

QUALITÄTSVERGLEICH

zwischen Recycling- und Frischfaserpapier



Wettbewerbsbeitrag der Umweltgruppe

Ursulinen-Gymnasiums in Mannheim

A4,4

68159 Mannheim



Inhaltsverzeichnis

1. Motivation für diese Studie	1
2. Definition von Qualitätskriterien für Papier	2
3. Testmethoden zur Qualitätsprüfung	3
3.1 Untersuchungen unter dem Mikroskop	
3.2 Wasseraufnahmefähigkeit	
3.3 Saugfähigkeit des Papiers	
3.4 Messungen mit dem Luxmeter	
3.5 Reißfestigkeit	
4. Ergebnisse der Qualitätsprüfung	5
4.1 Untersuchungen unter dem Mikroskop	
4.2 Wasseraufnahmefähigkeit	
4.3 Saugfähigkeit des Papiers	
4.4 Messungen mit dem Luxmeter	
4.5 Reißfestigkeit	
5. Testsieger	12

1. Motivation für diese Studie

Jeder Schüler kennt das Problem, dass über die Schönheit des Heftaufschriebs entscheidet. Drückt der Stift auch nicht durch? Verschmiert der Füller auch nicht auf dem Blatt? Kann man das Geschriebene noch lesen, nachdem etwas im Schulranzen ausgelaufen ist?

Das wird vor allem interessant, wenn an unserer Schule noch der Umwelt-Aspekt dazu kommt. Wir sind eine EMAS-registrierte Schule und haben uns vorgenommen, auf Ressourcen zu achten. Wir haben am Anfang dieses Schuljahres zum ersten Mal Umwelthefte verkauft, wodurch wir auf unsere Projektidee gekommen sind. Wie unterscheiden sich die Papierqualitäten von gebleichtem bis zu Ökopapier, welches Papier ist am besten zum Beschreiben mit Füller, Buntstift, Bleistift und Farbstift geeignet?

Und für uns am wichtigsten: Sind die Vorurteile gegen Umweltpapier denn berechtigt?

So haben wir eine möglichst große Vielfalt von Papier bzw. Heften ausgewählt und jede Papiersorte zur Abkürzung mit einem Symbol versehen. Diese Codierung sollte auch verhindern, dass wir bei der Untersuchung je nach Papiersorte mit einem Vorurteil unser Ergebnis verzerren. Wichtig war uns bei der Auswahl, neben dem „Recycling- versus Frischfaserpapier“-Vergleich auch mehrere Umwelthefte untereinander vergleichen zu können.

Nr.	Marke	Label	Nr.	Marke	Label
1	☆	Zebra (Öko)	7	☺	Brunnen (Frischfaser)
2	☹	Oxford (Frischfaser)	8	•	Memo (Öko)
3	•••	Herlitz (Öko)	9	•••	Klimaschutzpapier
4	••	Staufen (Öko)	10	•••	BUND (Öko)
5	△	Brunnen (Öko)	11	□	Recycling Premium White
6	•••	Rex / Aldi (Öko)	BE = Blauer Engel FSC = FSC-zertifiziert		

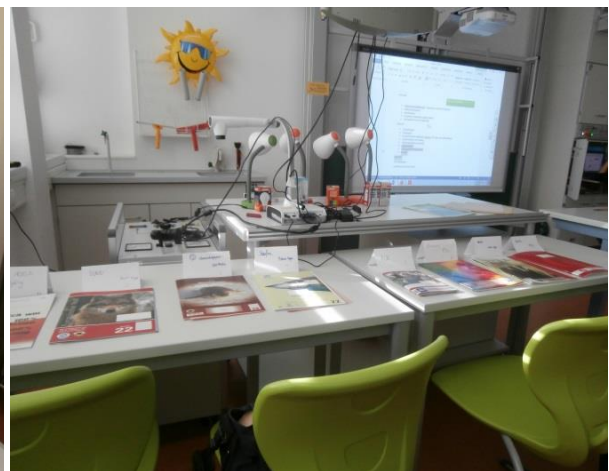


Abb.1 Daniel beim Markieren der verschiedenen Papiersorten. Unsere Auswahl ausgebreitet im Physiksaal.

QUALITÄTSVERGLEICH zwischen Recycling- und Frischfaserpapier

Ergebnisse der Qualitätsprüfung



Abb.2 Unsere Papierauswahl.

Der vorliegende Testbericht ist ein Gemeinschaftswerk unserer Umwelt-AG. Alle haben ein Stück dieses Textes geschrieben, der am Schluss dann natürlich stilistisch vereinheitlicht wurde.

2. Definition von Qualitätskriterien für Papier

Papier ist dann qualitativ gut, wenn es zweckentsprechend brauchbar ist. Folgende Zwecke könnte Papier erfüllen:

- a. **Saug- und Benetzungsfähigkeit**
Schreibpapier soll Tinte, Filzstifte gut aufnehmen, aber nicht verfließen lassen. Bleistift bzw. Graphit soll nicht verwischen.
- b. **Verfließen von Tinte bei Nässe**
Tinte soll, auch wenn Papier nass wird, nicht zu stark verfließen und verblassen.
- c. **Durchsichtigkeit**
Schreibpapier soll sichtdicht sein, damit man nicht die Beschriftung der Rückseite sieht.
- d. **Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit**
Schreibpapier soll bei Nässe nicht gleich durchweichen.
- e. **Reißfestigkeit**
Schreibpapier soll nicht zu leicht reißen.

3. Testmethoden zur Qualitätsprüfung

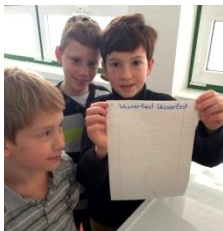
3.1 Untersuchungen unter dem Mikroskop



Mit einem Mikroskop wurden unterschiedliche Papierproben mit Strichen von Füller, Bleistift, Filzstift und Holzfarbstift untersucht. Durch die Struktur der Blätter unterscheiden sich sowohl Aufsaugverhalten, als auch die generelle Aufnahmefähigkeit für die Farbpigmente.

Die verschiedenen Papierproben mit dem Füller-, Buntstift-, Bleistift- und Filzstift-Strichen wurden nacheinander unter das Mikroskop gelegt. Das Mikroskopbild wurde über eine Digitalkamera in den PC eingelesen. Zur besseren Analyse wurden verschiedene Zoomeinstellungen verwendet.

3.2 Wasseraufnahmefähigkeit



Tinte soll, auch wenn Papier nass wird, nicht zu stark verfließen und verblassen. Um das zu testen, wurden die verschiedenen Blätter mit Filzstift beschrieben, anschließend wurde Wasser darüber geschüttet. Nach dem Trocknen bewerteten wir die Ergebnisse. Dabei berücksichtigten wir die Meinungen aller Umweltgruppenteilnehmer, was die Leserlichkeit, das Verschwimmen und die Krumpeligkeit des Papiers angeht und einigten uns auf eine Rangliste.

3.3 Saugfähigkeit des Papiers



In der Schulpause möchte man manchmal mit dem Papier aus den Schulheften auch einfach nur kreativ werden – zum Beispiel kann es sein, dass man einen Bootchen-Wettbewerb startet. Darum wurden Papierboote gefaltet, in eine Wanne mit Wasser gesetzt und geschaut wie lange sie brauchen um sich mit Wasser vollzusaugen, sodass sie untergehen.

Schließlich verrät dieser Test ganz allgemein etwas über die Saugfähigkeit des Papiers.

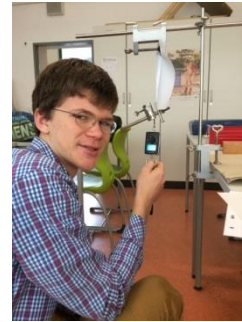
3.4 Durchsichtigkeit des Papiers - Messungen mit dem Luxmeter



Schreibpapier soll sichtdicht sein, damit man nicht die Beschriftung der Rückseite sieht. Um ein Maß für diese Eigenschaft des Papiers zu haben, wurde mit einem Luxmeter die Helligkeit unterhalb einer Lampe direkt ohne jeden Papierfilter, dann mit einer Papierprobe darunter und schließlich mit einer doppelt gefalteten Papierprobe untersucht. Aus den Helligkeiten mit Papierfilter und ohne Papierfilter wurde der Prozentsatz der Lichtabsorption ermittelt.

3.5 Reißfestigkeit

Papier ist im Schultallag immer wieder Belastungstests ausgeliefert. Hierbei ist der Faseraufbau des Papiers wichtig. Um einen möglichst genauen Vergleich, vor allem zwischen Recycling- und Frischfaserpapier, zu erzielen, muss allerdings berücksichtigt werden, dass die verschiedenen Hefte unterschiedliche (vom Hersteller gerundet angegebene) Massen bei gleicher Fläche besitzen.



Details zum experimentellen Aufbau:

Material

Stativ, Kofferwaage, Klammern für das Papier

Aufbau

- Stativ an einer Tischkante aufbauen - weitere Stativteile benutzen, um eine möglichst stabile Konstruktion zu haben - es wird schließlich später stark daran gezogen
- Papier längs einspannen mit Klammern, möglichst mittig am Rand, zweite Klammer in entgegengesetzter Richtung befestigen
- Eine der Klammern am Stativ befestigen
 - ⇒ Papier sollte jetzt am Stativ über dem Boden herunterhängen (man braucht den Platz um später gut ziehen zu können)
- Kofferwaage an der freien Klammer befestigen



Messverlauf

Nachdem der Befestigung des Papiers zieht man langsam immer stärker an der Kofferwaage und damit am Papier - in möglichst kleinen Schritten steigern! Sobald das Papier durchreißt (egal wo), wird das letzte von der Anzeige abgelesene Gewicht vor dem Reißen – im folgenden „Reiß-Gewicht“ genannt - aufgeschrieben. Dann wird das gerissene Papier herausgenommen und ein neues eingespannt.

1. Man sollte die wirklich allerletzte Zahl nehmen, die man irgendwie ablesen kann. Das Reiß-Gewicht wird schließlich nur einen Augenblick lang angezeigt. **Also immer Augen auf die Waage!** Außerdem sollte sich unter einem nichts befinden, da man durch das ruckartige Reißen leicht hinfallen kann.
2. Das Papier, das vor dem Reißen das höchste Gewicht aushält, wird der Sieger dieser Kategorie sein. Um allerdings einen möglichst fairen Vergleich anzustellen, musste berücksichtigt werden, dass zwei der verwendeten Papiere nicht wie alle anderen eine Masse von 80g pro Quadratmeter besitzen. Um das 90g/m² bzw. 70g/m² Papier fair vergleichen zu können, wurden die gemessenen Reiß-Gewichte aller Papiere linear auf eine Massen-Flächendichte von 100g/m² hochskaliert. Die Annahme eines linearen Zusammenhangs ist natürlich nicht nachgewiesen und daher vermutlich etwas fehlerbehaftet, denn je nach Faserzusammenhalt kann natürlich nicht davon ausgegangen werden, dass bei doppelter Massen-Flächendichte auch eine doppelte Belastung vor dem Reißen zu erwarten ist.

Im Rahmen der Ungenauigkeiten, die beim Ablesen des letzten, maximalen Wertes während der Versuchsdurchführung gemacht werden und der ungefähren Herstellerangabe der flächenbezogenen Masse erschien uns diese Herangehensweise aber als berechtigt, zumal wir auch im Internet keine weiterführenden Informationen diesbezüglich fanden.

4. Ergebnisse der Qualitätsprüfung

4.1 Untersuchungen unter dem Mikroskop

Grundsätzlich saugt Papier mit einer rauen, faserreichen Struktur Flüssigkeiten sehr gut auf. Das bedeutet, dass Frischfaserpapier (FP) Füllertinte und Filzfarben hervorragend aufnimmt. Bei Umweltpapier kommt es auf die Qualität der Oberflächenstruktur an. Bleistift-Graphit wird bei FP richtig in die Faserstruktur eingewoben.

Es wurden nicht alle 11 Papierproben untersucht. Grundsätzlich wurde nach den Unterschieden zwischen Frischfaserpapier und zwei Sorten Recyclingpapier, nämlich BE (Blauer Engel) und FSC (Papier aus verantwortungsvoller Herstellung – zertifiziert). Ausgewählt wurden die Papierproben Oxford-Heft (FP), REX-Heft (FSC) und BUND-Heft (BE).

1. Der Holzstift ist auf dem BE Papier am schlechtesten zu erkennen. Es kommt keine richtige "Benetzung der Oberfläche" zustande. Rechts sieht man eine Probe des am FSC-Papiers. Hier ist die Benetzung wesentlich besser!



2. Füller und Filzstift schmierern auf dem FSC Papier leicht, d.h. man erkennt eine breite Benetzung und die Farbe verfließt. Im großen Maßstab bedeutet das, dass feine Strukturen nicht gut aufgelöst bleiben. Bei Frischfaserpapier erkennt man deutlich die gute Benetzung.



QUALITÄTSVERGLEICH zwischen Recycling- und Frischfaserpapier
Ergebnisse der Qualitätsprüfung

3. Auf dem FSC-Papier ist der Bleistift sehr deckend, die Oberflächenstruktur des Papiers ist recht glatt, d.h. der Graphit des Bleistifts vernetzt sich nicht richtig mit den Fasern im Gegensatz zum Frischfaserpapier. Das kann dazu führen, dass Bleistift leicht verschmiert. Beim BE-Papier ist die Vernetzung mit den Fasern besser als beim FSC-Papier.



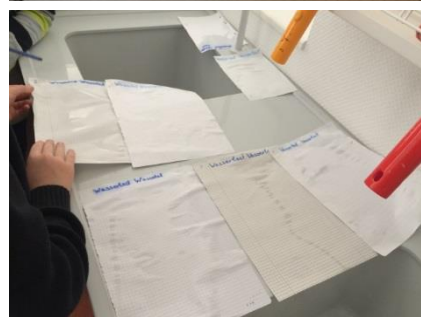
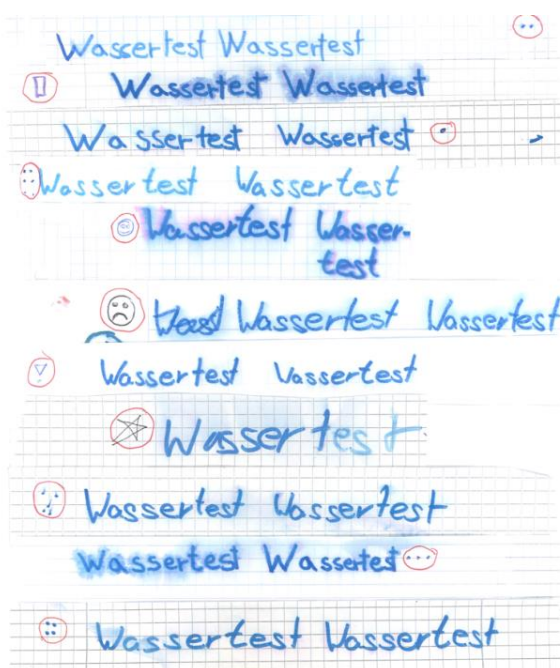
Abb.6

Qualitativ gesehen schneidet das Frischfaserpapier der Marke Oxford am besten ab. Wenn man aber sinnvollerweise im Sinne des Umweltschutzes Ressourcen sparen möchte, dann ist das Recyclingpapier vom BUND zu wählen.

4.2 Wasseraufnahmefähigkeit

Auf der nächsten Seite präsentieren wir unsere Ergebnisse zu den Tests mit Tinte auf Papier und anschließender „Wässerung“. Nach dem Trocknen wurden die Proben verglichen. Gemeinsam haben wir uns als Sieger auf das Frischfaserpapier von Brunnen (Nr.8) geeinigt, obwohl das Recyclingpapier von Rex/Aldi (Nr.6) und das Klimaschutzpapier (Nr.4) weit vorne in dieser Kategorie liegen. Beim Recyclingpapier von Herlitz (Nr.3) blieb der Schriftzug weiterhin sehr kontrastreich im Vergleich zum Recyclingpapier von Rex/Aldi und bildete auch keine deutlich zu erkennenden Wasserflecken das Klimaschutzpapier. Die weitere Punkteverteilung in dieser Kategorie ist der Übersichtstabelle im letzten Kapitel zu entnehmen.

Interessant ist, dass die beiden Frischfaser-papiere von Oxford (Nr.2) und von Brunnen (Nr.7) in dieser Kategorie ziemlich schlecht abschneiden.



4.3 Saugfähigkeit des Papiers

Der „Bootchentest“ lieferte sehr interessante Ergebnisse. Nachdem bereits fünf Minuten nach dem Zuwasserlassen der Papierboote die ersten zwei Boote untergegangen waren, nämlich das Recyclingpapier von Rex/Aldi (Nr.6) und das Frischfaserpapier von Brunnen (Nr.7), schwammen die anderen Boote auch noch nach zwei Wochen!



4.4 Durchsichtigkeit des Papiers - Messungen mit dem Luxmeter



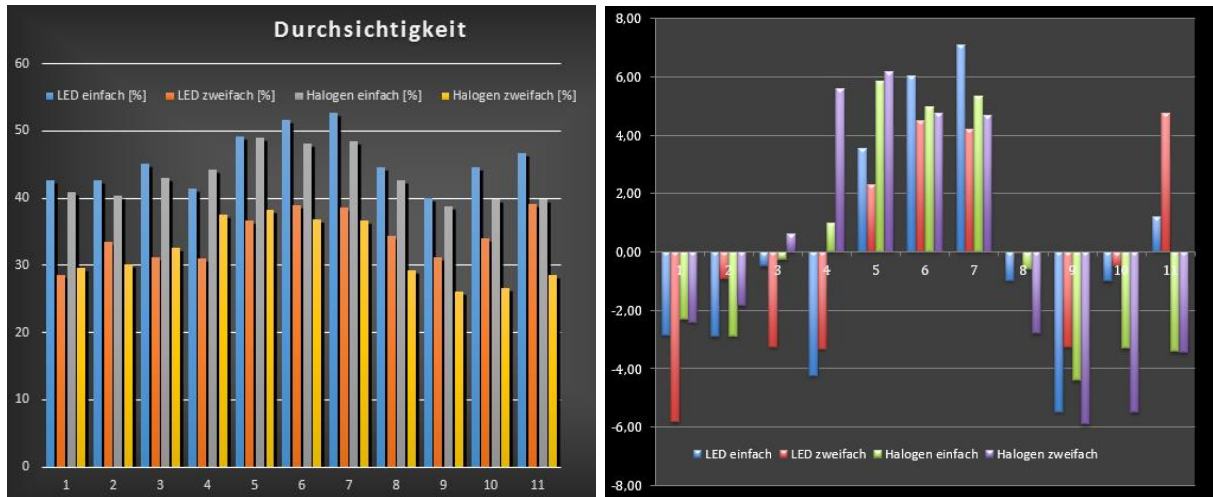
Die „Sichtdichte“ des Papiers wurde mittels Lichtdurchleuchtung und Messung der Helligkeit mit einem Luxmeter geprüft.

Unsere Ergebnisse der Lichtdurchlässigkeits-Tests für LED- und Halogen-Beleuchtung sind in den folgenden Grafiken dargestellt. Die Prozentangabe beschreibt bei „einfacher“, also einlagigem Papier als Lichtstopper, und bei „zweifacher“, also doppelter Papierschicht als Lichtstopper, wie viel Prozent des eingestrahlichten Lichts in der Maßeinheit LUX hinter dem Papier noch messbar ist. Die Beschriftung auf der x-Achse ist die Nummerierung, die zu Anfang gegeben wurde. Hier nochmals zu Erinnerung:

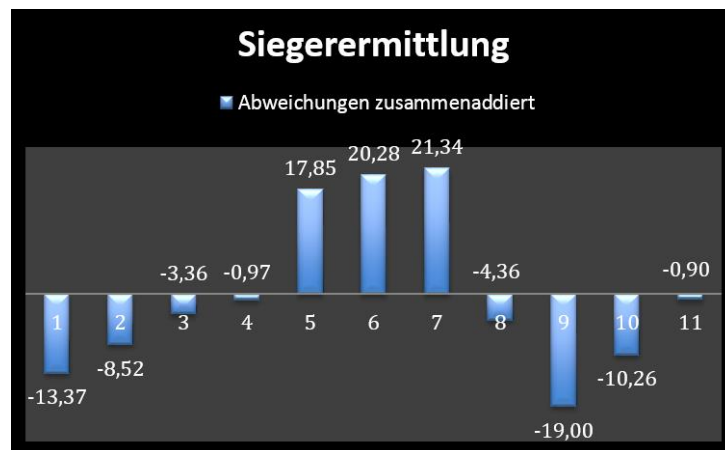
Nr.	Marke	Label	Nr.	Marke	Label	
1	☆ Zebra (Öko)	BE	7	☺ Brunnen (Frischfaser)	----	
2	☹ Oxford (Frischfaser)	----	8	• Memo (Öko)	BE	
3	•• Herlitz (Öko)	FSC	9	••• Klimaschutzpapier	ÖKOPA*	
4	•• Staufen (Öko)	BE**	10	••• BUND (Öko)	ÖKOPA BE	
5	•△ Brunnen (Öko)	FSC	11	□ Recycling Premium White	BE	
6	••• Rex / Aldi (Öko)	FSC	BE = Blauer Engel FSC = FSC-zertifiziert			

QUALITÄTSVERGLEICH zwischen Recycling- und Frischfaserpapier Ergebnisse der Qualitätsprüfung

Hier im linken Diagramm ist einfach eine Übersicht gegeben. Man erkennt, dass auf jeden Fall die Verdopplung der Papierdicke zu einer Abnahme der LUX-Zahl im Bereich von 5% bis 10% führt. Im rechten Diagramm werden unsere Ergebnisse noch einmal übersichtlicher, hier wird nämlich die absolute Abweichung vom jeweiligen Mittelwert (einfach oder zweifach; LED oder Halogen) dargestellt.



Zur Ermittlung des Testsiegers wurden alle absoluten Abweichungen aufaddiert. Am besten schneiden natürlich, wenn es um die Durchsichtigkeit geht, diejenigen Papiere ab, die am wenigsten Licht durchlassen. So ist es auch weniger möglich, die durchscheinende Schrift von der Rückseite lesen zu können.



Zusätzlich wurde ein ganz einfacher Test durchgeführt. Ein dicker Punkt wurde mit einem Edding auf das Papier gemalt und beurteilt, ob er auf der Rückseite zu sehen ist oder nicht:

Nr.	Marke	Punkte	Edding sichtbar?	Punkte
1	Zebra (Öko)	9	NEIN	+5
2	Oxford (Frischfaser)	7	JA	----
3	Herlitz (Öko)	5	JA	----
4	Staufen (Öko)	4	NEIN	+5

Testsieger

5	Brunnen (Öko)	2	JA	----
6	Rex / Aldi (Öko)	1	JA	----
7	Brunnen (Frischfaser)	0	JA	----
8	Memo (Öko)	6	JA	----
9	Klimaschutzpapier	10	NEIN	+ 5
10	BUND (Öko)	8	NEIN	+ 5
11	Recycling Premium White	3	JA	----

4.5 Reißfestigkeit







Vor allem die Frischfaserpapiere sind sehr reißfest, was sich natürlich auf die frischen und besonders starken Fasern zurückführen lässt. Allerdings zeigen auch die Papiere, die ein FSC-Siegel haben, eine gute Reißfestigkeit im Vergleich zu den anderen Recyclingheften.

Weil die Frischfaserpapiere von Oxford und Brunnen jeweils eine andere Papierdichte aufweisen, wurden alle maximalen Belastungswerte kurz vor dem Reißen des Papiers auf 100g/m² hochskaliert, um eine Vergleichbarkeit zu erreichen.

Also wurde z.B. aus einer Reißfestigkeit bis 6,6kg bei 80g/m² Dichte ein Wert von 8,2kg durch Division durch 80%, weil die Dichte von 80g/m² nur 80% der Dichte von 100g/m² darstellt. Anschließend wurde auf eine Stelle nach dem Komma gerundet.

Die Messergebnisse sind in einer Tabelle auf der nächsten Seite aufgelistet. In der letzten Spalte steht eine Punktzahl zwischen 1 und 10, die umso höher ausfällt, je reißfester das Papier ist. Daraus ergibt sich eine klare Rangfolge.

Tabellarische Übersicht zum Reißfestigkeitstest

Nr.	Marke	Label	Dichte	Max. Belastung		Punkte
1	 Zebra (Öko)	BE	80 g/m ²	12,5 kg	15,6 kg	9
2	 Oxford (Frischfaser)	----	90 g/m ²	14,8 kg	16,4 kg	10
3	 Herlitz (Öko)	FSC	80 g/m ²	13,1 kg	16,4 kg	10
4	 Staufen (Öko)	BE**	80 g/m ²	2,8 kg	3,3 kg	1
5	 Brunnen (Öko)	FSC	80 g/m ²	9,7 kg	12,1 kg	8
6	 Rex / Aldi (Öko)	FSC	80 g/m ²	6,8 kg	8,5 kg	6

Testsieger

7	☺	Brunnen (Frischfaser)	----	70 g/m ²	5,2 kg	7,4 kg	4
8	●	Memo (Öko)	BE	80 g/m ²	4,4 kg	5,5 kg	3
9	●●	Klimaschutzpapier	ÖKOPA*	80 g/m ²	3,9 kg	4,9 kg	2
10	●●●	BUND (Öko)	ÖKOPA BE	80 g/m ²	8 kg	10 kg	7
11	□	Recycling Premium White	BE	80 g/m ²	6,6 kg	8,3 kg	5

5. Testsieger

Bevor ein Testsieger feststehen kann, ist hier ein Überblick über alle Tests in Tabellenform gegeben:

Heftmarke	Label	4.1	4.2	4.3	4.4		4.5	Gesamtpunktzahl
Zebra (Öko)	BE	----	3	10	9	+ 5	9	36
Oxford (Frischfaser)	----	3	4	10	7	----	10	31 + 3
Herlitz (Öko)	FSC	----	2	10	5	----	10	27
Staufen (Öko)	BE**	----	5	10	4	+ 5	1	25
Brunnen (Öko)	FSC	----	10	10	2	----	8	30
Rex / Aldi (Öko)	FSC	2	9	0	1	----	6	16 + 2
Brunnen (Frischfaser)	----	----	1	0	0	----	4	5
Memo (Öko)	BE	----	7	10	6	----	3	26
Klimaschutzpapier	ÖKOPA*	----	8	10	10	+ 5	2	35
BUND (Öko)	ÖKOPA BE	1	6	10	8	+ 5	7	36 + 1
Recycling Premium White	BE	----	0	10	3	----	5	18

** Blauer Engel *ÖKOPApplus-Siegel

Es wurden jeweils gemäß der Rangfolge Punkte gegeben. Für Rang 1 waren es 10 Punkte, für Rang 2 dann 10 Punkte und für Rang 11 war es dann nur noch 0 Punkt. Da beim Mikroskopieren nur 3 Papiersorten untersucht wurden, werden hier einfach gemäß der Rangfolge Pluspunkte gegeben.

Ganz deutlich sind in allen Kategorien die Recyclinghefte vom BUND und von Zebra nach unseren Untersuchungen die Testsieger.

Was allerdings die Beurteilung des Papiers hinsichtlich der Aufnahmefähigkeit von Tinte, der Gefahr von verlaufenden Filzstiften betrifft, so ist hier ganz klar das Frischfaserpapier der Testsieger, wie unsere Mikroskop-Aufnahmen zeigen. Das ist aber keine große Überraschung, weil Recyclingpapier einfach aufgrund seiner Struktur für feinste Zeichnungen ganz sicher nicht geeignet sein kann. Aber im Alltag gibt es kaum einen Grund, dass wir kein Recyclingpapier verwenden.