang nicht oder unzureichend erfaßt.

# Papier aus Primärfasern und aus Sekundärfasern

Frischfaserpapier	Sekundärfaserpapier
<ul style="list-style-type: none"> <li>- viel Holz (Papiergewicht mal 2,2 bei Sulfatzellstoff)</li> <li>- große Waldflächen</li> <li>- geringer <u>fossiler</u> Energieverbrauch</li> <li>- hoher Wasserverbrauch</li> <li>- hoher Chemikalieneinsatz (für Koch- und Bleichstufen)</li> <li>- abfallvermehrend als „neues“ Altpapier</li> <li>- Faser bis zu 6 mal verwendbar</li> <li>- Papier hoher Qualität = keine Verwendungsbeschränkungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abfallentlastend bzw. „abfallneutral“</li> <li>- inländisch produzierbar</li> <li>- geringer Wasserverbrauch</li> <li>- Energieverbrauch (Höhe und Art) technologieabhängig</li> <li>- Reststoffe und Deinkungsschlämme (10 - 15 %) tlw. weiterverwendbar</li> <li>- CO<sub>2</sub>-Vorteile</li> <li>- Faser bis zu 6 mal verwendbar</li> <li>- Papier hoher Qualität = keine Verwendungsbeschränkungen</li> </ul>

# Altpapier 1999

(Quelle: VDP 2000)

Verbrauch Papier gesamt:	17,6 Mio. t (+ 3 %)
Altpapierpotential (80 %):	14,1 Mio. t
tatsächliches Aufkommen:	12,9 Mio. t (+ 6 %)
Ausfuhr:	3,6 Mio. t (+ 10 %)
Einfuhr:	1,0 Mio. t (- 8 %)
Verbrauch an Altpapier:	10,3 Mio. t (+ 4%)

Davon:	Untere Sorten	ca. 80 %
	Mittlere Sorten	ca. 6 %
	Bessere Sorten	ca. 8 %
	Krafthaltige Sorten	ca. 6 %

## Folgerungen:

- 2,6 Mio. t mehr erfaßt als verbraucht!
- Weitere 1,2 Mio. t könnten noch erfaßt werden!
- Wie zu erfassen?
- Wie einsetzen, wenn nicht exportieren?
- Potentiale: Grafische Papiere (Büro, Zeitschriften)  
Hygienepapiere
- Ersatz von Zellstoffimporten!

## 4 Die Zukunft der inländischen Zellstoffproduktion

Deutschland ist der zweitgrößte Zellstoffimporteur der Welt. Auch aus diesem Grund laufen derzeit unterschiedliche Anstrengungen zur Errichtung von neuen Zellstoffwerken in Deutschland, die wegen der o. g. Umweltfortschritte wieder genehmigungsfähig sind.

Ein erster Erfolg ist seit Ende des Jahres 1999 zu vermelden: In **Blankenstein im Thüringer Wald** wird wieder Langfaser-Sulfatzellstoff gekocht mit sehr guten Resultaten.

Gebleicht wird im Wechsel mit Chlordioxid und chlorfrei mit Sauerstoff. Im Laufe des Jahres 2000 wird die Produktion regulär laufen. Erzeugt werden 200.000 t hochwertigen Zellstoffs, was aber doch nur 5 % des inländisch verbrauchten Zellstoffs ausmacht und für den Gesamtzellstoffverbrauch (= Importe an Zellstoff und Frischfaserpapapieren) sogar weniger als 2 % bedeutet..

Ein neues Werk soll bei **Stendal** 100 km westlich von Berlin entstehen, wo in etlichen Jahren weitere ca. 10 % der derzeit importierten Zellstoffmenge aus dem Nadelholz der umliegenden Wälder gekocht werden könnte. Seit Jahren wird in etwa diese Menge an Holz übrigens nach Schweden geschafft und dort zu Kiefersulfat-Zellstoff verarbeitet.

Die unzweifelhaften ökologischen Vorteile des inländischen Zellstoffs (Schwachholznutzung, kurze Transportwege, ökologisch moderne Fertigung), dürfen aber nicht zu weiteren Verbrauchssteigerungen führen, sondern der hier gewonnene Zellstoff muß Importe aus denjenigen Ländern ersetzen, wo biologisch wertvolle Wälder unserem Holzhunger bisher zum Opfer fallen (v. a. Kanada, Karelien in Rußland).

---

Die vorstehenden Ausführungen zum Thema "Papier und Ökologie" basieren auf der gleichnamigen Broschüre aus dem Jahre 1998. Sie wurden im Herbst 2000 aktualisiert, ergänzt und wo nötig umgearbeitet.

Die vergriffene Broschüre wird derzeit komplett überarbeitet. Sie wird voraussichtlich ab der Jahresmitte 2001 in der 2., erweiterten Auflage erhältlich sein bei:

Forum Ökologie & Papier  
Im Dorf 27  
56288 Roth  
Tel.: 06762 - 8750  
Fax: 06762 - 951750  
Email: [jupp.trauth@gmx.de](mailto:jupp.trauth@gmx.de).