

INFOR-Projekt Nr. 131

**Prognose der Zusammensetzung von Altpapier in
Deutschland durch den Einfluss globaler Verpackungs-
papierströme und der daraus resultierenden Auswir-
kungen (Asiatisches Altpapier)**

Schlussbericht

Dezember 2010

Papiertechnische Stiftung - PTS
Heidenau

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Papierfabrikation und
Mechanische Verfahrenstechnik

Dr. Frank Miletzky

Dipl.-Ing. Adrian Manoiu
Dr.-Ing. Alf-Mathias Strunz

Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel

Dipl.-Chem. Antje Kersten
Dipl.-Ing. Georg Hirsch
Dr.-Ing. Hans-Joachim Putz

INFOR 131 Abschlussbericht

Prognose der Zusammensetzung von Altpapier in Deutschland durch den Einfluss globaler Verpackungspapier- ströme und der daraus resultierenden Auswirkungen

(Asiatisches Altpapier)

**Papiertechnische Stiftung (PTS)
Ressourcenmanagement Rohstoffe und Bioraffinerie
Projektleiter:**

**Dipl.-Ing. Adrian Manoiu
Dr.-Ing. Alf-Mathias Strunz**



**Papierfabrikation und Mechanische
Verfahrenstechnik (PMV)
Technische Universität Darmstadt**

**Projektleiter:
Dipl.-Chem. Antje Kersten (PMV)
Dipl.-Ing. Georg Hirsch (PMV)
Dr.-Ing. Hans-Joachim Putz (PMV)**



Projektbegleiter:

Tobias Backer

Papier- und Kartonfabrik Varel GmbH & Co. KG

Dangaster Straße 38

26316 Varel

Ulrich Sievernich

Smurfit Kappa Recycling GmbH

Central Fibre Management

Am Fuchsberg 8

D-41468 Neuss

Klaus Spielmann

Vereinigung Pack- und Wellpappenpapiere

Jahnstraße 93

64285 Darmstadt

Bernd Mäntele

SCA Recycling Deutschland GmbH

Kufsteiner Str. 27

83064 Raubling

Falk Friedrich

LEIPA Georg Leinfelder GmbH Schwedt

Kuhheide 34

16303 Schwedt

Kontakte:

Papiertechnische Stiftung
CCR-R Ressourcenmanagement Rohstoffe und Bioraffinerie
Adrian Manoiu
Pirnaer Str. 37
D-01809 Heidenau
Telefon: +49 – 3529 – 551 – 680
Fax: +49 – 3529 – 551 – 688
E-Mail: adrian.manoiu@ptspaper.de

Technische Universität Darmstadt
Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik (PMV)
Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel
Alexanderstr. 8
D-64283 Darmstadt
Telefon: +49 – 6151 – 16 21 54
Fax: +49 – 6151 – 16 24 54
E-Mail: Schabel@papier.tu-darmstadt.de

INHALT

INHALT	4
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis.....	9
ZUSAMMENFASSUNG	11
1 EINLEITUNG	13
2 PROJEKTZIELE.....	13
3 VORGEHENSWEISE	13
3.1 Beschaffung von Probenmaterial	13
3.2 Sichtung des Probenmaterials.....	15
3.3 Aufbereitung der Altpapierproben zu Faserstoffsuspensionen im PTS-Technikum	16
3.3.1 Zerfaserung der Altpapiere.....	16
3.3.2 Sortierung der Altpapierstoffe	18
3.4 Ermittlung von Suspensions- und Festigkeitseigenschaften	19
3.4.1 Pulperdickstoff.....	19
3.4.2 Sortierter Altpapierstoff (Akzept Drucksortierung)	20
3.5 Aufbereitung der in Asien gesammelten Altpapiermuster im PMV-Labor.....	20
3.5.1 Fasersuspensionen der in Asien gesammelten Altpapiermuster.....	20
3.6 Quantitative Abschätzung von Mengenströmen indirekt importierter Verpackungsaltpapiere aus dem asiatisch-pazifischen Raum	21
3.6.1 Methodischer Ansatz.....	21
3.6.2 Identifizierung relevanter Warengruppen.....	22
3.6.3 Analyse von Importmengen	23
3.6.4 Abschätzung von Verpackungsfaktoren und Mengenströmen indirekt importierter Verpackungsaltpapiere	24
3.7 Erstellung von Szenarien möglicher Einflüsse auf Eigenschaften wellpappenhaltiger Altpapiere in Deutschland	25
3.7.1 Referenzwerte für wellpappenhaltige Altpapiere aus nationalem Aufkommen.	25
3.7.2 Berechnung mittlerer Eigenschaftskennwerte für Altpapierstoffe des asiatisch- pazifischen Wirtschaftsraumes	26
3.7.3 Auswirkungen unterschiedlicher Anteile von Wellpappenaltpapieren des asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraumes auf Eigenschaften vergleichbarer Altpapiere aus nationalem Aufkommen.....	26
4 ERGEBNISSE	29
4.1 Zusammensetzung der untersuchten Probenmaterialien.....	29
4.1.1 Transportverpackungen aus Wellpappe – Warengruppe TEXTIL	29
4.1.2 Transportverpackungen aus Wellpappe – Warengruppe SCHUHE.....	30
4.1.3 Transportverpackungen aus Wellpappe – Warengruppe FAHRRAD	31
4.1.4 Verpackungen aus Wellpappe – Warengruppe ELEKTRO	31

4.2	Technologisch relevante Eigenschaften der Altpapierstoffe aus Verpackungen verschiedener Warengruppen	33
4.2.1	Suspensionseigenschaften	33
4.2.2	Suspensionseigenschaften der in Asien gesammelten Altpapiermuster	37
4.2.3	Makrostickys	40
4.2.4	Festigkeitseigenschaften	42
4.2.5	Festigkeitseigenschaften der in Asien gesammelten Altpapiermuster	44
4.3	Szenarien möglicher Einflüsse auf Eigenschaften wellpappenhaltiger Altpapiere in Deutschland	48
4.3.1	Abschätzung von Mengenströmen	48
4.3.2	Abschätzung von Auswirkungen der Mengenströme auf den technologischen Gebrauchswert wellpappenhaltiger Altpapiere.....	50
4.3.3	Technologische Gebrauchswerteigenschaften – Fazit und weiterer Handlungsbedarf.....	52
4.4	Konzentration kritischer Inhaltsstoffe.....	53
4.4.1	Schwermetalle.....	53
4.4.2	Halogenfreie organische Inhaltsstoffe	56
4.4.3	Organische Halogenverbindungen	60
4.4.4	Flüchtige organische Verbindungen	64
4.4.5	Fazit / Weiterer Handlungsbedarf	64
5	Anlagen	66
5.1	Vorgehensweise bei Probensichtung	66
5.2	Untersuchte Einzelproben asiatischer Altpapiere	67
5.3	Untersuchungen an Altpapiermischungen asiatischer Altpapiere.....	67
5.4	Zusammensetzung Mischprobe M8 (Aufbereitung SCA Witzenhausen).....	68
5.5	Schema Probenaufbereitung und Probenahme PTS Heidenau	69
5.6	Warengruppe TEXTIL - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften.....	70
5.7	Warengruppe SCHUHE - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften	71
5.8	Warengruppe FAHRRAD - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften	72
5.9	Warengruppe ELEKTRO - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften.....	73
5.10	Eigenschaftsvergleich der untersuchten Warengruppen.....	74
5.11	Papierfremde Stoffe (Klebebänder, Etiketten, Metallklammern)	75
5.12	Makrostickyflächen	76
5.13	Altpapiermuster in Asien gesammelt	77
5.14	Phthalat-Gehalte	78
5.15	Sichtung und manuelle Vorsortierung des Probenmaterials.....	79
5.16	Papierfremde Bestandteile	82
	QUELLEN.....	83

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Optionen für die Beschaffung von Probenmaterial.....	14
Abb. 2	Sichtung des Probenmaterials.....	16
Abb. 3	Technikum für Faserstoffaufbereitung und papiererzeugung der PTS Heidenau	17
Abb. 4	Schema der Probenaufbereitung im PTS-Technikum	17
Abb. 5	Technikumpulper	18
Abb. 6	Drucksortierer (Bauart Fiedler Perforiertechnik), Gesamtansicht, Foilrotor und Schlitzkorb	19
Abb. 7	Betrachteter Wirtschaftsraum	22
Abb. 8	Primärdaten für die Ermittlung von Verpackungsfaktoren.....	24
Abb. 9	Mischreihe von Altpapierstoff aus Deinkingware (AP 1.11) und Altpapierstoffen aus der Warengruppe TEXTIL (APA-M1-Textil).....	27
Abb. 10	Mischreihe von Altpapierstoff aus den Warengruppen TEXTIL (APA-M2-Textil) und ELEKTRO (APA-8-Elektro).....	28
Abb. 11	Probenmaterial der Warengruppe SCHUHE	30
Abb. 12	Probenmaterial der Warengruppe FAHRRAD	31
Abb. 13	Probenmaterial der Warengruppe ELEKTRO (Großgeräte).....	32
Abb. 14	Probenmaterial der Warengruppe ELEKTRO Kleingeräte, Ersatzteile).....	32
Abb. 15	Entwässerungswiderstand der Altpapierstoffe - Referenzwert WPB 1: 52 SR.....	33
Abb. 16	Glührückstand der Altpapierstoffe – Referenzwerte WPB 1: 11,3 % / 9,0 % (525/900 °C)	33
Abb. 17	Längengewichtete mittlere Faserlänge – Referenzwert WPB 1: 1,24 mm	34
Abb. 18	Ergebnisse qualitativer Faseranalysen an Altpapierstoffen	34
Abb. 19	Unterschiedliche Faserzusammensetzung zwischen der Referenzprobe (Wellenstoff) und Altpapierstoffen aus Verpackungen der Warengruppe TEXTIL35	
Abb. 20	Faserstoffe aus Einjahrespflanzen in Altpapierstoffen aus Verpackungen der Warengruppe TEXTIL	35
Abb. 21	Faserstoffe aus Laubhölzern in Altpapierstoffen aus Verpackungen der Warengruppe TEXTIL	36
Abb. 22	CSB-Fracht der Altpapierstoffe – Referenzwert WPB1: 52 kg/t.....	36
Abb. 23	Entwässerungswiderstand der in Asien gesammelten Altpapiermuster	37

Abb. 24	Glührückstand der in Asien gesammelten Altpapiermuster	38
Abb. 25	Längengewichtete mittlere Faserlänge der in Asien gesammelten Altpapiermuster	39
Abb. 26	Faserstoffzusammensetzung der in Asien gesammelten Altpapiermuster.....	39
Abb. 27	Makrostickyflächen der Altpapierstoffe.....	40
Abb. 28	Durchschnittliche Makrostickyflächen der untersuchten Altpapierstoffe aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum unterteilt nach Warengruppen und von deutschen Altpapierstoffen.....	41
Abb. 29	Durchschnittliche Makrostickyflächen der untersuchten Altpapierstoffe aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum und von deutschen Altpapierstoffen.....	41
Abb. 30	Berstwiderstands-Indizes der untersuchten Altpapierstoffe – Referenzwert WPB1: 2,71 kPa*m ² /g.....	42
Abb. 31	SCT _{120 g/m²} der untersuchten Altpapierstoffe – Referenzwert WPB1: 2,72 kN/m	42
Abb. 32	CMT _{120 g/m²} – Referenzwert WPB1: 143 N.....	43
Abb. 33	SCOTT Bond _{120 g/m²} – Referenzwert WPB1: 208 J/m ²	43
Abb. 34	Zusammenfassender Vergleich technologischer Gebrauchswerteigenschaften..	44
Abb. 35	SCT (120 g/m ²) der in Asien gesammelten Altpapiermuster	45
Abb. 36	CMT ₃₀ (120 g/m ²) der in Asien gesammelten Altpapiermuster	45
Abb. 37	RCT (120 g/m ²) der in Asien gesammelten Altpapiermuster	46
Abb. 38	Durchreißwiderstands-Index der in Asien gesammelten Altpapiermuster	46
Abb. 39	Durchreißwiderstands-Index über der mittleren längenbetonten Faserlänge der in Asien gesammelten Altpapiermuster	47
Abb. 40	Bruchkraft-Index der in Asien gesammelten Altpapiermuster	47
Abb. 41	Struktur des Verbrauchs von Altpapieren mit hohem Wellpappenanteil in Deutschland.....	48
Abb. 42	Anteil indirekt importierter Wellpappenaltpapiere aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum am nationalen Verbrauch wellpappenhaltiger Altpapiere	50
Abb. 43	Konzentrationen an Cadmium und Quecksilber (Totalgehalte) in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum	54
Abb. 44	Konzentrationen an Blei, Kupfer, Chrom und Nickel (Totalgehalte) in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum	55

Abb. 45	Konzentrationen an halogenfreien organischen Inhaltsstoffen – Formaldehyd, Glyoxal, DIPN – in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum	56
Abb. 46	Konzentrationen an Phthalaten in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum	59
Abb. 47	Konzentrationen an organischen Halogenverbindungen (OX-Gehalt).....	61
Abb. 48	Konzentrationen an Pentachlorphenol (PCP) und Polychlorierten Biphenylen (PCB) in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum	62
Abb. 49	Chromatogramme von aufbereiteten Wellpappenaltpapierproben nach Thermodesorption-GC/MS	64

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Übersicht des Probenmaterials	15
Tab. 2	Übersicht der in Asien gesammelten Altpapiermuster	15
Tab. 3	Ermittelte Eigenschaftsmerkmale der Pulper-Dickstoffen	19
Tab. 4	Ermittelte Eigenschaftsmerkmale der sortierten Altpapierstoffe	20
Tab. 5	Ermittelte Eigenschaftsmerkmale der in Asien gesammelten Altpapiermuster	21
Tab. 6	Importmengen von Waren mit Wellpappenverpackungen	23
Tab. 7	Anteile von Ländern des apW am Import relevanter Warengruppen	23
Tab. 8	Ermittelte Verpackungsfaktoren in den untersuchten Warengruppen.....	24
Tab. 9	Abschätzung indirekt importierter Transportverpackungen aus Wellpappe durch multiplikative Verknüpfung von mittlerer Verpackungsfaktoren und importierten Netto-Warenmassen	25
Tab. 10	Eigenschaften der Referenzmaterialien	26
Tab. 11	Bestandteile des Probenmaterials aus der Warengruppe TEXTIL	29
Tab. 12	Länderzuordnung der braunen Wellpappenverpackungen im Probenmaterial der Warengruppe TEXTIL	29
Tab. 13	Länderbezogene Mengenstruktur von Textilimporten Deutschlands aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum	29
Tab. 14	Länderzuordnung der Wellpappenverpackungen im Probenmaterial der Warengruppe SCHUHE	30
Tab. 15	Länderbezogene Mengenstruktur von Schuhimporten Deutschlands aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum	30
Tab. 16	Länderbezogene Mengenstruktur von Importen an Fahrradteilen nach Deutschland aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum.....	31
Tab. 17	Anteil von Altpapiersortimenten am Gesamtaltpapierverbrauch in Deutschland.....	49
Tab. 18	Schema für Minimal-Szenario für Mengenströme indirekt importierter Wellpappenverpackungen.....	49
Tab. 19	Datenbasis für ein Minimal-Szenario für Mengenströme indirekt importierter Wellpappenverpackungen.....	49
Tab. 20	Datenbasis für ein Maximal-Szenario für Mengenströme indirekt importierter Wellpappenverpackungen.....	50

Tab. 21	Ermittelte Eigenschaftskennwerte von Altpapierstoffen aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum (WP-apW) und aus nationalem Aufkomme (WPB 1) .	51
Tab. 22	Auswirkungen unterschiedlicher Mengenanteile indirekt importierter Wellpappenverpackungen auf Eigenschaften von vergleichbaren Altpapierstoffen aus nationalem Aufkommen (Absolutwerte).....	51
Tab. 23	Auswirkungen unterschiedlicher Mengenanteile indirekt importierter Wellpappenverpackungen auf Eigenschaften von vergleichbaren Altpapierstoffen aus nationalem Aufkommen (relative Werte)	52
Tab. 24	Silikatgehalt verschiedener Faserrohstoffe [2].....	52
Tab. 25	Formaldehyd-Gehalte (KWE) in den in Asien gesammelten Altpapiermustern	56
Tab. 26	Glyoxal-Gehalte (KWE) in den in Asien gesammelten Altpapiermustern	57
Tab. 27	Phthalat-Gehalte (Methanol-Extrakt) der in Asien gesammelten Altpapiermuster ...	60
Tab. 28	OX-Gehalte der in Asien gesammelten Altpapiermuster.....	61
Tab. 29	PCP-Gehalte (KWE) der in Asien gesammelten Altpapiermuster	63

ZUSAMMENFASSUNG

Veranlassung

Als Ergebnis des wirtschaftlichen Wachstums in China und weiterer Länder des asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraumes (apW) ist die Einfuhr von Waren aus dieser Region nach Europa/Deutschland erheblich gestiegen. Damit geht ein indirekter Import von Verpackungsmitteln aus Papier, Karton und Pappe (insbesondere Wellpappen) einher, die in den innereuropäischen Altpapierkreislauf Eingang finden. Weder über Mengenströme noch über Qualitätseigenschaften dieser mit den Gütern importierten Verpackungen gibt es bisher hinreichende Informationen.

Material & Methoden

Die Projektbegleiter stellten Transportverpackungen aus Wellpappe aus den Warengruppen Textilien, Schuhwaren, Fahrradteile sowie Elektro- und Elektronikgeräte bereit. Diese Altpapiere wurden manuell hinsichtlich ihrer Herkunftsländer sortiert und nachfolgend im Technikum der PTS mittels LC-Pulper und Loch-/Schlitzsortierung aufbereitet. Die nach anerkannten Normen und Methoden durchgeführten Analysen umfassten die Bewertung nachfolgender Eigenschaften:

- Stoffliche Zusammensetzung (Faserzusammensetzung bzgl. Faserrohstoffen wie Laubholz, Nadelholz, Einjahrespflanzen und Aufschlussverfahren (Holzstoff, Zellstoff).
- Suspensionseigenschaften (Schopper-Riegler-Wert, Wasserrückhaltevermögen, Faserdimensionen, Aschegehalt, Makrostickys, CSB).
- Papiereigenschaften (Bruchkraft, Dehnung, Reißlänge, Berstwiderstand, SCT, CMT, Spaltarbeit Scott Bond).
- Organische Inhaltsstoffe (DIPN, Formaldehyd, Glyoxal, OX, PCB, PCP, Phthalate, VOC/SVOC) und Schwermetalle (Pb, Cd, Cr, Hg, Cu, Ni).

Darüber hinaus wurde versucht, eine Abschätzung der Mengenströme von indirekt importierten – d. h. an Waren gebundenen – Verpackungsaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum nach Deutschland vorzunehmen.

Ergebnisse

1. Die technologischen Gebrauchswerteigenschaften der Altpapierstoffe aus den untersuchten Verpackungen stellen sich folgendermaßen dar:
 - Die mittlere längengewichtete Faserlänge der untersuchten Altpapierstoffe liegt aufgrund der anteilig nachweisbaren Einjahrespflanzen 10 - 15 % unterhalb der von vergleichbaren Altpapiersorten aus nationalem Aufkommen, während ihr Glührückstand etwa 13 % höher ausfällt.
 - Im Ergebnis dessen wiesen die für die Erzeugung von Wellpappenrohpapieren relevanten Festigkeitseigenschaften der asiatischen Altpapierstoffe im Mittel etwa 5 % niedrigere Werte auf als die untersuchten Referenzstoffe aus nationalem Aufkommen.
 - Die technologischen Gebrauchswerteigenschaften der untersuchten asiatischen Altpapierstoffe sind annähernd mit Altpapieren der Sorten 1.04 (Kaufhausaltpapier) und 1.05 (alte Wellpappe-Verpackungen) aus nationalem Aufkommen vergleichbar.
 - Die Differenzierung dieser Eigenschaften zwischen den Altpapierstoffen aus Transportverpackungen der untersuchten Warengruppen ist gering. Das niedrigste Eigenschaftsniveau wiesen die Altpapierstoffe aus den Transportverpackungen des Textilbereichs auf.

2. Zur Bewertung der Konzentration kritischer Inhaltsstoffe ist folgendes festzustellen:

- In den Altpapierstoffen wurden als kritische Inhaltsstoffe PCP (in Einzelfällen bis zu 350 µg/kg) und halogenorganische Verbindungen (OX-Gehalte in Einzelfällen bis 700 mg/kg) ermittelt.
- In einigen wenigen Altpapierproben wurden stark erhöhte DIBP-Werte (Di-Isobutylphthalat) gemessen, die aus Dispersionsklebstoffen stammen könnten. Ansonsten wurden Phthalate in vergleichbarer Identität und Konzentration ermittelt wie in europäischen Verpackungsaltpapieren.
- Andere in Deutschland häufig geprüfte kritische Inhaltsstoffe lagen in der gleichen Größenordnung (Schwermetalle, Formaldehyd, Glyoxal, PCB) oder auf einem niedrigeren Niveau (DIPN) im Vergleich zu europäischen Altpapierproben.
- Die Prüfung auf unbekannte Kontaminanten im VOC/SVOC-Chromatogramm ergab keine signifikanten Unterschiede zu den europäischen Referenzproben.

3. Die Abschätzung der Mengenströme indirekt importierter Verpackungsaltpapiere aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum nach Deutschland ergibt:

- Als Kenngröße zur Mengenabschätzung indirekt importierter Transportverpackungen aus Wellpappe diente ein so genannter Verpackungsfaktor (Verhältniszahl von Verpackungsmasse / netto Warenmasse), der mit den importierten Netto-Warenmassen (Quelle: Bundesamt für Statistik) verknüpft wurde.
- Die bisher verfügbare Datenbasis ist für die Ermittlung von statistisch gesicherten Verpackungsfaktoren noch nicht ausreichend.
- Unter diesen einschränkenden Bedingungen ist für zwei betrachtete Szenarien von indirekten Importen an Wellpappenverpackungen aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum in Höhe von 600.000 t/a (Minimalszenario) bis 2.000.000 t/a (Maximalszenario) auszugehen.
- Entsprechend der Struktur der Warenimporte aus dieser Wirtschaftsregion dominieren jeweils Wellpappenverpackungen aus China.

4. Die Abschätzung der möglichen Auswirkungen dieser indirekten Importe auf die Eigenschaften von relevanten Altpapiersorten aus nationalem Aufkommen und auf die Produkteigenschaften von Wellpappenrohpapieren ergibt folgendes:

- Selbst unter dem als Maximal angenommenen Mengenszenario für indirekt importierte Transportverpackungen aus Wellpappe wird eingeschätzt, dass die Auswirkungen auf die mittleren Festigkeitseigenschaften der in Deutschland eingesetzten wellpappenhaltigen Altpapiersorten (1.04, 1.05, 4.01, 4.03) als gering zu bewerten sind (-1 % bis -3 %).
- Sowohl durch die zunehmende Globalisierung des Handels mit Altpapieren als auch durch indirekte Importe von Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Raum nimmt die geografische Differenzierung der technologischen Gebrauchswerteigenschaften von Sekundärfaserstoffen aus Wellpappenaltpapieren tendenziell ab.
- Hohe Altpapier-Einsatzquoten bei der Erzeugung von Wellpappenrohpapieren im internationalen Maßstab und ein stark eingegatter Recyclingkreislauf bei der Erzeugung dieser Verpackungspapiere lassen eine zwar langsame aber dennoch stetige Verringerung der mittleren technologischen Gebrauchswerteigenschaften von Sekundärfaserstoffen aus Wellpappenverpackungen erwarten.

1 EINLEITUNG

Im Ergebnis des wirtschaftlichen Wachstums in China und weiterer Länder des asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraumes ist die Einfuhr von Waren aus dieser Region nach Europa/Deutschland erheblich gestiegen. Damit geht ein indirekter Import von Verpackungsmitteln aus Papier, Karton und Pappe (insbesondere Wellpappen) einher, die in den innereuropäischen Altpapierkreislauf Eingang finden. Vor Beginn der Projektbearbeitung waren weder Informationen über die Größe der Mengenströme noch über papiertechnische Eigenschaften dieser indirekt importierten Verpackungsaltpapiere verfügbar. Dies traf auch auf den möglichen Gehalt an kritischen Inhaltsstoffen zu, die im Interesse des vorbeugenden Verbraucherschutzes Gegenstand intensiver Untersuchungen sind.

Angesichts dessen schlugen die beteiligten Forschungsinstitute die Bearbeitung eines entsprechenden INFOR-Projektes vor. Dieser Vorschlag wurde vor allem von der Vereinigung Pack- und Wellpappenpapiere im VDP und einzelnen Mitgliedsunternehmen der Vereinigung unterstützt.

2 PROJEKTZIELE

Das Forschungsprojekt verfolgte die Zielstellungen:

- Abschätzung von Mengenströmen indirekt importierter Verpackungsaltpapiere aus dem asiatisch-pazifischen Raum nach Deutschland.
- Ermittlung technologisch relevanter Eigenschaften der Altpapierstoffe (z. B. morphologische Eigenschaften, Gehalt mineralischer Bestandteile, Entwässerungsverhalten, CSB, Makrostickys).
- Bewertung von Festigkeitseigenschaften der Altpapierstoffe, die insbesondere für die Erzeugung von Wellpappenrohpaperen relevant sind (z.B. SCT, Berstwiderstand, Spaltwiderstand).
- Quantitative Bewertung des Gehaltes kritischer Inhaltsstoffe (z. B. Schwermetalle, Formaldehyd, Glyoxal, halogenorganische Verbindungen) in den betreffenden Altpapieren.
- Erstellung unterschiedlicher Szenarien über mögliche Einflüsse derartiger Altpapiere auf Eigenschaften wellpappenhaltiger Altpapiere in Deutschland.
- Erforderlichenfalls Ableitung von Schlussfolgerungen für die künftige Gestaltung der Altpapieraufbereitung für WPR zur Sicherung der Produkteigenschaften von Wellpappenrohpaperen.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 Beschaffung von Probenmaterial

Im Kick-off-Meeting des Projektes am 21.09.2009 wurden zwei Optionen für die Probenbeschaffung diskutiert (Abb. 1):

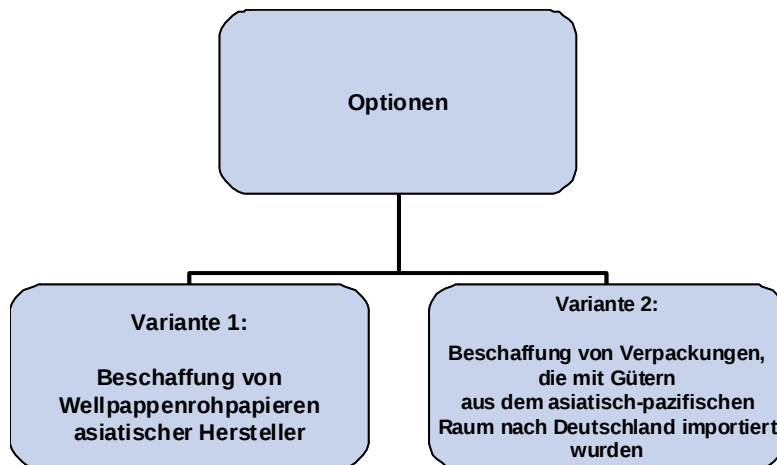


Abb. 1 Optionen für die Beschaffung von Probenmaterial

Die direkte Beschaffung von Wellpappenpapieren von Papierproduzenten des asiatischen Wirtschaftsraumes (Variante 1) wurde verworfen, nachdem folgende Ansätze nicht zum Erfolg führten:

- Beschaffung über die Groupement Ondule bzw. über die Vereinigung Pack- und Wellpappenpapiere durch Einschaltung des Geschäftsführers der Organisationen, Herrn K. Spielmann.
- Entsprechende Kontaktaufnahme zu Papierfabriken in China über Voith Paper, Herrn Dr. T. Wurster.
- Beschaffung über das Außenhandelsunternehmen Zellstoff und Papier Berlin (Jacobson-Gruppe), Frau Dr. M. Teubel.

Alternativ wurde die Beschaffung von Probenmaterial in Form von Transportverpackungen aus Wellpappe favorisiert. Bemühungen seitens der PTS, den Bundesverband Sekundärrohstoffe (bvse) – in Person von H. Neuhaus als Vorsitzenden der bvse-Fachvereinigung Papierrecycling – in dieses Projekt zu integrieren und auf diesem Wege Probenmaterial zu beschaffen, führten nicht zum Erfolg.

Die das Projekt begleitenden Unternehmen, Smurfit Kappa Recycling GmbH – vertreten durch Herrn U. Sievernich – und die Papier- und Kartonfabrik Varel GmbH & Co. KG – vertreten durch Herrn T. Backer – organisierten die Bereitstellung von Probenmaterial. Dabei handelte es sich überwiegend um Transportverpackungen aus Wellpappe, die im gewerblichen Bereich anfallen. Dabei machte man sich die allgemeine Kenntnis zu Nutze, dass insbesondere bei Textilien und Schuhwaren ein hoher Warenanteil aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum (apW) nach Deutschland importiert wird. Aus gewerblichen Anfallstellen standen für die Untersuchungen rund 3,7 Tonnen Altpapier zur Verfügung. Ergänzendes Probenmaterial wurden aus den Bereichen Elektrotechnik/Elektronik sowie aus dem Bereich Fahrradtechnik beschafft (Tab. 1).

Tab. 1 Übersicht des Probenmaterials

Probenmaterial	Interne Bezeichnung der Produktgruppe	Verpackungsart
Probepallen 1 bis 3	TEXTIL	Transportverpackung
Probepallen 4	FAHRRAD	Transportverpackung
Probepallen 5 und 6	TEXTIL	Transportverpackung
Probepallen 7	SCHUHE	Transportverpackung
Einzelverpackungen	ELEKTRO	Transport-, Verkaufs- u. Umverpackung

Im Laufe des Projektes konnten zusätzlich noch die in Tabelle 2 aufgeführten Altpapiermuster aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum beschafft und untersucht werden. Diese Altpapiermuster wurden in Asien gesammelt, standen aber nur in Mengen kleiner 1,3 kg zur Verfügung, weshalb ihre Aufbereitung im Labor, wie in Kapitel 3.3.3 beschrieben, abweichend durchgeführt wurde.

Tab. 2 Übersicht der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Altpapierart	Altpapiersorte	Probenbezeichnung
Wellenstoff	-	Papier 1
Wellenstoff	-	Papier 2
Wellpappe	Domestic Old Corrugated Containers	DOCC
Weißer Späne	White Clippings	WCL
Wellpappe	American Old Corrugated Containers	AOCC 1
Büroaltpapier	Mixed Office Waste	MOW
Wellpappe	American Old Corrugated Containers	AOCC 2
Wellpappe	American Old Corrugated Containers/European Old Corrugated Containers	AOCC/EOCC

3.2 Sichtung des Probenmaterials

Im Sinne der Projektzielstellungen war sicherzustellen, dass nur Verpackungsmaterialien in die Untersuchungen einbezogen wurden, die sich dem asiatisch pazifischen Wirtschaftsraum zuordnen ließen.

Dazu wurden durch PTS Heidenau die einzelnen Ballen zunächst verwogen und mit Hilfe eines Gabelstaplers aufgetrennt. Die Sortierung der so vereinzelter Verpackungen erfolgte händisch. Für die geografische Zuordnung des Materials wurden folgende Merkmale herangezogen:

- Aufgedruckte Angaben zum Herstellerland.

- Produktlogos der Wellpappenhersteller.
- Abfertigungslabells der Luftfracht („Abflugorte“).

Der Zuordnung lag die von den Projektbegleitern bestätigte Annahme zugrunde, dass Herkunftsland von Produkt und Verpackung in der Regel identisch sind.

Verpackungen ohne Aufdruck und Angaben des Absenderlandes fanden keine Verwendung bei den Untersuchungen. Wellpappen mit dem RESY-Gütezeichen wurden europäischer Herkunft zugeordnet und nicht untersucht. Weiterhin lagen vereinzelt Proben vor, auf denen sich zusätzlich zum RESY-Symbol ein Wellpappenherstellerlogo einer asiatischen Papierfabrik finden ließ. Diese Materialien wurden den asiatischen Verpackungen zugeordnet.

Die Vorgehensweise bei der Sichtung des Probenmaterials der Ballen 1 – 7 Sichtung erfolgte nach dem Schema in Abb. 2.

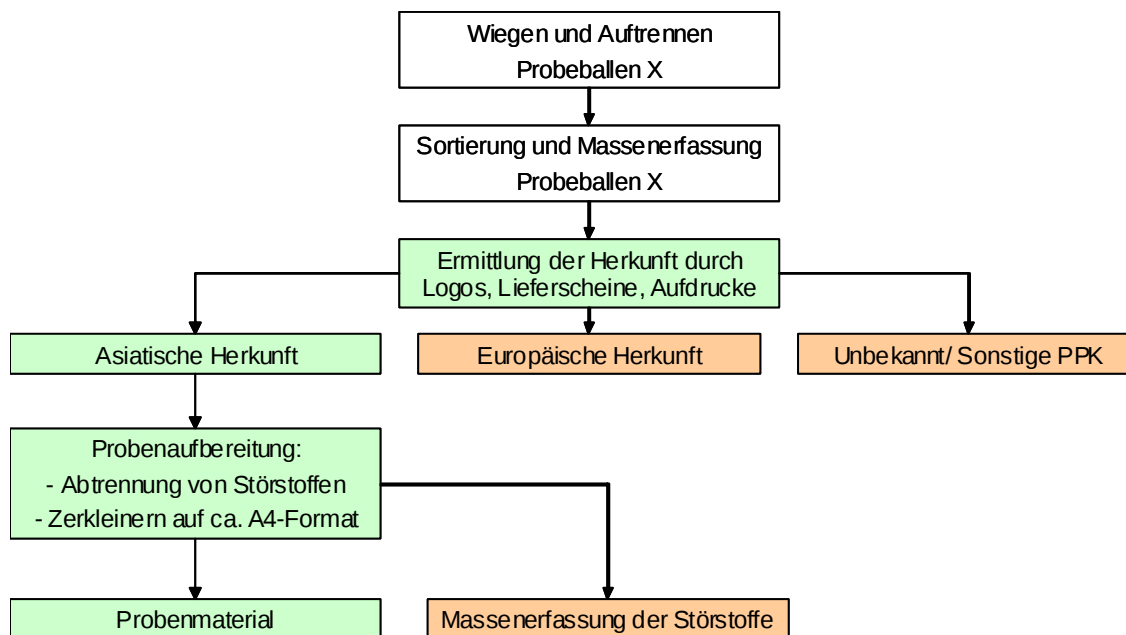


Abb. 2 Sichtung des Probenmaterials

Einzelverpackungen aus dem Elektro- und Elektronikbereich wurden ebenfalls anhand von Angaben auf den Verpackungen den verschiedenen Ländern zugeordnet.

Im Ergebnis dieser Vorgehensweise wurden insgesamt 17 Altpapierproben aus Wellpappenverpackungen generiert, die einerseits den in Tab. 1 dargestellten Produktgruppen und andererseits einzelnen Herkunftsländern zugeordnet sind.

Wie aus Abb. 2 ersichtlich wurden von den für die weiteren Untersuchungen aussortierten Wellpappenverpackungen die massebezogenen Anteile von Klebebändern und Metallklammern erfasst, die in der Altpapieraufbereitung als störende Bestandteile auftreten können.

3.3 Aufbereitung der Altpapierproben zu Faserstoffsuspensionen im PTS-Technikum

3.3.1 Zerkleinerung der Altpapiere

Voraussetzung für die Ermittlung technologisch relevanter Eigenschaften der Altpapierstoffe und die quantitativen Bewertung des Gehaltes kritischer Inhaltsstoffe ist die Aufbereitung der beschriebenen Materialproben zu Altpapierstoffen unter definierten und möglichst industrienahen Bedingungen. Im

Kick-off-Meeting des Projektes war vereinbart worden, dass die Aufbereitung der Altpapierproben im Technikum der PTS am Standort Heidenau erfolgt (Abb.3).



Abb. 3 Technikum für Faserstoffaufbereitung und papiererzeugung der PTS Heidenau

In Abb. 4 sind die Prozess-Stufen für die Aufbereitung der Altpapierproben schematisch dargestellt.

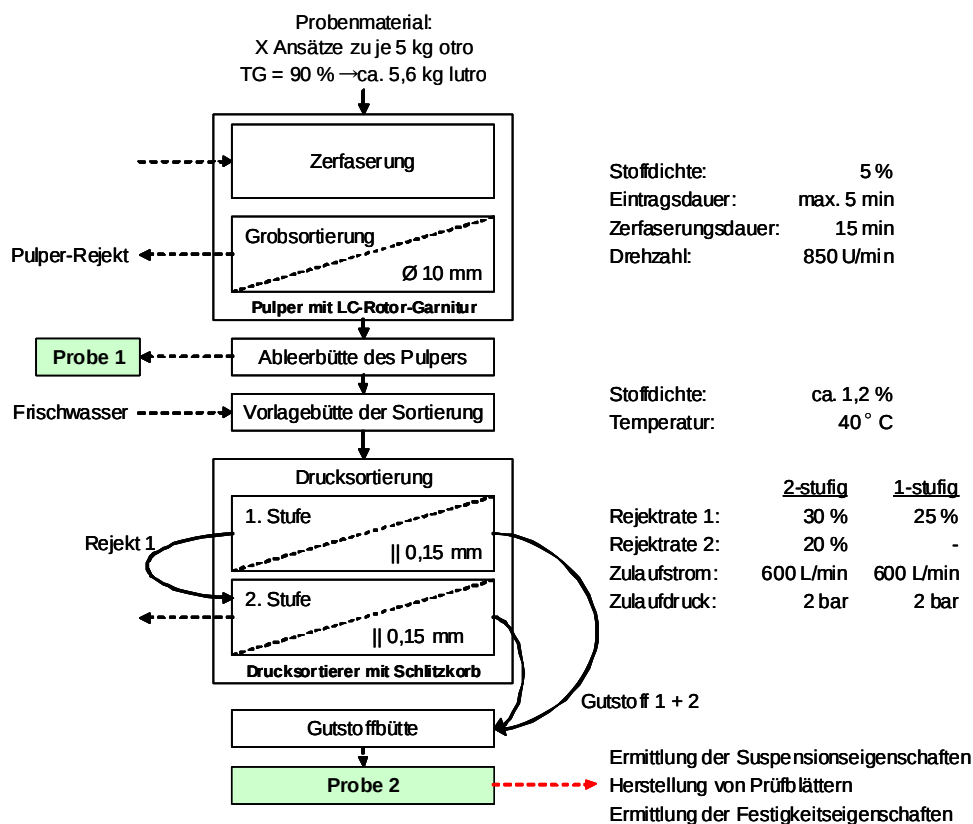


Abb. 4 Schema der Probenaufbereitung im PTS-Technikum

Für die Zerfaserung und Vorsortierung stand ein Technikumpulper (Bauart PAMA Freiberg) zur Verfügung (Abb. 5).

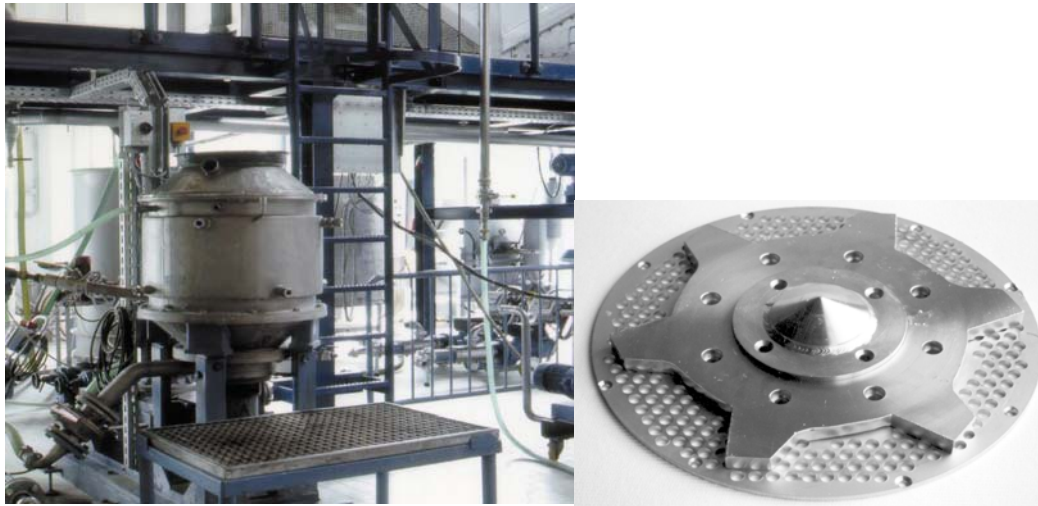


Abb. 5 Technikumpulper

Angestrebt wurde pro Altpapierprobe die Erzeugung einer Mischprobe, die aus 4 Pulperchargen zu je 5 kg otro Rohstoff bestand. Bei geringeren Probenmengen reduzierte sich zwangsläufig die Anzahl der einzelnen Pulperchargen.

Zerfaserungsbedingungen:

- Soll-Stoffdichte: 5 %
- Wasservorlage für Zerfaserung: Frischwasser, 40 °C
- Rotordrehzahl: 850 min⁻¹
- Zerfaserungsdauer: 15 min

Die Ableerung der Suspension erfolgte über ein Pulpersieb mit 10 mm Lochdurchmesser. Die einzelnen Chargen wurden in einer Rührwerksbütte zu einer Mischprobe des Pulper dickstoffs vereinigt, von der jeweils 10 l zeitnah an das PMV Darmstadt für weitere Analysen gesandt wurden.

3.3.2 Sortierung der Altpapierstoffe

Die Mischproben der Pulper dickstoffe wurden entsprechend Abb. 4 mit Frischwasser (40 °C) auf eine Soll-Stoffdichte von 1,2 % verdünnt und einer Drucksortierung mit einem 0,15 mm Schlitzkorb unterzogen (Abb. 6). Bei hinreichend großen Probemengen an Altpapier erfolgte eine zweistufige Sortierung. Entsprechend Abb. 4 war die Rejektrate der 1. Sortierstufe auf 30 % eingestellt, für die 2. Sortierstufe auf 20 %. Geringere Probemengen wurden einer einstufigen Sortierung mit einer Rejektrate von 25 % unterzogen.

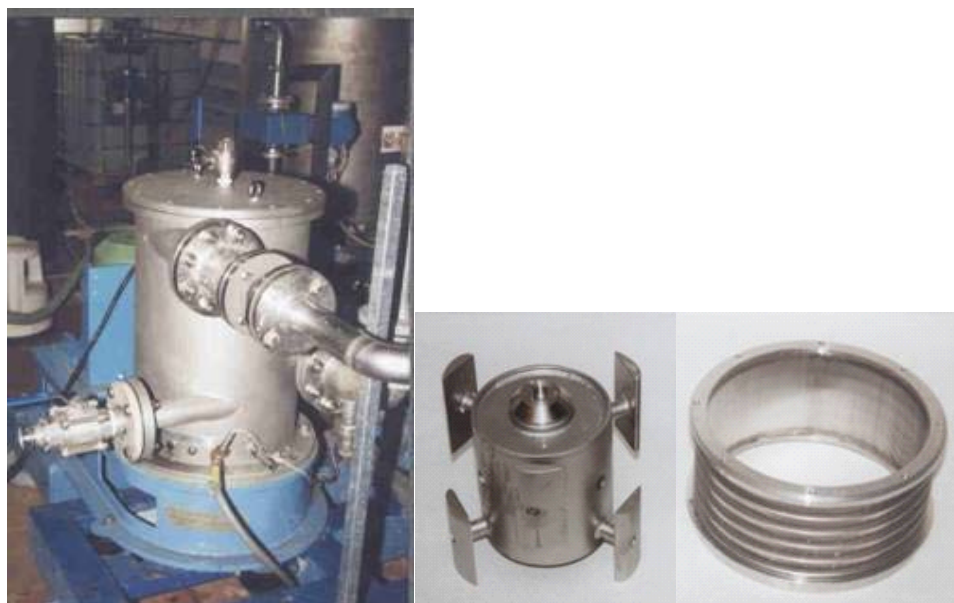


Abb. 6 Drucksortierer (Bauart Fiedler Perforiertechnik), Gesamtansicht, Foilrotor und Schlitzkorb

3.4 Ermittlung von Suspensions- und Festigkeitseigenschaften

3.4.1 Pulperdickstoff

Von den Pulperdickstoffen wurden die Tab. 3 zusammengefassten Daten ermittelt.

Tab. 3 Ermittelte Eigenschaftsmerkmale der Pulper-Dickstoffen

Eigenschaft	Abkürzung	Einheit	Prüfvorschrift	Institut
Stoffdichte	StD	%	DIN EN ISO 4119	PTS; PMV
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	mg/l kg/t	DIN ISO 15705	PTS
Stippengehalt	SG	%	ZMV/18/62	PTS
Makrostickys		mm ² /kg	INGEDE 4	PMV
Schwermetalle Cadmium, Quecksilber, Blei, Kupfer, Chrom, Nickel	Cd, Hg, Pb, Cu, Cr, Ni	mg/kg TS	Graphitrohr-AAS nach Druckbombenaufschluss mit HNO ₃	PMV
Formaldehyd (Kaltwasserextrakt)	HCHO (KWE)	mg/kg mg/dm ²	EN 1541:2001	PMV
Glyoxal (Kaltwasserextrakt)		mg/kg mg/dm ²	DIN 54603:2008	PMV
Diisopropylnaphthalin	DIPN	mg/kg TS	DIN EN 14719:2005	PMV
Phthalate		mg/kg TS	GC/MS nach Aceton-Extraktion	PMV
Organisch gebundene Halogenverbindungen	OX	mg/kg TS	ISO 11480:1997	PMV
Pentachlorphenol	PCP	mg/kg TS	DIN EN ISO 15320:2004	PMV
Polychlorierte Biphenyle	PCB	mg/kg TS	DIN EN ISO 15318:1999	PMV
Leicht flüchtige organische Verbindungen	VOC	mg/kg	RAL-UZ 14 nach Rapid-Köthen-Blattbildung und Lufttrocknung	PMV
Mittelschwer flüchtige organische Stoffe	SVOC			

3.4.2 Sortierter Altpapierstoff (Akzept Drucksortierung)

Von den Akzeptstoffen der Sortierung wurden die in Tab. 4 erfassten Daten ermittelt.

Tab. 4 Ermittelte Eigenschaftsmerkmale der sortierten Altpapierstoffe

Eigenschaftsmerkmal		Abkürzung	Einheit	Prüfvorschrift	Institut
Suspension	Stoffdichte	StD	%	DIN EN ISO 4119	PTS; PMV
	Entwässerungswiderstand SCHOPPER/RIEGLER	SR	SR	DIN EN ISO 5267-1	PTS
	Wasserrückhaltevermögen	WRV	%	ZM IV/33/57	PTS
	Glührückstand bei 525 u. bei 900°C	AG	%	ISO 1762 und ISO 2144	PTS
	Fasermorphologie (FiberLab™)			TAPPI-Norm T271 om-98	PTS
	Qualitative Faserstoffzusammensetzung			ZM IV/55/74 TAPPI-Norm T401 om-03	PMV
Papier (Prüfblätter)	Zugfestigkeit (80 g/m²)	Tensile-Index	Nm/g	DIN EN ISO 1924-2	PTS
	Berstdruck (120 g/m²)	Bw	kPa	DIN EN ISO 2759	PTS
	Streifenstauchwiderstand	SCT	kN/m	DIN 54518	PTS
	Flachstauchwiderstand	CMT	N	DIN EN ISO 7263	PTS
	Ringstauchwiderstand	RCT	kN/m	DIN 53134	PTS
	Spaltfestigkeit (Scott Bond)	Scott	J/m²	TAPPI T569 om-09	PTS
	Durchreißwiderstand nach ELMENDORF	DE	mN	DIN EN 21974	PTS

3.5 Aufbereitung der in Asien gesammelten Altpapiermuster im PMV-Labor

Auf Grund der geringen Probenmengen (max. 1,3 kg) der in Asien gesammelten Altpapiermuster wurden diese Proben im Labor des PMV aufbereitet. Hierzu wurde von jedem Muster ein repräsentativer Teil entnommen, in handtellergröße Stücke geschnitten und in einem Niederkonsistenz-Pulper (Bauart Escher-Wyss) unter folgenden Bedingungen zerfaser:

- Soll-Stoffdichte: 5 %
- Wasservorlage für Zerfaserung: Frischwasser, 40 °C
- Zerfaserungsdauer: 45 min.

Da von den beiden Wellenstoffen nur ca. 50 g vorhanden waren, wurden diese Muster komplett in einem Standard-Desintegrator unter folgenden Bedingungen zerfaser:

- Soll-Stoffdichte: 2,5 %
- Wasservorlage für Zerfaserung: Frischwasser, 40 °C
- Zerfaserungsdauer: 20 min.

Bei all diesen Proben wurden im Vorfeld Klebebänder (falls vorhanden) entfernt, so dass eine Weiterverarbeitung der Fasersuspensionen ohne Grobsortierung direkt möglich war.

3.5.1 Fasersuspensionen der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Die im Labor des PMV erzeugten Fasersuspensionen wurden auf die in Tab. 5 aufgeführten Eigenschaftsmerkmale untersucht. Einzige Ausnahme bildeten die aus den beiden Wellenstoffen erzeugten Suspensionen, die aufgrund ihrer geringen Menge nur bezüglich Inhaltsstoffe und qualitative Faserstoffzusammensetzung untersucht wurden.

Tab. 5 Ermittelte Eigenschaftsmerkmale der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Eigenschaftsmerkmal		Abkürzung	Einheit	Prüfvorschrift	Institut
Suspension	Entwässerungswiderstand SCHOPPER/RIEGLER	SR	%	DIN EN ISO 5267-1:2000-10	PMV
	Fasermorphologie (FiberLab™)			TAPPI Norm T271 om-2002	PMV
	Glührückstand bei 525 u. 900°C	AG	%	DIN 54370:2007- 06	PMV
	Qualitative Faserstoffzusammensetzung			ZM IV/55/74 TAPPI Norm T401 om-03	PMV
Papier (Prüfblätter)	Zugfestigkeit (80 g/m²)	Tensile-Index	Nm/g	DIN EN ISO 1924-2:2009-05	PMV
	Durchreißwiderstand nach ELMENDORF (80 g/m²)	DE	Nm	DIN EN 21974:1994-09	PMV
	Streifenstauchwiderstand (120 g/m²)	SCT	kN/m	DIN 54518:2004- 03	PMV
	Flachstauchwiderstand – CMT ₃₀ (120 g/m²)	CMT ₃₀	N	DIN EN ISO 7263:2009-05	PMV
	Ringstauchwiderstand (120 g/m²)	RCT	kN/m	DIN 53134:2005- 04	PMV

Die Untersuchung auf chemische Inhaltsstoffe wurde für die Parameter Formaldehyd, Glyoxal, Phthalate, OX-Gehalt und PCP in der Suspension nach Lufttrocknung anhand der in Tab. 3 aufgeführten Prüfvorschriften durchgeführt.

3.6 Quantitative Abschätzung von Mengenströmen indirekt importierter Verpackungsaltpapiere aus dem asiatisch-pazifischen Raum

3.6.1 Methodischer Ansatz

Der im Sinne der Projektzielstellung betrachtete „asiatisch-pazifische Wirtschaftsraum“ (nachfolgend mit apW bezeichnet) umfasst die ostasiatischen Länder, die Länder Südostasiens und Südasiens mit insgesamt 25 Staaten (Abb. 7).



Abb. 7 Betrachteter Wirtschaftsraum

Die Definition der geografischen Region ist von grundlegender Bedeutung für die Ermittlung von Daten für Warenimporten aus diesen Staaten nach Deutschland. Entsprechende Informationen wurde der Datenbank „GENESIS-Online“ des STATISTISCHEN BUNDESAMTES (2009-A) entnommen. Die ausgewiesenen Mengenangaben beziehen sich auf die Eigenmasse der Ware ohne Umschließungen und Verpackungen [Statistisches Bundesamt (2009-B)]. Für die Untersuchungen wurden die Importdaten für 2008 verwendet.

Wie in Abschnitt 3.1 dargestellt, bestand das verfügbare Probenmaterial überwiegend aus Transportverpackungen aus Wellpappe, die im gewerblichen Bereich anfallen. Insofern schließen die nachfolgenden Betrachtungen in der Regel keine Verkaufs- und Umverpackungen ein, die beim privaten Endverbraucher anfallen.

Um quantitative Abschätzung von Mengenströmen indirekt importierter Transportverpackungen aus Wellpappe vornehmen zu können, bestand weiterhin die Aufgabe, Warengruppen zu definieren, für die Wellpappenverpackungen typisch sind. Dies erfolgte auf Grundlage des Warenverzeichnisses des Statistischen Bundesamtes (2009-C). Anhand der Ländercodes der Staaten des betrachteten Wirtschaftsraumes und der Warennummern der ausgewählten Warenkapitel weist das Statistische Bundesamt die Importmengen der einzelnen Waren für den Bezugsraum aus.

Um Rückschlüsse von den importierten Warenmengen auf die damit indirekt importierten Wellpappenverpackungen ziehen zu können, wurde im weiteren der Versuch unternommen, aus den untersuchten Transportverpackungen einen so genannten Verpackungsfaktor abzuleiten. Dieser Faktor ist definiert als das Verhältnis der Verpackungsmasse zur jeweiligen Nettowarenmasse.

3.6.2 Identifizierung relevanter Warengruppen

In Tab. 6 sind die Warengruppen aufgeführt, die nach Auffassung von PTS und PMV einerseits hohe Verpackungsanteile aus Wellpappenprodukten enthalten und andererseits in erheblichen Mengen nach Deutschland importiert werden. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass das nur etwa 44 % der als relevant eingestuften Warengruppen durch entsprechendes Probenmaterial bei den Untersuchungen berücksichtigt werden konnte.

Tab. 6 Importmengen von Waren mit Wellpappenverpackungen

Waren- Nummer	Warengruppen-Bezeichnung	Gesamtimportmenge aus dem apW [t]	Anteil [%]	Untersuchtes Probenmaterial
WA85	Elektrotechnische Erzeugnisse	1.343.320	21,7	ELEKTRO
WA61	Bekleidung usw. aus Gewirken, Gestricken	451.589	18,0	TEXTIL
WA62	Andere Bekleidung, Bekleidungszubehör	421.251		
WA63	Andere Konfektion, Spinnstoffwaren usw.	242.407		
WA94	Möbel, Beleuchtungskörper usw.	855.235	13,8	
WA39	Kunststoffe und Waren daraus	706.014	11,4	
WA69	Keramische Waren	419.970	6,8	
WA20	Zubereitungen von Gemüse, Früchten usw.	397.609	6,4	
WA95	Spielzeug, Spiele usw., Sportgeräte	371.776	6,0	
WA70	Glas und Glaswaren	350.298	5,7	
WA64	Schuhe, Gamaschen, ähnliche Waren	231.114	3,7	SCHUHE
WA42	Lederwaren, Sattlerwaren	198.504	3,2	
WA90	Optische, fotografische usw. Erzeugnisse	94.598	1,5	
WA8714	Teile u. Zubehör für Fahrzeuge der Position 8711-8713	54.422	0,9	FAHRRAD
WA8712	Zweiräder, Fahrräder, Lastendreiräder ohne Motor	24.493	0,4	
WA92	Musikinstrumente	19.059	0,3	
WA91	Uhrmacherwaren	15.040	0,2	
Gesamtsumme		6.196.698	100	

3.6.3 Analyse von Importmengen

Deutlich wird aus Abb. 7, dass aus China knapp 70 % der Konsumgüter stammen und die nachfolgenden 6 Länder des apW jeweils nur zum Importanteil der als relevant eingestuftten Waren in Höhe von 3 % bis 4 % beitragen.

Tab. 7 Anteile von Ländern des apW am Import relevanter Warengruppen

Land	Ländercode	Gesamtimport relevanter Warengruppen nach Deutschland [t]	Anteil [%]
China	STLAH720	4.246.425	68,5
Vietnam	STLAH690	256.722	4,1
Indien	STLAH664	232.975	3,8
Japan	STLAH732	230.704	3,7
Taiwan	STLAH736	214.226	3,5
Thailand	STLAH680	194.949	3,1
Bangladesch	STLAH666	189.179	3,1
Südkorea	STLAH724	158.368	2,6
Indonesien	STLAH700	134.875	2,2
Malaysia	STLAH701	113.385	1,8
Pakistan	STLAH662	69.009	1,1
Hongkong	STLAH740	57.701	0,9
Singapur	STLAH706	27.579	0,4
Kambodscha	STLAH696	20.995	0,3
Philippinen	STLAH708	20.860	0,3
Sri Lanka	STLAH669	16.096	0,3
Myanmar	STLAH676	4.994	0,1
Macau	STLAH743	4.446	0,1
Laos	STLAH684	2.427	0,0
Nordkorea	STLAH728	438	0,0
Nepal	STLAH672	322	0,0
Brunei	STLAH703	16	0,0
Bhutan	STLAH675	1	0,0
Osttimor	STLAH626	0	0,0
Malediven	STLAH667	0	0,0
Gesamt		6.196.692	100,0

3.6.4 Abschätzung von Verpackungsfaktoren und Mengenströmen indirekt importierter Verpackungsaltpapiere

Wie in Abschnitt 3.6.1 kurz erwähnt, beruhte die Ermittlung von Verpackungsfaktoren auf Angaben zum Gesamtgewicht und zur Netto-Warenmasse auf den untersuchten Verpackungen (vgl. Abb. 8).

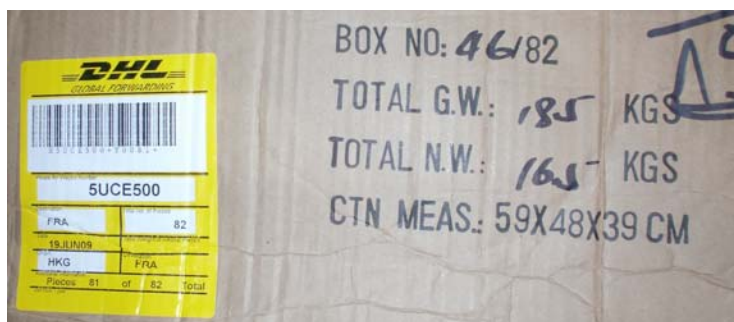


Abb. 8 Primärdaten für die Ermittlung von Verpackungsfaktoren

Nicht auf allen untersuchten Verpackungen sind diese Angaben zu finden. In Tab. 8 sind die berechneten Verpackungsfaktoren aufgeführt.

Tab. 8 Ermittelte Verpackungsfaktoren in den untersuchten Warengruppen

Produkt-Gruppe	Datensätze n	Ermittelter Parameter	Massenangaben in kg		VK	Minimale Masse	Maximale Masse
			MW	Stabw			
Textil	38	Verpackungsmasse	1,88	0,67	36%	0,500	4,000
		Nettowarenmasse	11,54	3,89	34%	4,500	21,000
		Verpackungsfaktor	0,17	0,07	39%	0,071	0,400
Elektro	23	Verpackungsmasse	1,10	0,76	69%	0,200	3,000
		Nettowarenmasse	5,98	4,23	71%	1,100	16,800
		Verpackungsfaktor	0,24	0,16	67%	0,041	0,526
Fahrrad	4	Verpackungsmasse	3,48	1,84	53%	1,070	4,920
		Nettowarenmasse	20,10	4,79	24%	13,380	24,000
		Verpackungsfaktor	0,17	0,07	45%	0,080	0,246
Schuhe	4	Verpackungsmasse	1,88	0,55	29%	1,450	2,600
		Nettowarenmasse	8,76	3,45	39%	5,400	13,030
		Verpackungsfaktor	0,25	0,16	63%	0,111	0,481

Die ermittelten Verpackungsfaktoren liefern nur erste Anhaltswerte über die Verhältnisse von Verpackungs- und Nettowarenmassen. Erkennbar ist, dass auch innerhalb einer Warengruppe die Massenverhältnisse stark variieren.

Laut Definition bedeutet ein höherer Faktor, dass mehr Verpackungsmasse eingesetzt wird. Dies trifft beispielsweise für höherwertige Produkte, besonders im ELEKTRO-Bereich, zu. Im Bereich FAHRRAD liegt der Faktor niedriger, da die Einzelproduktmassen von Fahrrädern und Zubehörteilen im Vergleich zu den anderen Produktmassen weit höher liegen, die Verpackungsmassen dazu aber nicht proportional zunehmen.

In Tab. 9 wurden die berechneten Verpackungsfaktoren mit den Netto-Importmengen der beprobten Warengruppen multiplikativ verknüpft, um eine Abschätzung indirekt importierter Transportverpackungen aus Wellpappe in diesen Warengruppen vornehmen zu können.

Tab. 9 Abschätzung indirekt importierter Transportverpackungen aus Wellpappe durch multiplikative Verknüpfung von mittlerer Verpackungsfaktoren und importierten Netto-Warenmassen

Waren-Gruppe	Import-Menge [t]	Verpackungs-Faktor (MW)	Rechnerische Verpackungsmasse [t]
Textil	1.115.247	0,17	189.592
Elektro	1.343.320	0,24	322.397
Fahrrad	78.915	0,17	13.416
Schuhe	231.114	0,25	57.779

3.7 Erstellung von Szenarien möglicher Einflüsse auf Eigenschaften wellpappenhaltiger Altpapiere in Deutschland

3.7.1 Referenzwerte für wellpappenhaltige Altpapiere aus nationalem Aufkommen

Zur vergleichenden Bewertung der asiatischen Verpackungsaltpapiere dienten ein von der PTS bereitgestelltes Modellaltpapier (Bezeichnung WPB1) für die Sorte 1.04 und ein industriell hergestellter Wellenstoff (Bezeichnung Referenz).

Zusammensetzung des Modellaltpapiers WPB 1:

- 65,0 % Wellpappenverpackungen aus brauner Wellpappe
- 24,5 % Wellpappenverpackungen aus weiß gedeckter Wellpappe
- 10,5 % Wellpappenverpackungen, weiß gedeckte und gestrichene Wellpappen.

Rohstoffeinsatz für den industriell gefertigten Wellenstoff:

- ca. 45 % Altpapiersorte 1.02 (gemischtes Altpapier sortiert)
- ca. 45 % Altpapiersorte 1.04 (Kaufhausaltpapier)
- ca. 45 % Altpapiersorte 4.01 (neue Späne aus Wellpappe).

Bei vergleichenden grafischen Darstellungen werden die Eigenschaftskennwerte von WPB1 bzw. Referenz 100 % festgelegt. Dazu wurden entweder die Mittelwerte der asiatischen Altpapiere der Produktgruppen bzw. der berechnete Mittelwert für die asiatischen Wellpappenaltpapiere MW_{Asien} ins Verhältnis gesetzt. Für die Vergleiche wurden die wichtigsten Parameter der Festigkeits- und Suspensionseigenschaften ausgewählt. Dies sind SCT, CMT, Berstwiderstands-Index (Bw-Index), Scott-Bond und Tensile-Index sowie der Aschegehalt bei 525 °C, die mittlere längenbetonte Faserlänge $L(l)c$ und der SR-Wert.

Tab. 10 Eigenschaften der Referenzmaterialien

Suspensionseigenschaften	Einheit	WPB 1	Referenz
SR-Wert	SR	52	48
WRV	%	148	154
Asche, 525 °C	%	11,3	15,4
Asche, 900 °C	%	9,0	11,7
mittl. Faserlänge L(l)	mm	1,24	1,275
CSB-Fracht	kg/t	52	18,40

Festigkeitseigenschaften 80 g/m²	Einheit	WPB 1	Referenz
Flächenmasse	g/m ²	80,3	78,7
Reißlänge	km	3,85	3,9
Dehnung	%	1,75	1,95
Bruchkraft	N	45,5	45,7
Tensile Index	Nm/g	37,9	38,4
TEA	J/m ²	37,6	42,7
E-Modul	GPa	3,28	3,18

Festigkeitseigenschaften 120 g/m²	Einheit	WPB 1	Referenz
Berstwiderstand	kPa	320	309
Berst-Index	kPa*m ² /g	2,71	2,61
SCT	kN	2,65	2,67
SCT-Index	N*m/g	22,5	23,0
CMT	N	138	141
Scott Bond	J/m ²	172	204

3.7.2 Berechnung mittlerer Eigenschaftskennwerte für Altpapierstoffe des asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraumes

Zur Abschätzung möglicher Auswirkungen indirekt importierter Wellpappenverpackungen aus dem apW auf technologisch relevante Gebrauchswerteigenschaften von Altpapieren mit hohem Wellpappenanteil in Deutschland wurden zunächst von den Altpapierstoffen aus den untersuchten Warengruppen gewichtete Mittelwerte für die bestimmten Eigenschaftsparameter gebildet. Die Wichtung der Produktgruppenmittelwerte erfolgt dabei anhand der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Importmengen der Warengruppen und der Länder, von denen Probenmaterialien untersucht wurden.

In einem zweiten Schritt erfolgte die Aggregation der gewichteten, warengruppenbezogenen Mittelwerte zu Eigenschaftskennwerten für Altpapierstoffe, die aus Wellpappentransportverpackungen der untersuchten Warengruppen aus dem apW zu erwarten sind. Der Gewichtung dieses Mittelwertes liegen die Anteile der importierten Warenmengen der untersuchten Gruppen zugrunde.

3.7.3 Auswirkungen unterschiedlicher Anteile von Wellpappenaltpapieren des asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraumes auf Eigenschaften vergleichbarer Altpapiere aus nationalem Aufkommen

Zur Quantifizierung möglicher Auswirkungen der indirekt importierten Altpapiere auf technologische Gebrauchswerteigenschaften vergleichbarer Altpapiere aus nationalem Aufkommen wurden massebezogene Mischungsregeln benutzt.

Erfahrungsgemäß ist ein Eigenschaftskennwert eines Papieres aus einer Faserstoffmischung als massegewichteter Mittelwert der Mischungskomponenten darstellbar. Je ähnlicher die Eigenschaften der Komponenten sind desto genauer sind in der Regel die Eigenschaftskennwerte durch massegewichtete Mischung der Ausgangseigenschaften berechenbar. Systematische Untersuchungen zum Mischungsverhalten von Faserstoffen waren bei PTS unter anderem Gegenstand des Forschungsvorhabens IGF 14694 BR [1]. Um Nichtlinearitäten im Mischungsverhalten der untersuchten Altpapierstoffe weitgehend ausschließen zu können, wurden 4 Mischversuche mit unterschiedlichen Altpapierstoffen durchgeführt und mittels Methoden der linearen Regression bewertet. In Abb. 9 sind die Ergebnisse von Mischungsuntersuchungen an Altpapierstoff aus Deinkingware (AP 1.11) und einem Altpapierstoff aus Wellpappenverpackungen der Warengruppe TEXTIL (APA M1-Textil) dargestellt.

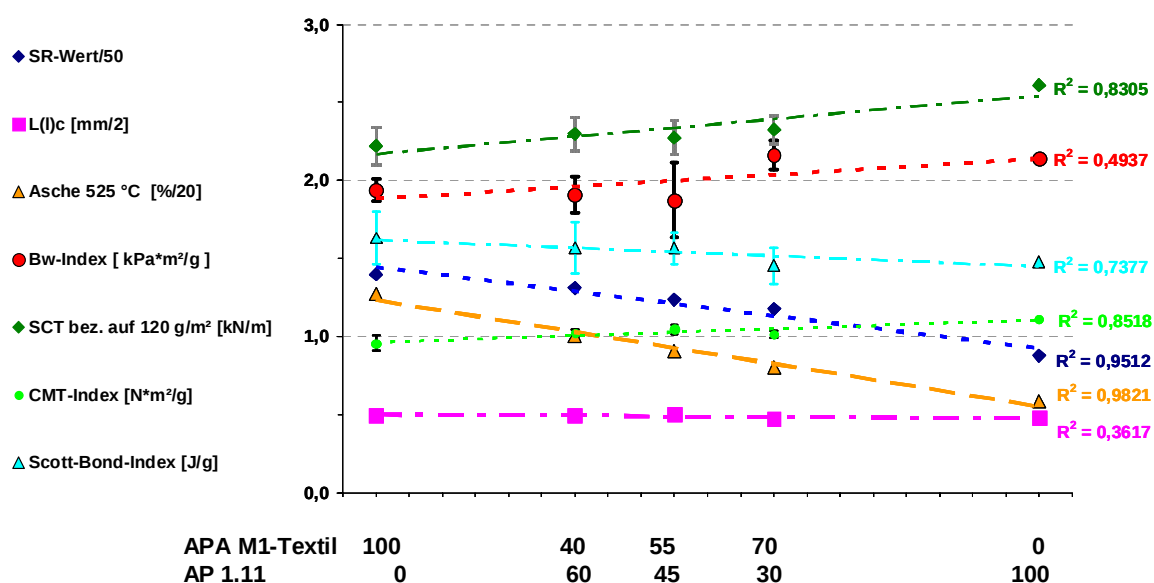


Abb. 9 Mischreihe von Altpapierstoff aus Deinkingware (AP 1.11) und Altpapierstoffen aus der Warengruppe TEXTIL (APA-M1-Textil)

Erkennbar ist – trotz unterschiedlicher Eigenschaften der Einzelkomponenten – ein lineares Mischungsverhalten der beiden Altpapierstoffe für Suspensions- und Festigkeitseigenschaften.

Mischungsuntersuchungen mit Altpapierstoffen, deren Eigenschaftskennwerte deutlich geringere Unterschiede aufwiesen, bestätigten das lineare Mischungsverhalten (Abb. 10).

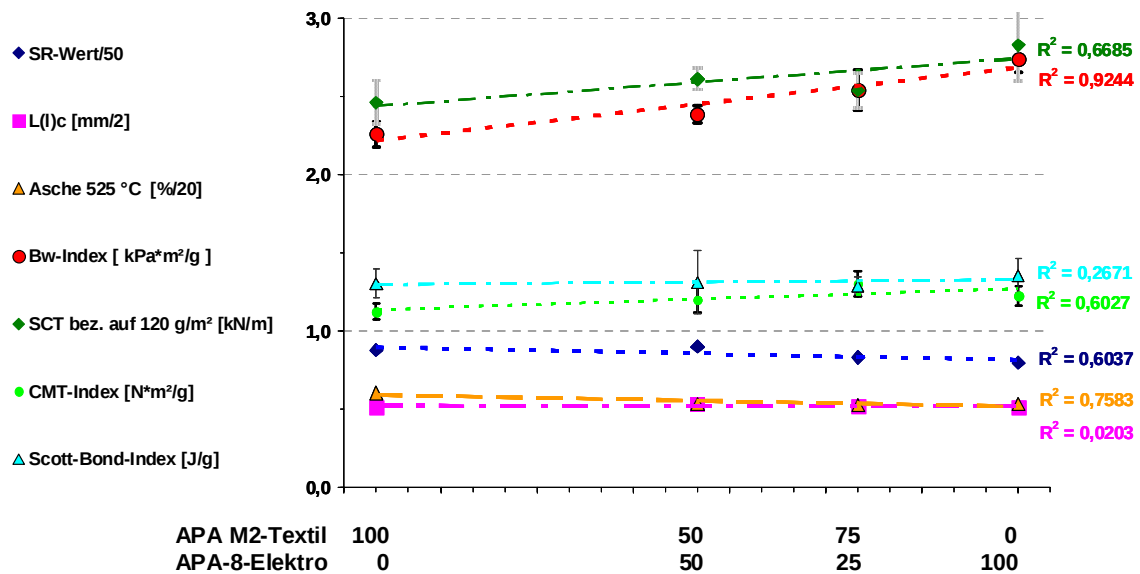


Abb. 10 Mischreihe von Altpapierstoff aus den Warengruppen TEXTIL (APA-M2-Textil) und ELEKTRO (APA-8-Elektro)

Gleichwertige Ergebnisse lieferten weitere Mischungsuntersuchungen mit Altpapierstoffen aus Wellpappen nationaler Herkunft.

Aufgrund dieser Voruntersuchungen kamen lineare massebezogene Mischungsregeln für die Abschätzung von Auswirkungen unterschiedlicher Anteile von Wellpappenaltpapieren des apW auf Eigenschaften vergleichbarer Altpapiere aus nationalem Aufkommen zur Anwendung.

4 ERGEBNISSE

4.1 Zusammensetzung der untersuchten Probenmaterialien

4.1.1 Transportverpackungen aus Wellpappe – Warengruppe TEXTIL

Aus der Warengruppe Textil standen 4 Ballen Probenmaterial mit einer Gesamtmasse von 1.945 kg zur Verfügung. Davon waren 97,4 % braune Wellpappenverpackungen.

Tab. 11 Bestandteile des Probenmaterials aus der Warengruppe TEXTIL

Bestandteile	%
Faltschachtelkarton	0,09
unerwünschte Stoffe	0,49
Packpapiere	0,58
Weiß gedeckte Wellpappe	1,43
Braune Wellpappen	97,41

Von den braunen Wellpappenverpackungen wurden im Ergebnis der manuellen Sortierung 49,7 % (943 kg) dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum (apW) zugeordnet.

Tab. 12 Länderzuordnung der braunen Wellpappenverpackungen im Probenmaterial der Warengruppe TEXTIL

Herkunft	Anteil [%]
China	70,3
Indien	12,7
Bangladesh	11,8
Hongkong	4,6
Sonstige	0,6

Anhand der Tab. 12 und Tab. 13 ist ersichtlich, dass in den verfügbaren Probenmaterialien der Warengruppe TEXTIL die wichtigsten Importländer des apW für Textilien repräsentiert sind.

Tab. 13 Länderbezogene Mengenstruktur von Textilimporten Deutschlands aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Importländer	Anteil [%]
Volksrepublik China	57,0
Bangladesch	18,6
Indien	9,3
Pakistan	5,1
Vietnam	2,6
Indonesien	2,4
Kambodscha	1,0
Thailand	1,0
Sonstige Länder	3,0

4.1.2 Transportverpackungen aus Wellpappe – Warengruppe SCHUHE

Aus der Warengruppe SCHUHE stand 1 Ballen Probenmaterial mit einer Gesamtmasse von 376 kg zur Verfügung, der ausschließlich aus Wellpappenverpackungen bestand (Abb. 11).



Abb. 11 Probenmaterial der Warengruppe SCHUHE

85,1 % bzw. 320 kg des Materials waren Ländern des apW zuzuordnen. Entsprechend den Tab. 14 und Tab. 15 wird auch in dieser Warengruppe der dominierende Anteil von Importen aus China im Probenmaterial repräsentiert.

Tab. 14 Länderzuordnung der Wellpappenverpackungen im Probenmaterial der Warengruppe SCHUHE

Herkunft	Anteil [%]
China	76,9
Vietnam	11,4
Indien	5,1
Bangladesh	2,9
Kambodscha	2,0
Indonesien	1,1
Thailand	0,5

Tab. 15 Länderbezogene Mengenstruktur von Schuhimporten Deutschlands aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Importländer	Anteil [%]
Volksrepublik China	65,3
Vietnam	17,8
Indonesien	5,7
Indien	5,2
Kambodscha	2,1
Thailand	1,3
Sonstige Länder	2,5

4.1.3 Transportverpackungen aus Wellpappe – Warengruppe FAHRRAD

Aus der Warengruppe FAHRRAD stand 1 Ballen Probenmaterial mit einer Gesamtmasse von 166 kg zur Verfügung, der sich ausschließlich aus Wellpappenverpackungen zusammensetzte. (Abb. 12).



Abb. 12 Probenmaterial der Warengruppe FAHRRAD

39,3 % bzw. 64,4 kg der Transportverpackungen stammten aus China und 60,7 % (99,4 kg) aus Taiwan. Verpackungsgüter waren in dem Falle Fahrradteile (Federgabeln).

Tab. 16 Länderbezogene Mengenstruktur von Importen an Fahrradteilen nach Deutschland aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Importländer	Anteil [%]
China	37,2
Japan	28,4
Republik Korea	13,1
Indien	9,8
Taiwan	4,8
Thailand	2,9
Indonesien	1,2
Sonstige Länder	2,7

4.1.4 Verpackungen aus Wellpappe – Warengruppe ELEKTRO

Das Probenmaterial der Warengruppe ELEKTRO wurde durch Smurfit Kappa Recycling GmbH und PTS bereitgestellt. Die Aggregation der Proben erfolgte unter den Gesichtspunkten verschiedener Verpackungsarten (Transportverpackungen, Umverpackungen), die wiederum überwiegend aus China stammten (Abb. 13 und Abb. 14).



Abb. 13 Probenmaterial der Warengruppe ELEKTRO (Großgeräte)



Abb. 14 Probenmaterial der Warengruppe ELEKTRO Kleingeräte, Ersatzteile)

Insgesamt war das Material für die Untersuchung von 4 verschiedenen zusammengesetzten Proben von jeweils etwa 25 kg Lutro möglich.

4.2 Technologisch relevante Eigenschaften der Altpapierstoffe aus Verpackungen verschiedener Warengruppen

4.2.1 Suspensionseigenschaften

Entsprechend Abb. 15 weisen die untersuchten Altpapierstoffe aus dem apW im Vergleich zum Referenzstoff WPB 1 einen geringfügig niedrigen Entwässerungswiderstand auf. Dies kann teilweise auf den höheren Gehalt an mineralischen Bestandteilen (Abb. 16) zurückgeführt werden.

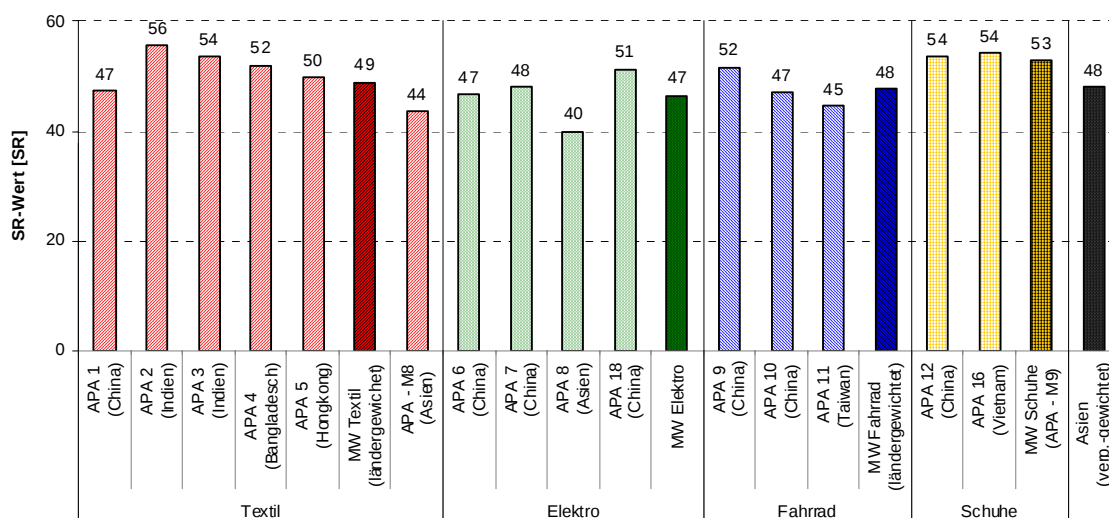


Abb. 15 Entwässerungswiderstand der Altpapierstoffe - Referenzwert WPB 1: 52 SR

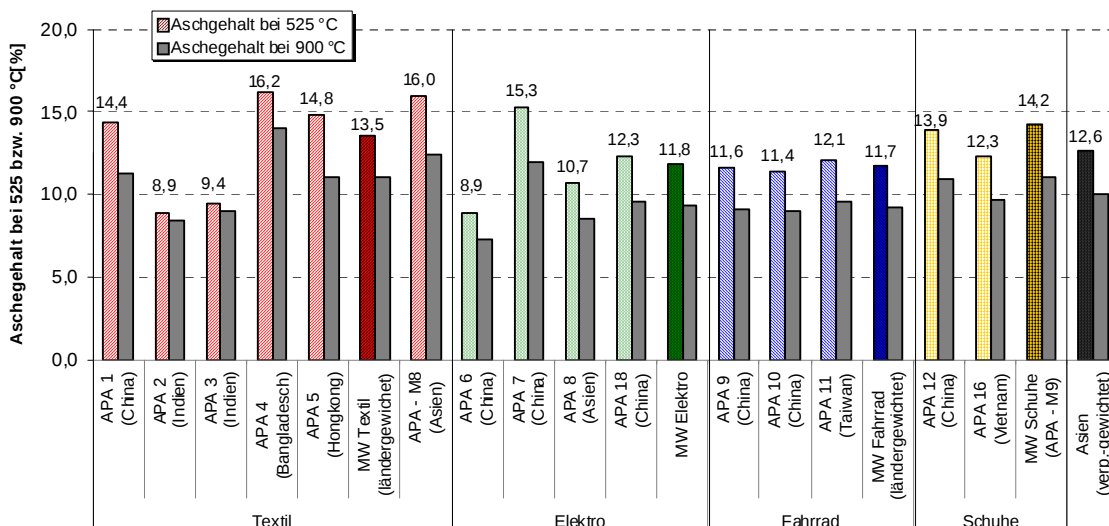


Abb. 16 Glührückstand der Altpapierstoffe – Referenzwerte WPB 1: 11,3 % / 9,0 % (525/900 °C)

Die Faserlängenanalysen ergaben für die untersuchten Altpapierstoffe aus dem apW mittlere längengewichtete Faserlängen um ca. 1,1 mm (Abb. 17). Diese liegen damit deutlich unter jenen für den Referenzfaserstoff aus Wellpappenaltpapieren aus nationalem Aufkommen.

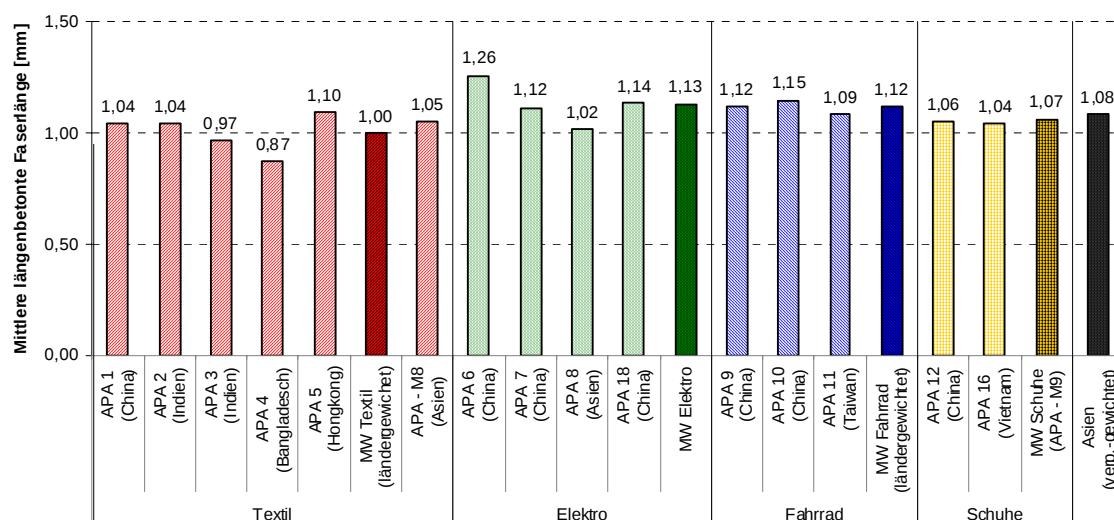


Abb. 17 Längengewichtete mittlere Faserlänge – Referenzwert WPB 1: 1,24 mm

Als eine der Ursache für die geringeren mittleren Faserlängen ist ein erhöhter Anteil von Faserstoffen aus Laubholz und Einjahrespflanzen in den Altpapierstoffen aus dem apW anzusehen. Dies trifft insbesondere auf die Altpapierstoffe zu, die aus den Wellpappenverpackungen der Warengruppen TEXTIL und SCHUHE stammen (Abb. 18 bis Abb. 21).

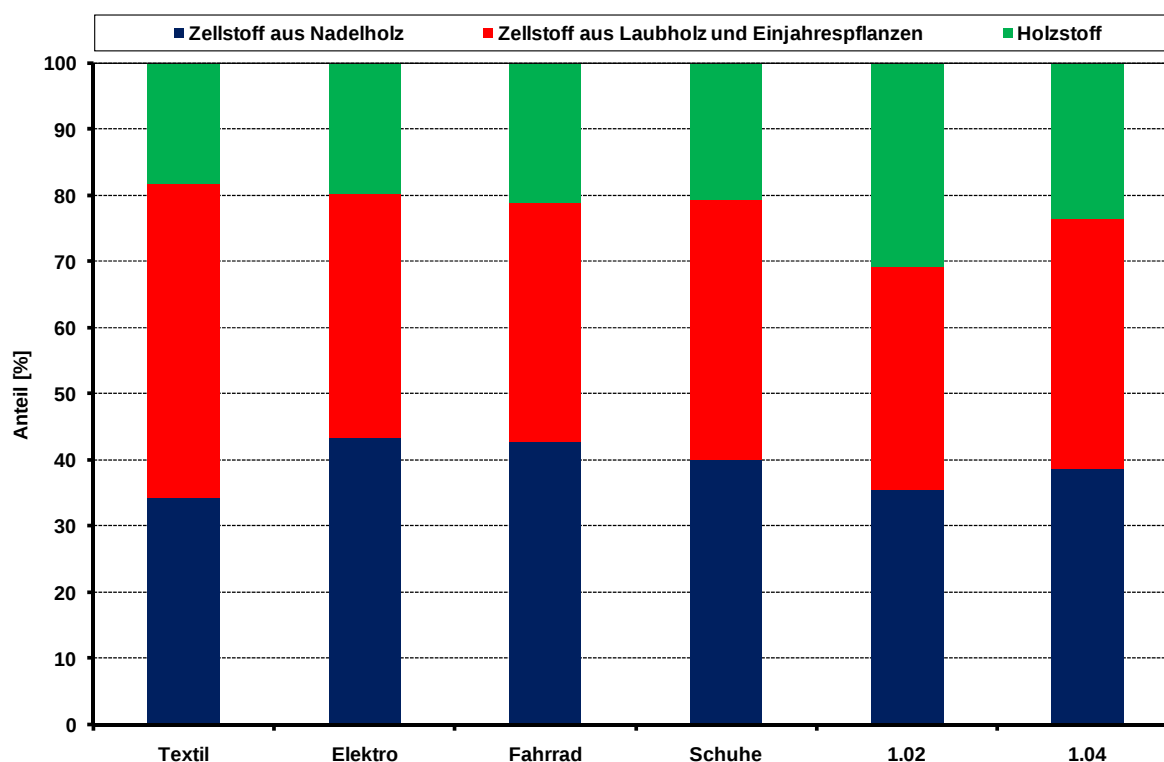


Abb. 18 Ergebnisse qualitativer Faseranalysen an Altpapierstoffen

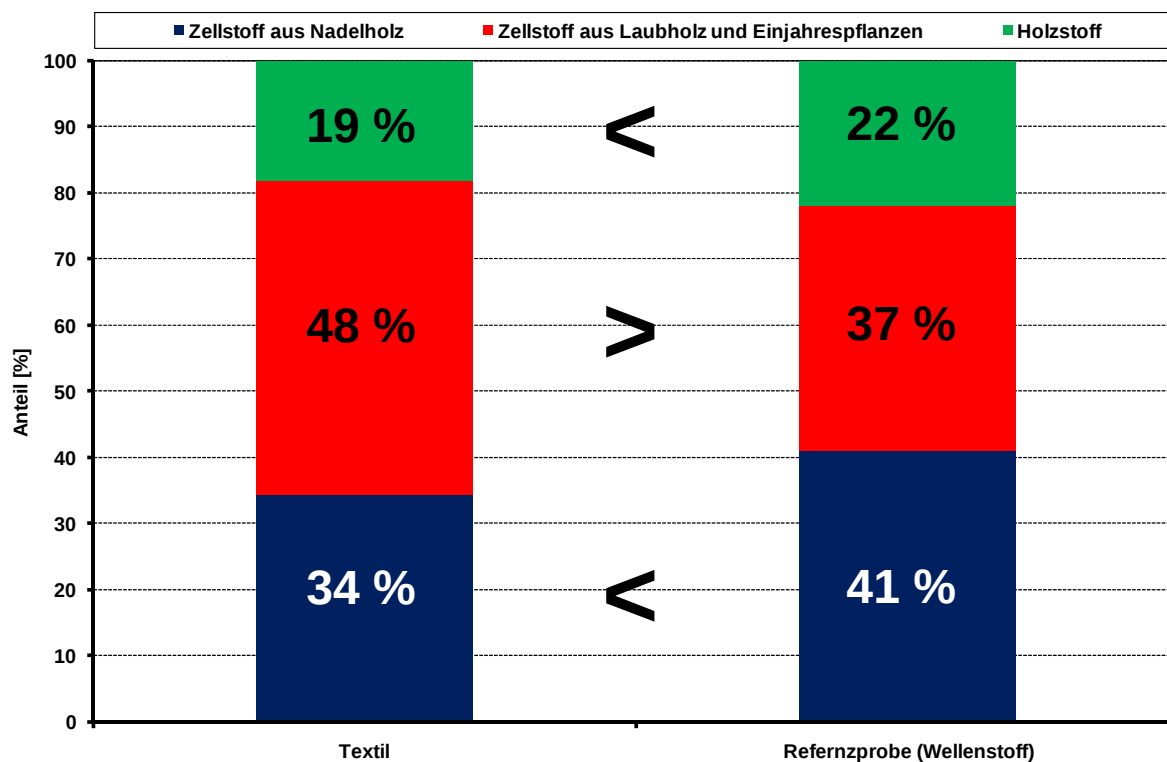


Abb. 19 Unterschiedliche Faserzusammensetzung zwischen der Referenzprobe (Wellenstoff) und Altpapierstoffen aus Verpackungen der Warengruppe TEXTIL

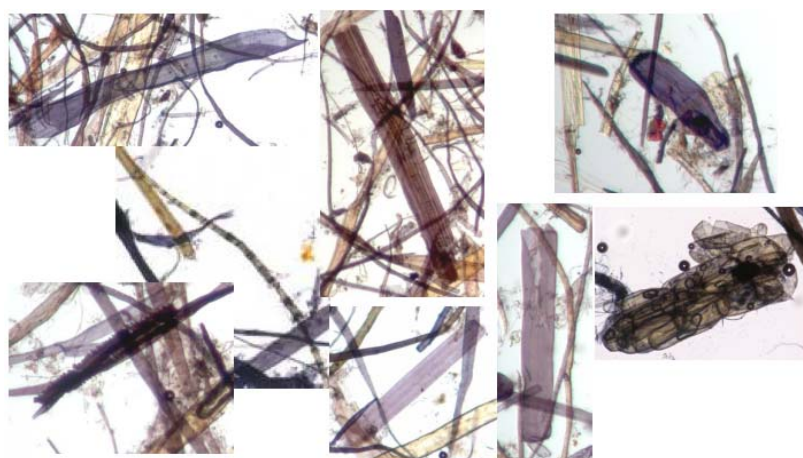


Abb. 20 Faserstoffe aus Einjahrespflanzen in Altpapierstoffen aus Verpackungen der Warengruppe TEXTIL

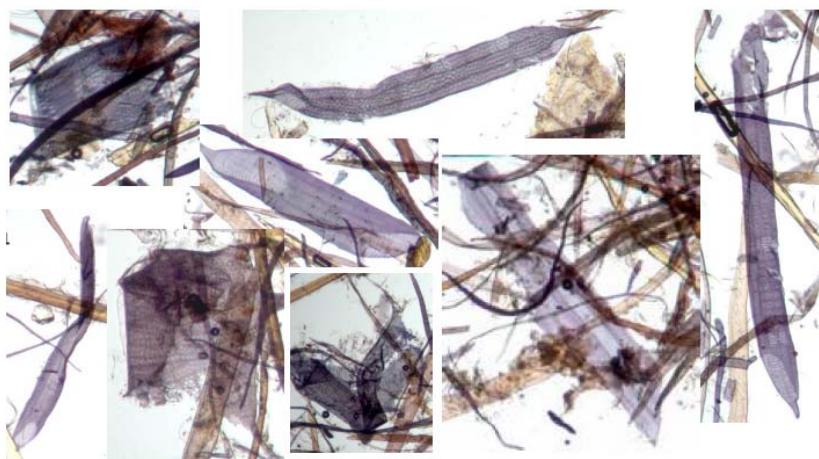


Abb. 21 Faserstoffe aus Laubhölzern in Altpapierstoffen aus Verpackungen der Warengruppe TEXTIL

Erfahrungsgemäß wirken sich niedrige Faserlängen und erhöhte Anteile an mineralischen Bestandteilen negativ auf die für Wellpappenrohpa-piere relevanten Festigkeitseigenschaften aus. Festigkeitsdefizite der Altpapierstoffe sucht man in der Regel durch den Einsatz von Stärkeprodukten auszugleichen. Die Höhe der CSB-Frachten von Altpapieren mit hohen Wellpappenanteilen gelten i. A. als Indiz für die eingesetzten Stärkemengen.

In Abb. 22 sind die CSB-Frachten der untersuchten Altpapierstoffe aus dem apW dargestellt. Die Werte wiesen auf einen erhöhten Stärkeinsatz für Wellpappenverpackungen der Warengruppen TEXTIL und SCHUHE hin. Dies deutet darauf hin, dass für die Erzielung der erforderlichen Festigkeitskennwerte dieser Verpackungswerkstoffe die ungünstigen Voraussetzungen in der Faser-morphologie und den mineralischen Bestandteilen durch entsprechenden Stärkeinsatz ausgeglichen wurden.

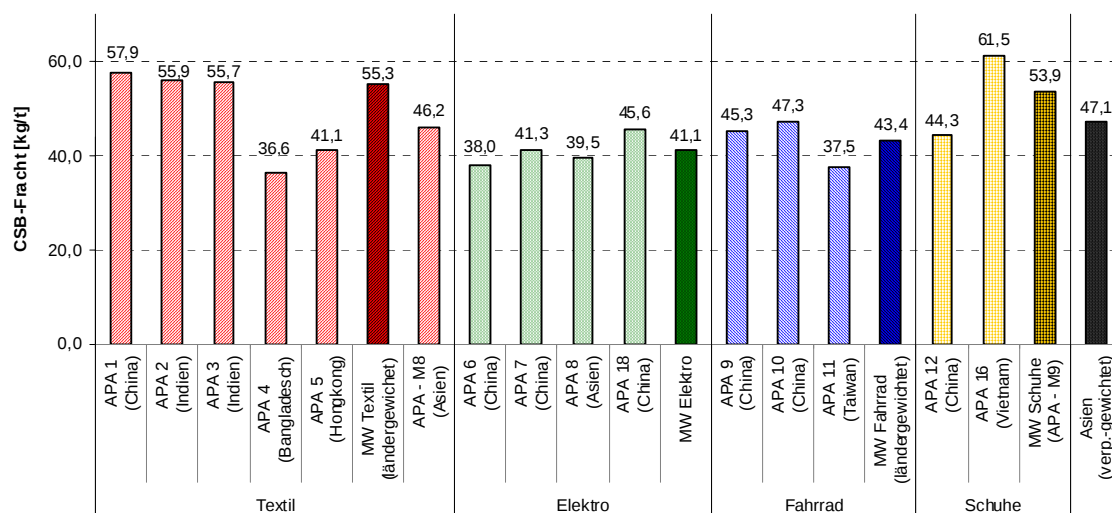


Abb. 22 CSB-Fracht der Altpapierstoffe – Referenzwert WPB1: 52 kg/t

Zusammenfassend lassen sich folgende Feststellungen treffen:

- Die Suspensionseigenschaften der untersuchten Altpapierstoffe aus dem apW sind mit Altpapieren der Sorten 1.04 (Kaufhausaltpapier) und 1.05 (alte Wellpappe-Verpackungen) aus nationalem Aufkommen vergleichbar.
- Die mittlere längengewichtete Faserlänge der untersuchten Altpapierstoffe liegt aufgrund der anteilig nachweisbaren Einjahrespflanzen um 10 – 15 % unterhalb der von vergleichbaren Altpapiersorten aus nationalem Aufkommen, während ihr Glührückstand etwa 13 % höher ausfällt.
- Die Differenzierung zwischen Altpapierstoffen aus Transportverpackungen der untersuchten Warengruppen ist relativ gering. Das ungünstigste Eigenschaftsprofil wiesen die Altpapierstoffe aus den Transportverpackungen des Textilbereichs auf.

4.2.2 Suspensionseigenschaften der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Die Suspensionseigenschaften der in Asien gesammelten Altpapiermuster, die in den Abb. 23 – 26 dargestellt sind, weisen zwischen den verschiedenen Altpapiersorten je nach tatsächlicher Herkunftsregion große Unterschiede auf. Die Entwässerungswiderstände der tatsächlich aus Asien stammenden Altpapiere (DOCC, WCL, MOW) liegen erheblich höher als die der aus Amerika und Europa stammenden Altpapiere (AOCC 1, AOCC 2, AOCC/EOCC), befinden sich aber auf dem Niveau der anderen in diesem Projekt untersuchten Altpapiere der vier Warengruppen. Gründe für die unterschiedlichen Entwässerungswiderstände sind die Unterschiede in den Aschegehalten (Abb. 24) und der Faserstoffzusammensetzung (Abb. 26) zu suchen.

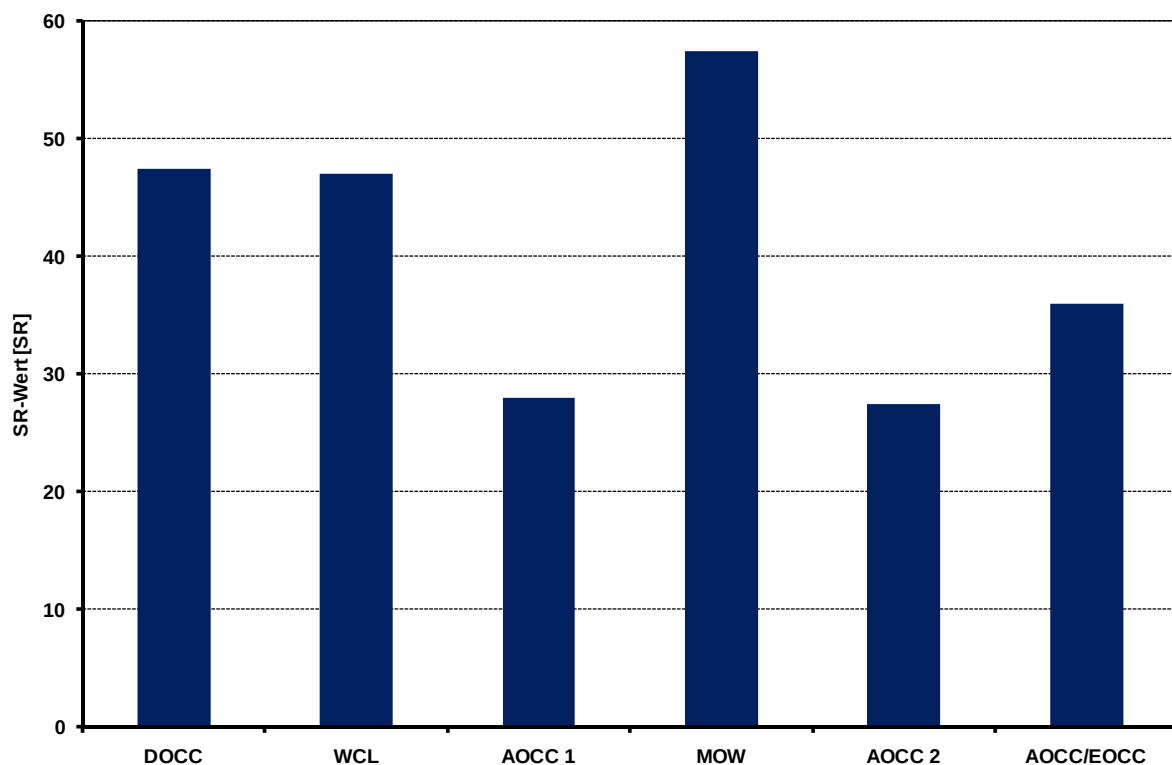


Abb. 23 Entwässerungswiderstand der in Asien gesammelten Altpapiermuster

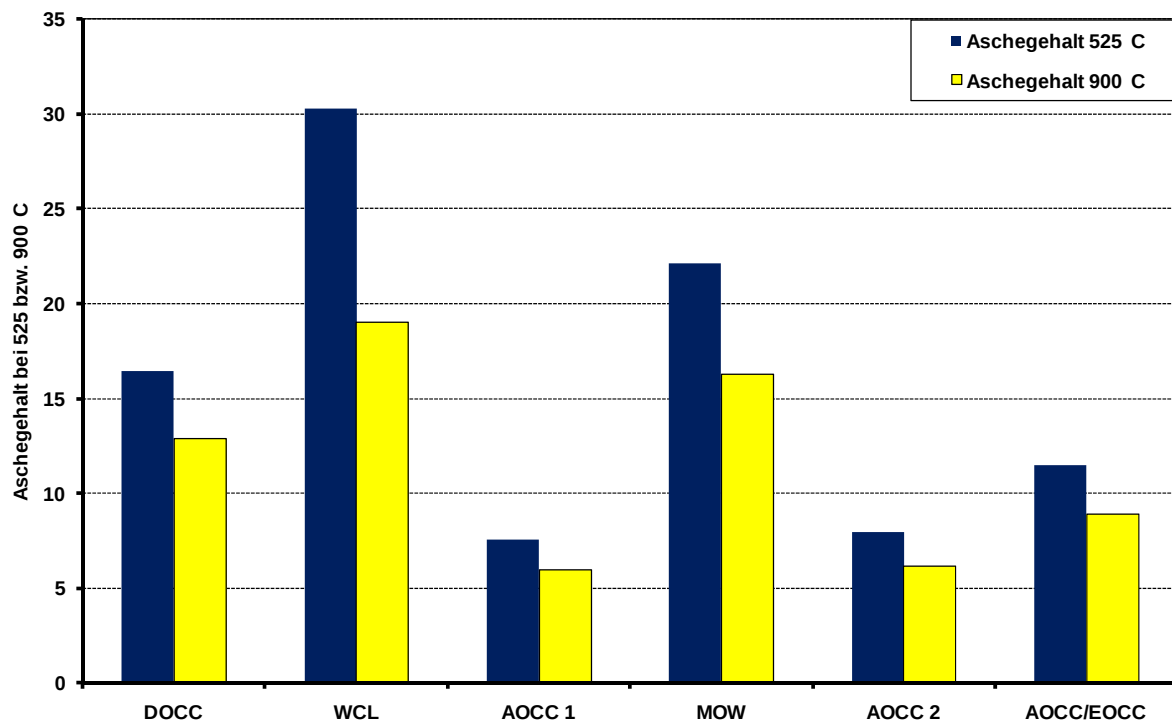


Abb. 24 Glührückstand der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Die mittlere Faserlänge der verschiedenen Proben ist ebenfalls sehr unterschiedlich, wie in Abb. 25 zu sehen ist. Auch hier sind die regionalen Unterschiede bei der tatsächlichen Altpapierherkunft festzustellen. Die Altpapiere mit tatsächlichem Ursprungsland Asien (DOCC, WCL, MOW) besitzen einen deutlich niedrigere mittlere Faserlänge als die Altpapiere mit Ursprungsland Amerika bzw. Europa (AOCC 1, AOCC 2, AOCC/EOCC). Die mittleren Faserlängen der Altpapierproben korreliert aber gut mit den Faserstoffzusammensetzungen, die in Abb. 26 dargestellt sind. Je höher der Anteil an Laubholz- und Einjahrespflanzenzellstoff desto geringer ist die mittlere Faserlänge. Die Altpapiere mit asiatischer Herkunft (DOCC, WCL, MOW) enthalten viel höhere Anteile an Kurzfasern. Bei diesen Altpapieren bestanden die Kurzfasern auch hauptsächlich aus Einjahrespflanzen.

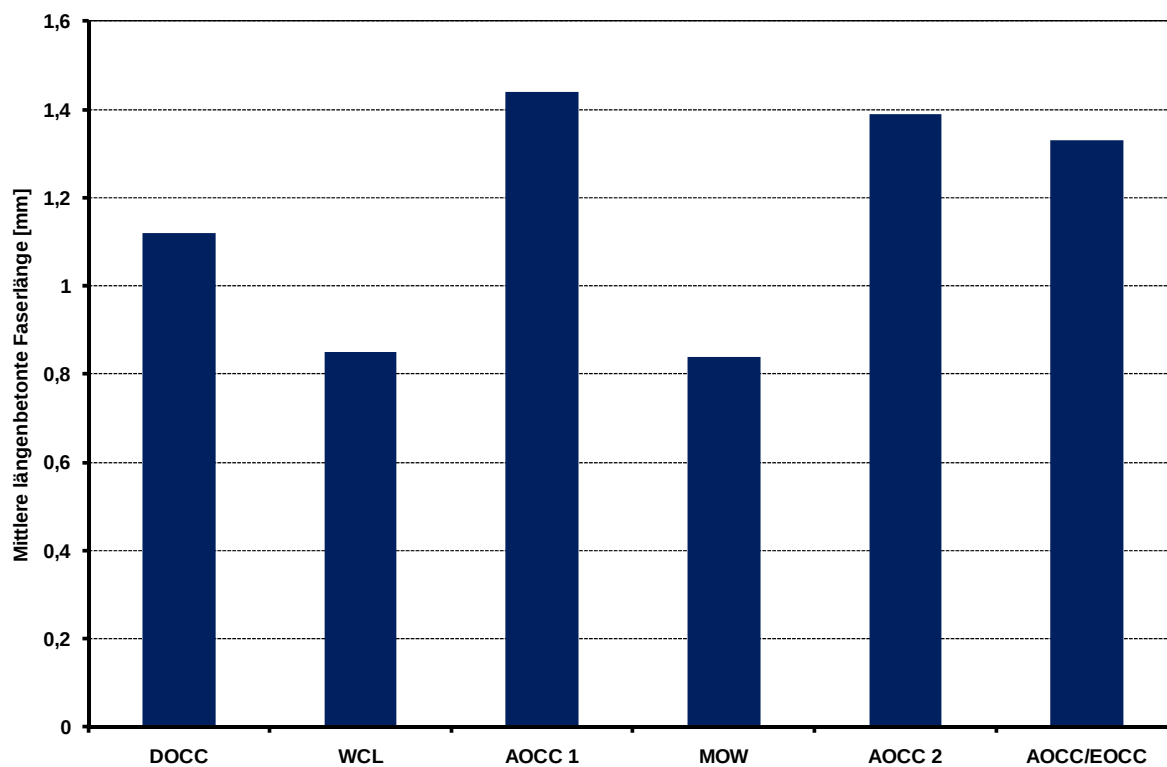


Abb. 25 Längengewichtete mittlere Faserlänge der in Asien gesammelten Altpapiermuster

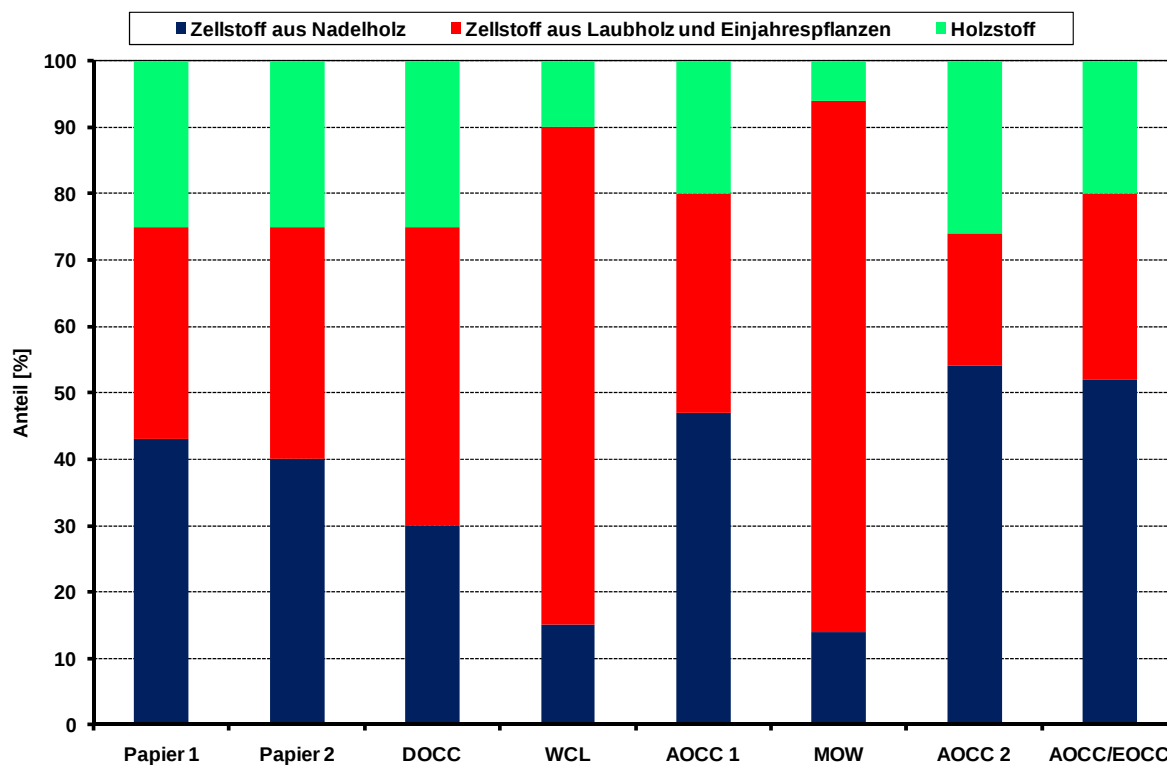


Abb. 26 Faserstoffzusammensetzung der in Asien gesammelten Altpapiermuster

4.2.3 Makrosticky

Entsprechend Tab. 3 wurden die Altpapiersuspensionen der Altpapiere aus dem apW, mit Ausnahme der in Asien gesammelten Muster, nach INGEDE Methode 4 auf Makrostickyflächen untersucht. Die Ergebnisse sind in den Abb. 27 – 29 dargestellt.

Die Altpapierstoffe der Warengruppe FAHRRAD hatten den geringsten Makrostickygehalt, gefolgt von ELEKTRO und TEXTIL. Die Warengruppe SCHUHE hatten den höchsten Makrostickyanteil. Im Vergleich zu Makrostickygehalten deutscher Altpapiere, die in den Abb. 28 und 29 zu sehen sind, liegen die asiatisch-pazifischen Altpapiere auf dem Niveau der deutschen Altpapiersorte 1.04. Nur die Proben der Warengruppe SCHUHE liegen im Durchschnitt über dem Niveau der Sorte 1.04. Die anderen untersuchten Warengruppen liegen aber auf oder unter diesem Niveau.

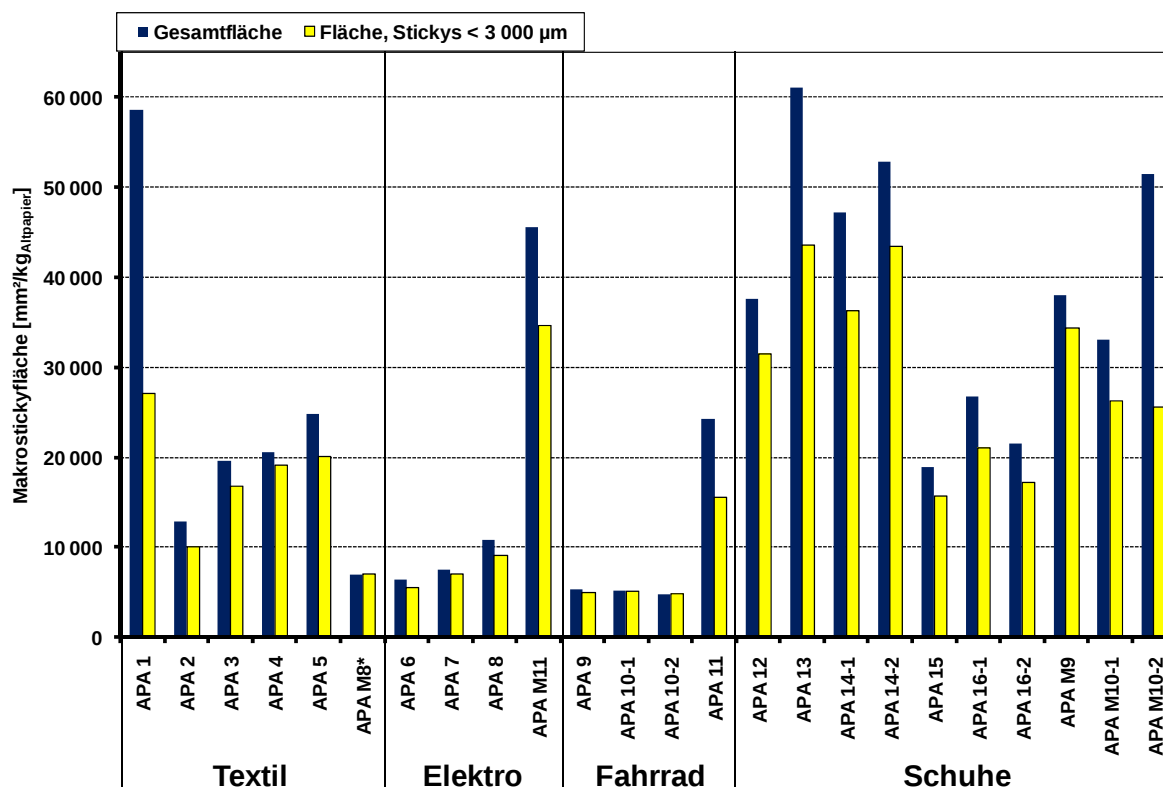


Abb. 27 Makrostickyflächen der Altpapierstoffe

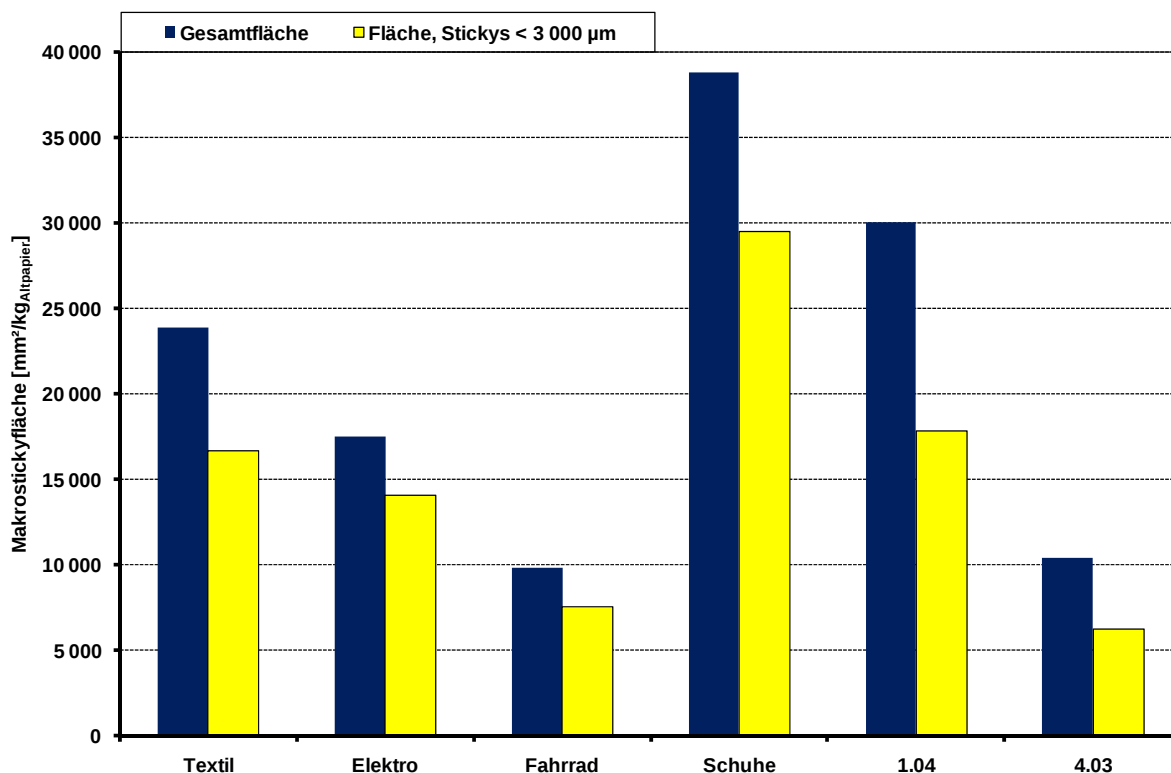


Abb. 28 Durchschnittliche Makrostickyflächen der untersuchten Altpapierstoffe aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum unterteilt nach Warengruppen und von deutschen Altpapierstoffen

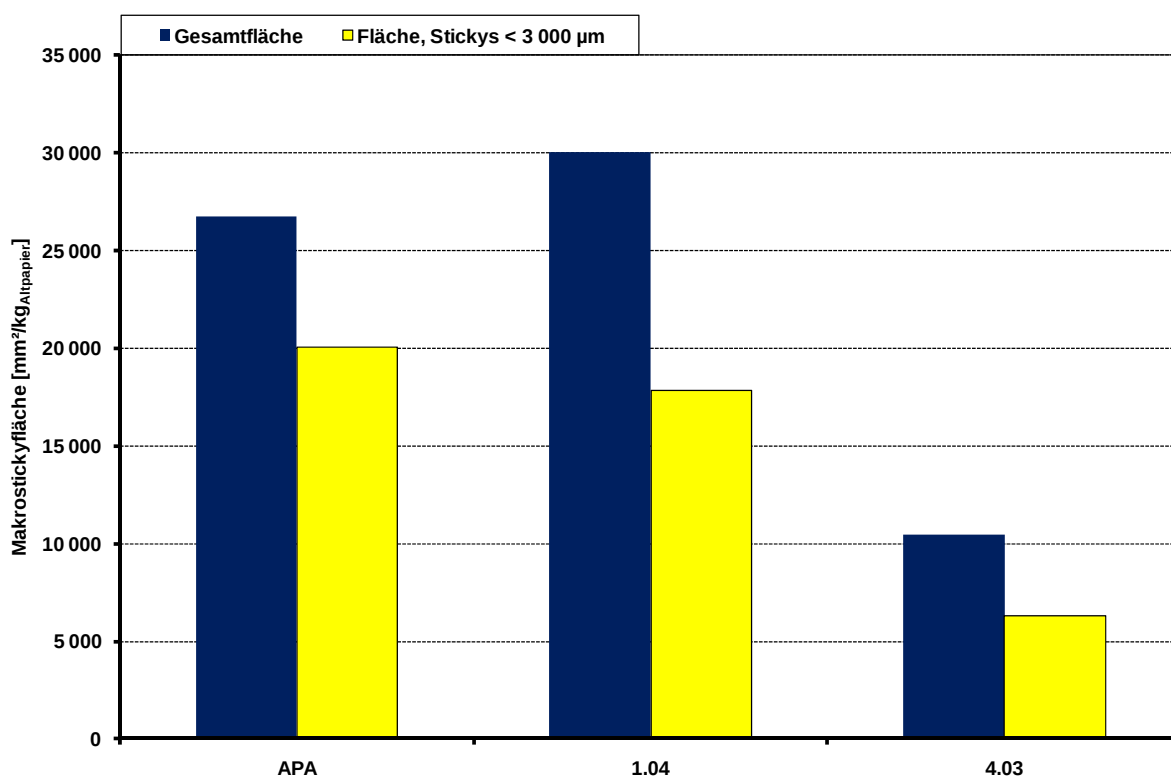


Abb. 29 Durchschnittliche Makrostickyflächen der untersuchten Altpapierstoffe aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum und von deutschen Altpapierstoffen

4.2.4 Festigkeitseigenschaften

Nachfolgend sind die besonders für Wellpappenrohre relevante Festigkeitseigenschaften Berstwiderstand (Bw), Streifenstauchwiderstand (SCT) und Flachstauchwiderstand (CMT) der untersuchten Altpapierstoffe dargestellt. Da die betrachteten Kennwerte eine vergleichbare Tendenz aufweisen, wird dem Abschnitt eine zusammenfassende Wertung vorangestellt.

- Die Differenzierung zwischen den Altpapierstoffen der untersuchten Produktgruppen ist bzgl. der drei genannten Festigkeitseigenschaften BW, SCT und CMT als relativ gering zu bewerten.
- Die Altpapierstoffe aus Wellpappenverpackungen der Warengruppe TEXTIL wiesen im Vergleich zu den anderen Warengruppen die niedrigsten Werte auf.
- Die Festigkeitskennwerte der Altpapierstoffe aus dem apW wiesen im Mittel etwa 5 % niedrigere Werte auf als der Referenzstoff WPB 1.

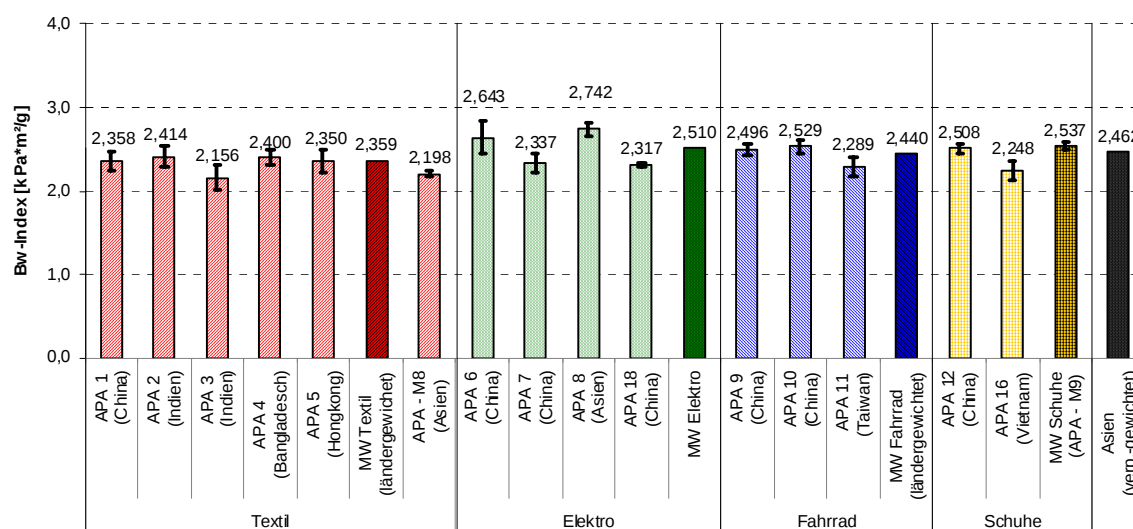


Abb. 30 Berstwiderstands-Indizes der untersuchten Altpapierstoffe – Referenzwert WPB1: 2,71 kPa*m²/g

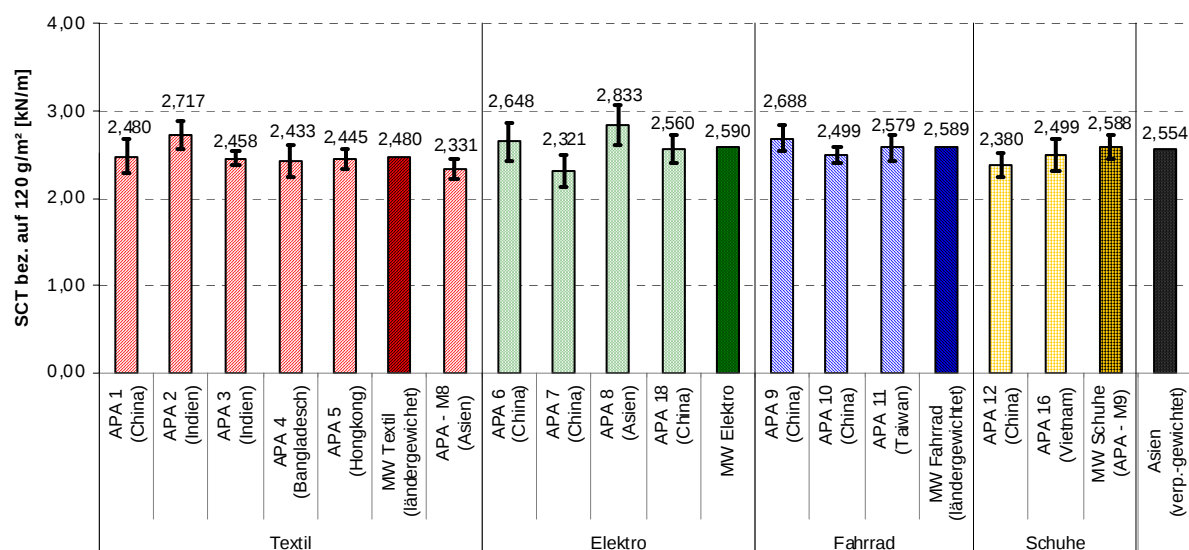


Abb. 31 SCT_{120 g/m²} der untersuchten Altpapierstoffe – Referenzwert WPB1: 2,72 kN/m

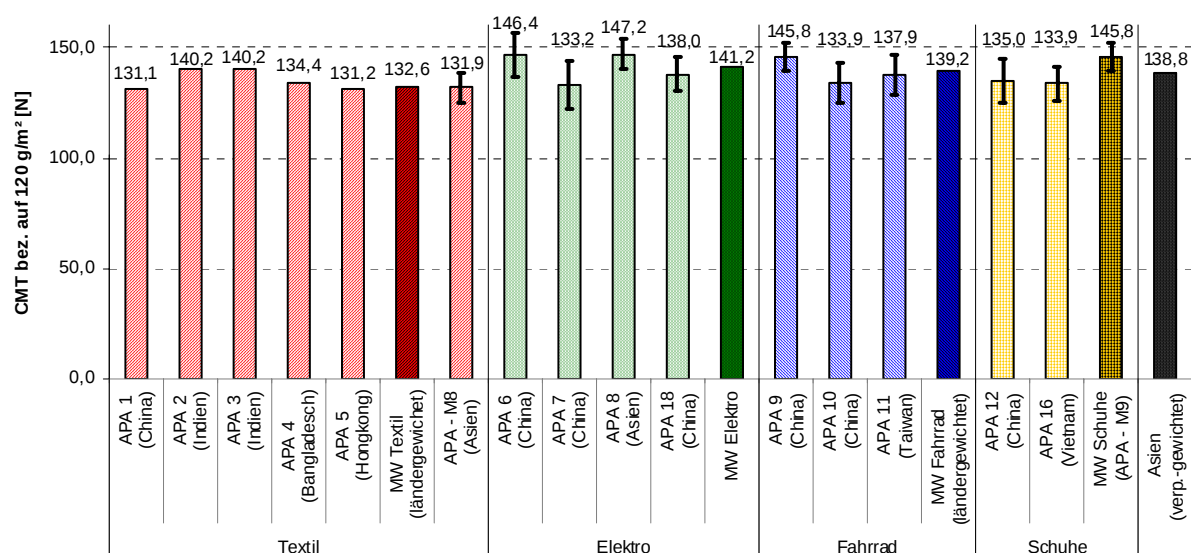


Abb. 32 CMT_{120 g/m²} – Referenzwert WPB1: 143 N

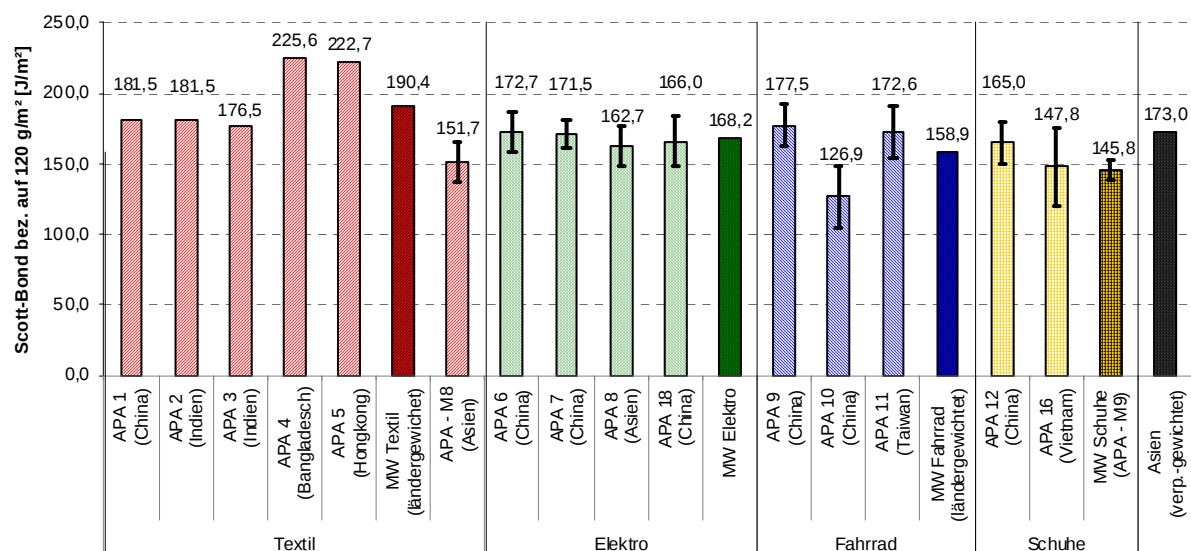


Abb. 33 SCOTT Bond_{120 g/m²} – Referenzwert WPB1: 208 J/m²

In Abb. 34 sind abschließend technologisch relevante Eigenschaftskennwerte der untersuchten Altpapierstoffe aus dem apW im Vergleich mit den entsprechenden Werten des Referenzstoffes WPB 1 (Wellpappenaltpapiere aus nationalem Aufkommen) dargestellt.

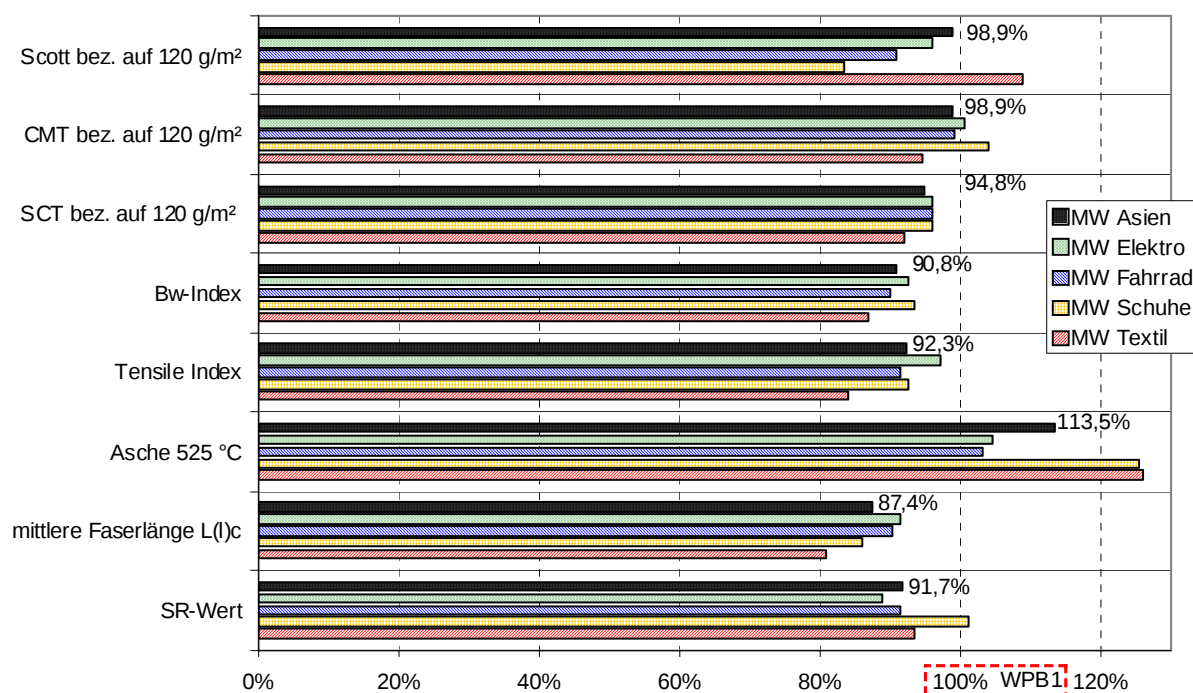


Abb. 34 Zusammenfassender Vergleich technologischer Gebrauchswerteigenschaften

4.2.5 Festigkeitseigenschaften der in Asien gesammelten Altpapiermuster

In den folgenden Abbildungen sind Festigkeitseigenschaften der Altpapiermuster, die in Asien gesammelt wurden, dargestellt. Die Abbildungen 32 bis 34 zeigen die gemessenen SCT-, CMT₃₀- und RCT-Werte. Anders als erwartet erzielen die beiden Altpapiermuster (WCL, MOW) mit dem höchsten Anteil an Kurzfasierzellstoff (WCL: 75 % und MOW: 80 %), der hauptsächlich aus Einjahrespflanzen besteht, die höchsten Werte. Die Werte dieser beiden Altpapiermuster liegen zwischen 10 und 30 % über den Werten der Wellpappenmuster (DOCC, AOCC1, AOCC 2, AOCC/EOCC).

Bei den Wellpappenmustern zeigt sich, dass die Wellpappe, die tatsächlich aus Asien stammt und die geringste mittlere Faserlänge besitzt, für SCT, CMT₃₀ und RCT ca. 5 bis 10 % geringere Werte erreicht, als die Wellpappen aus Amerika und Europa. Die Wellpappe aus Asien (DOCC) liegt aber auf dem Niveau der untersuchten gebrauchten Wellpappen aus dem Produktbereich TEXTIL, die in Kapitel 4.2.4 beschrieben sind.

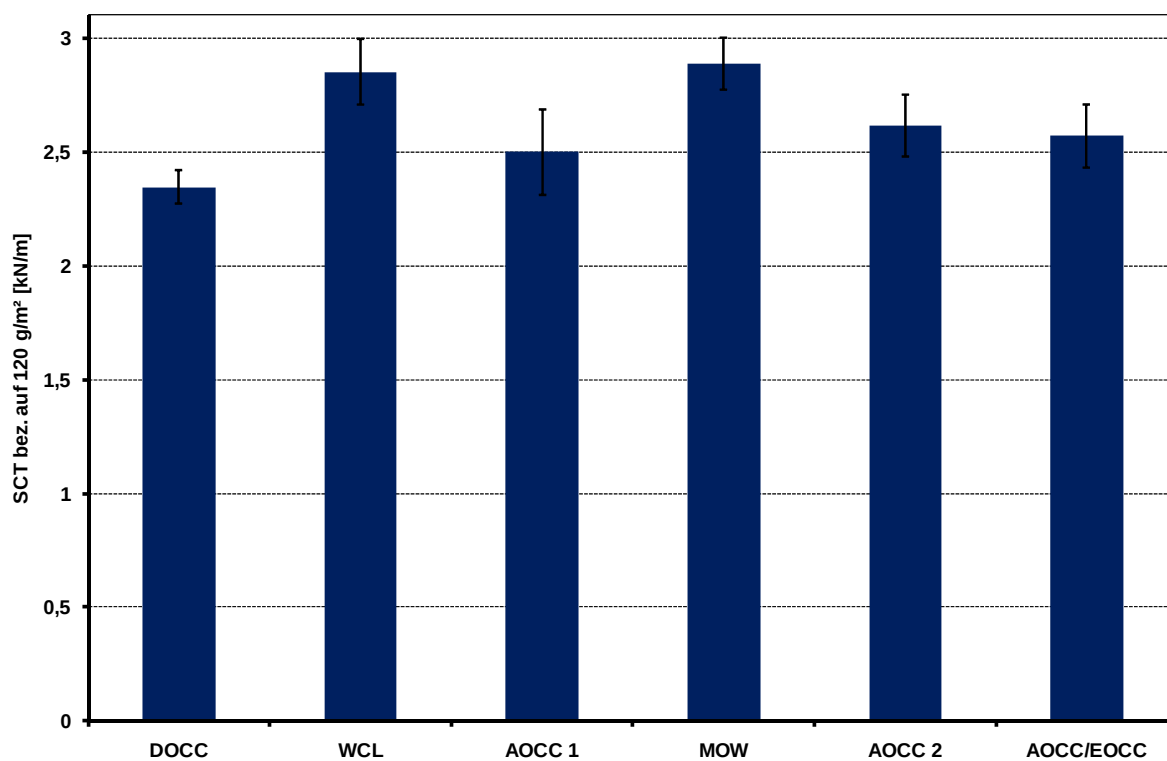


Abb. 35 SCT (120 g/m²) der in Asien gesammelten Altpapiermuster

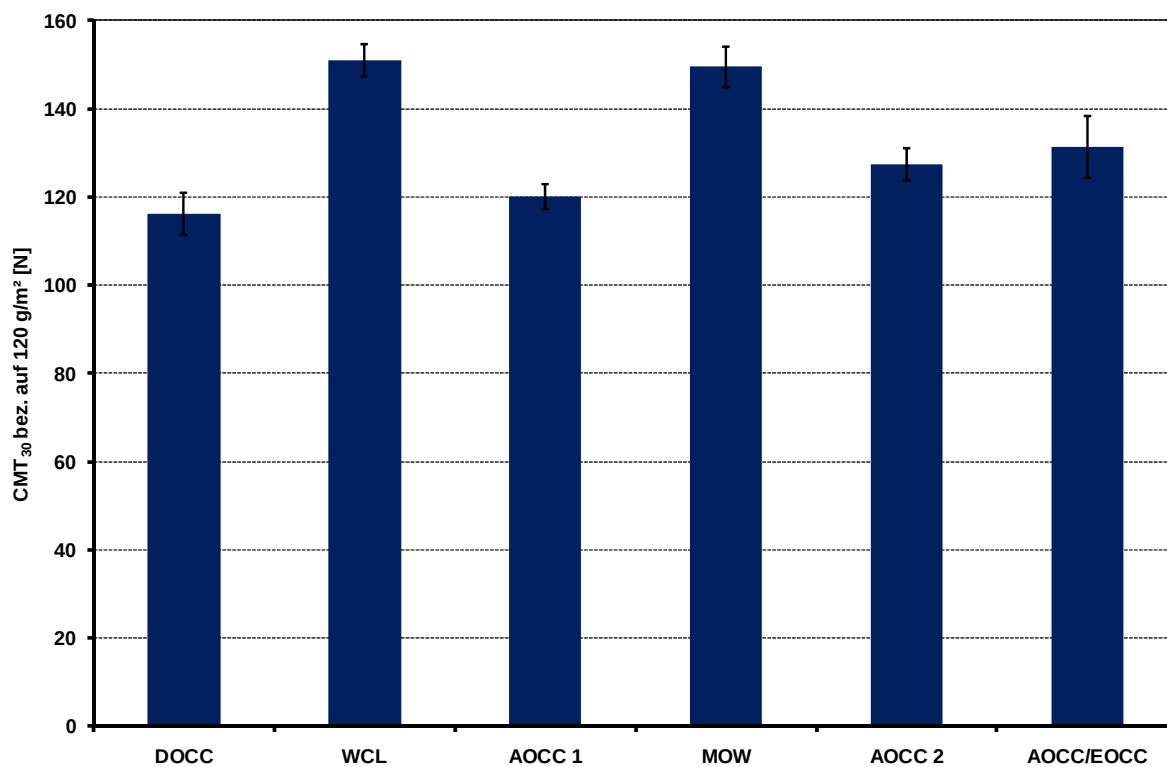


Abb. 36 CMT₃₀ (120 g/m²) der in Asien gesammelten Altpapiermuster

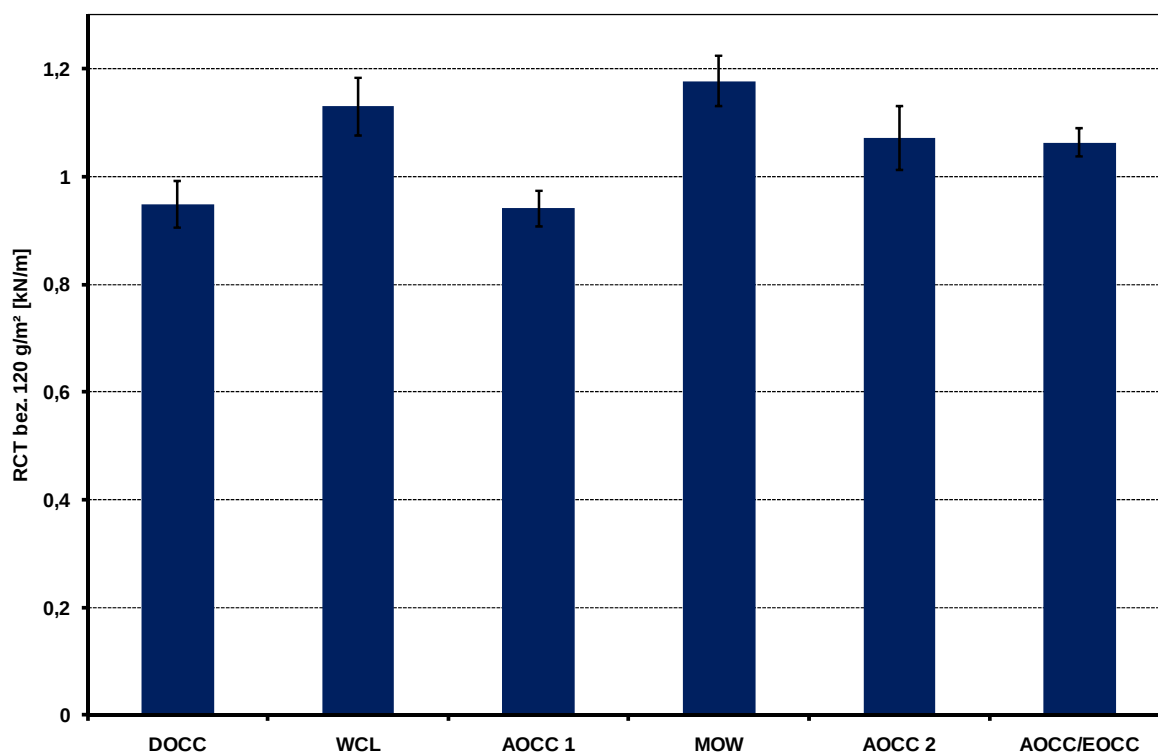


Abb. 37 RCT (120 g/m²) der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Beim Durchreißwiderstand, der in Abb. 38 dargestellt ist, sieht es anders aus. Die gebrauchten Wellpappen aus Amerika und Europa lieferten bis zu doppelt so hohe Werte wie die tatsächlich aus Asien stammenden Altpapiere. Hier macht sich der größere Anteil an Langfasern in den amerikanischen und europäischen Wellpappen bemerkbar, denn der Durchreißwiderstand steigt mit zunehmender mittlerer Faserlänge an, was in Abb. 39 zu sehen ist.

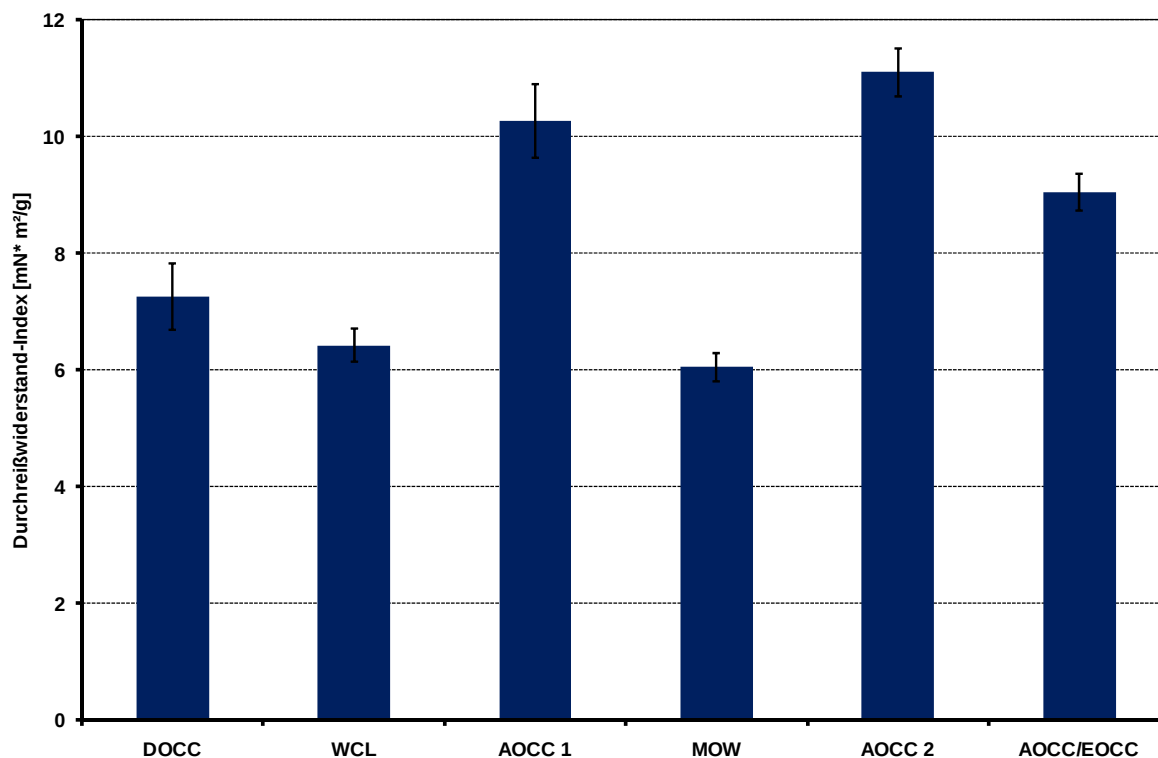


Abb. 38 Durchreißwiderstands-Index der in Asien gesammelten Altpapiermuster

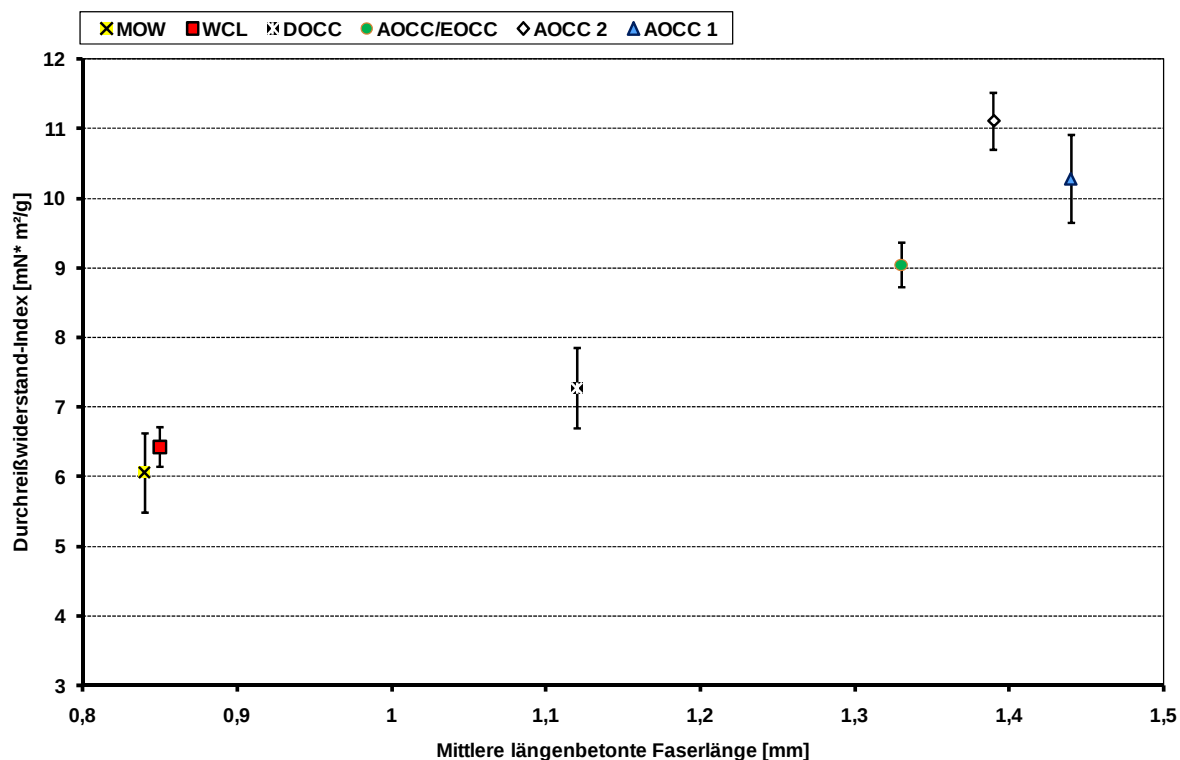


Abb. 39 Durchreißwiderstands-Index über der mittleren längenbetonten Faserlänge der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Abb. 40 zeigt den Bruchkraft-Index. Die Proben WCL und MOW erreichen die höchsten Festigkeitswerte, trotz des höchsten Anteils an Zellstoff aus Einjahrespflanzen. Die Wellpappenprobe (DOCC), die tatsächlich aus Asien stammt, weit aber wie beim SCT, CMT₃₀ und RCT ca. 10 % geringere Bruchkraftwerte auf als die gebrauchten Wellpappen aus Amerika und Europa.

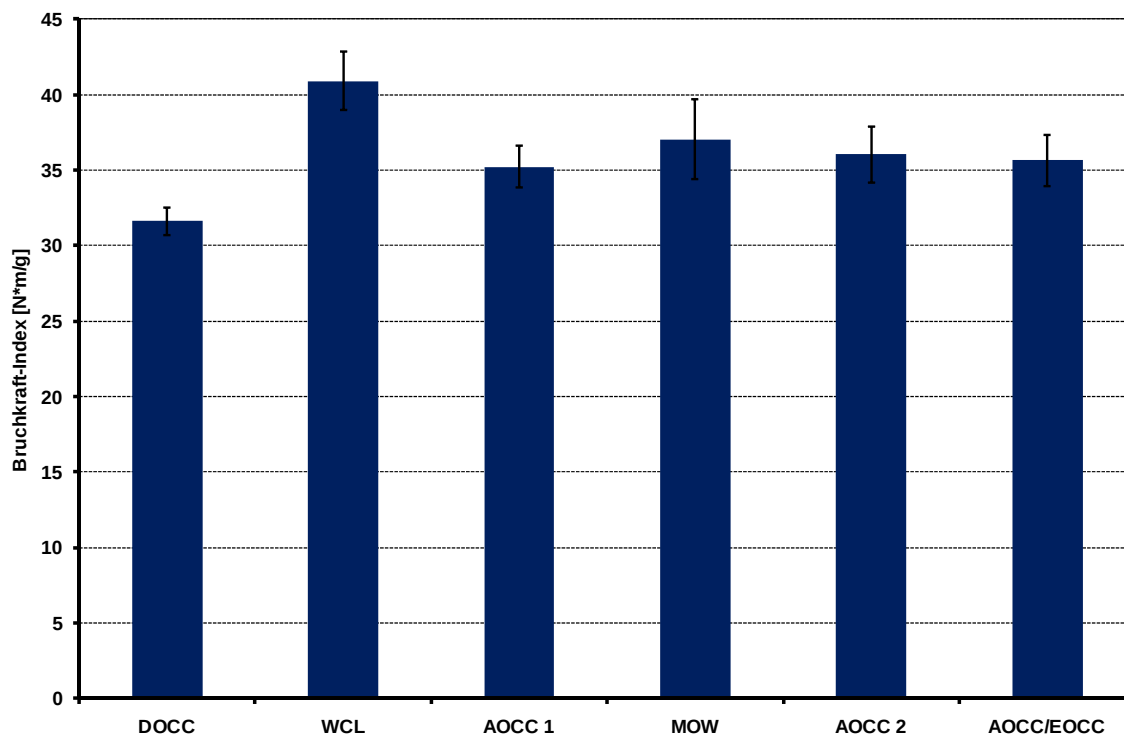


Abb. 40 Bruchkraft-Index der in Asien gesammelten Altpapiermuster

4.3 Szenarien möglicher Einflüsse auf Eigenschaften wellpappenhaltiger Altpapiere in Deutschland

4.3.1 Abschätzung von Mengenströmen

Die untersuchten Altpapiere stellen Transportverpackungen aus Wellpappe dar. Derartige Materialien werden in Deutschland überwiegend in gewerblichen Anfallstellen erfasst, nach eingeschätzter Faserstoffqualität sortiert und danach als Altpapiersorten mit hohem Wellpappenanteil vermarktet.

Die nachfolgend dargestellten Szenarien beziehen sich auf dieses Sortiment, in dem folgende Altpapiersorten zusammengefasst sind:

- Kaufhausaltpapier (1.04)
- Alte Wellpappenverpackungen (1.05)
- Neue Späne aus Wellpappe (4.01)
- Gebrauchte Kraftwellpappe 1 (4.02)
- Gebrauchte Kraftwellpappe 2 (4.03).

In Abb. 41 sind Trends in der Struktur des Verbrauchs von Altpapiersorten mit hohen Wellpappenanteilen in Deutschland dargestellt. Erkennbar ist eine Zunahme des Verbrauchs der Sorte 1.05 (alte Wellpappenverpackungen) am Gesamtverbrauch wellpappenhaltiger Altpapiere.

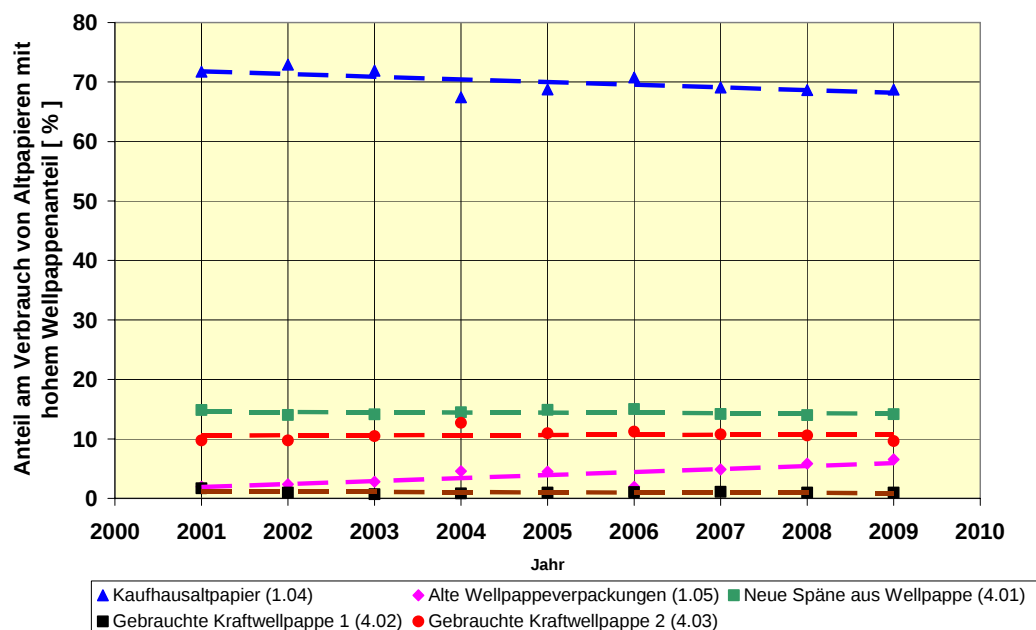


Abb. 41 Struktur des Verbrauchs von Altpapieren mit hohem Wellpappenanteil in Deutschland

Von 2001 bis 2009 hat sich der Anteil des Verbrauchs von Altpapiersorten mit hohen Wellpappenanteilen (1.05, 4.01, 4.02, 4.03) von 26,6 % auf 34,4 % erhöht und stellt damit die größte Sortimentsgruppe im Verbrauch dar (Tab. 17).

Tab. 17 Anteil von Altpapiersortimenten am Gesamtaltpapierverbrauch in Deutschland

Altpapiersortiment	2001	2009
	%	%
Anteil AP mit hohem WP-Anteil am Gesamtverbrauch	26,6	34,4
Anteil gem. AP (1.01+1.02) am Gesamtverbrauch	26,1	23,2
Anteil 1.11 am Gesamtverbrauch	25,2	24,9

Von den Altpapiersorten 1.04, 1.05, 4.01, 4.02 und 4.03 wurden 2009 in Deutschland insgesamt 5.090.000 t durch Unternehmen der Papierindustrie verarbeitet. Diese Menge dient als Bezugszahl zur Abschätzung möglicher Einflüsse durch indirekt importierte Wellpappenpapiere auf Eigenschaften des Sortiments wellpappenhaltiger Altpapiere in Deutschland.

Der Abschätzung von Mengenströme indirekt importierter Wellpappenverpackungen erfolgte durch die multiplikative Verknüpfung von Verpackungsfaktoren F_v und netto-Warenmengen (vgl. Abschnitt 3.6.4). In Tab. 18 ist das Schema für die Erstellung eines minimalen Mengenszenarios dargestellt.

Tab. 18 Schema für Minimal-Szenario für Mengenströme indirekt importierter Wellpappenverpackungen

Altpapiersortiment mit hohem Wellpappenanteil [kt]	
1.04	3.498
1.05	333
4.01	721
4.02	49
4.03	490
Gesamt	5.090

+

Szenario 1 (Minimal-Szenario)	
Menge importierter Güter aus dem aPW [kt]:	
6.197	
Verpackungsfaktor F_v = STABW F_v	
Menge indirekt importierter Wellpappenverpackungen [kt]	
???	

Die dafür benutzte Datenbasis enthält Tab. 19. Die Verpackungsfaktoren für die Warengruppen TEXTIL, ELEKTRO, FAHRRAD und SCHUHE wurden aus den Untersuchungen entsprechender Verpackungsmaterialien abgeleitet und ist durch die relativ geringe an derartigen Primärdaten (vgl. Tab. 8) mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Für alle weiteren als relevant angesehenen Warengruppen wurde ein mittlerer Verpackungsfaktor von 0,2 mit einer Standardabweichung von 0,1 angenommen.

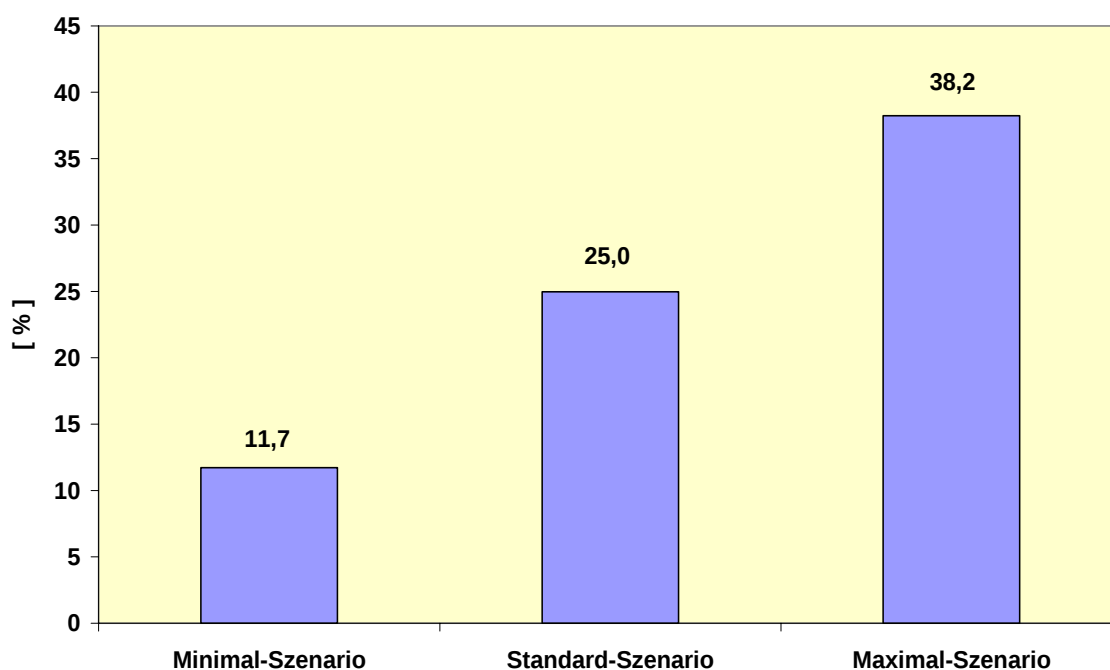
Tab. 19 Datenbasis für ein Minimal-Szenario für Mengenströme indirekt importierter Wellpappenverpackungen

Warengruppen	Importmenge	Verpackungsfaktor	STABW F_v	F_v - STABW F_v	Verpackungsmenge
	[t]	F_v			[t]
Textil	1.115.247	0,172	0,067	0,105	117.101
Elektro	1.343.320	0,240	0,160	0,080	107.466
Fahrrad	78.915	0,165	0,074	0,091	7.181
Schuhe	231.114	0,253	0,159	0,094	21.725
Weitere	3.428.102	0,200	0,100	0,100	342.810
Gesamt	6.196.698				596.283

Tab. 20 Datenbasis für ein Maximal-Szenario für Mengenströme indirekt importierter Wellpappenverpackungen

Warengruppen	Importmenge	Verpackungsfaktor	STABW F_v	$F_v + \text{STABW } F_v$	Verpackungsmenge
	[t]	F_v			[t]
Textil	1.115.247	0,172	0,067	0,239	266.544
Elektro	1.343.320	0,240	0,160	0,400	537.328
Fahrrad	78.915	0,165	0,074	0,239	18.861
Schuhe	231.114	0,253	0,159	0,412	95.219
Weitere	3.428.102	0,200	0,100	0,300	1.028.431
Gesamt	6.196.698				1.946.382

Bezieht man die berechneten Mengen indirekt importierter Wellpappenverpackungen auf den nationalen Verbrauch an Altpapieren mit hohen Wellpappenanteilen, so ergeben sich die in Abb. 42 dargestellten Anteile.

**Abb. 42** Anteil indirekt importierter Wellpappenaltpapiere aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum am nationalen Verbrauch wellpappenhaltiger Altpapiere

4.3.2 Abschätzung von Auswirkungen der Mengenströme auf den technologischen Gebrauchswert wellpappenhaltiger Altpapiere

Im Ergebnis der Mengenszenarien (Abschnitt 4.3.1) werden die Auswirkungen eines minimalen und eines maximalen Anteils von Wellpappenverpackungen aus dem apW auf technologisch relevante Eigenschaften von Altpapierstoffen auf Basis von Wellpappenprodukten aus nationalem Aufkommen betrachtet. Dementsprechend wurden die Eigenschaften des Modell-Altpapierstoffes WPB 1 als Bezugswerte angenommen.

Tab. 21 Ermittelte Eigenschaftskennwerte von Altpapierstoffen aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum (WP-apW) und aus nationalem Aufkommen (WPB 1)

Eigenschaft	WP-apW	WPB1
SR	48	52
Mittlere längengew. Faserlänge	1,08	1,24
Glührückstand 525 °C	12,6	11,2
Tensile-Index	35,0	37,9
SCT _{120 g/m²}	2,55	2,56
BW-Index	2,46	2,71
CMT _{120 g/m²}	139	146
Scott Bond 120 g/m²	173	176

Angesichts der relativ dicht beieinander liegenden Eigenschaftskennwerte der betrachteten Altpapierstoffe (Tab. 21) sind die zu erwartenden Auswirkungen durch die Wellpappenaltpapiere aus dem apW gering.

Das Minimal-Szenario geht von einem Anteil indirekt importierter Wellpappenverpackungen in Höhe von 11,7 % aus. Für das Maximal-Szenario wurde ein Anteil von 38,2 % berechnet. In Tab. 22 sind die Auswirkungen der beiden Mengenszenarien auf die betrachteten Eigenschaftskennwerte dargestellt.

Tab. 22 Auswirkungen unterschiedlicher Mengenanteile indirekt importierter Wellpappenverpackungen auf Eigenschaften von vergleichbaren Altpapierstoffen aus nationalem Aufkommen (Absolutwerte)

Eigenschaftskennwert	Einheit	E Minimal-Szenario	E WPB 1	E Maximal-Szenario
SR	SR	52	52	50
Mittlere längengew. Faserlänge	mm	1,22	1,24	1,18
Glührückstand 525 °C	%	11,4	11,2	11,7
Tensile-Index	Nm/g	37,6	37,9	36,8
SCT _{120 g/m²}	kN/m	2,56	2,56	2,56
BW-Index	kPa*m²/g	2,68	2,71	2,62
CMT _{120 g/m²}	N	145	146	143
Scott Bond 120 g/m²	J/m²	176	176	175

Demnach sind selbst bei den als maximal angenommenen Anteilen von Wellpappenverpackungen aus dem apW die Auswirkungen auf die mittleren Festigkeitseigenschaften der in Deutschland eingesetzten wellpappenhaltigen Altpapiersorten als gering zu bewerten. Infolge des Minimal-Szenarios sind diesbezüglich keine signifikanten Auswirkungen zu erwarten. Unter den Annahmen für das Maximal-Szenarien sind entsprechend Tab. 23 folgende Effekte zu erwarten:

- Verringerung der mittleren längenbetonten Faserlänge um ca. 5 %, bedingt durch den höheren Anteil von Fasern aus Laubhölzern und Einjahrespflanzen.
- Zunahme mineralischer Anteile um ca. 5 %, möglicherweise bedingt durch höhere mineralische Bestandteile in Fasern aus Einjahrespflanzen. [2]
- Verringerung des Tensile-Index und des Berstwiderstandes um ca. 3 %.
- Keine signifikante Beeinflussung der Steifigkeitskennwerte SCT und CMT und des Spaltwiderstandes (SCOTT Bond).

Tab. 23 Auswirkungen unterschiedlicher Mengenanteile indirekt importierter Wellpappenverpackungen auf Eigenschaften von vergleichbaren Altpapierstoffen aus nationalem Aufkommen (relative Werte)

Kennwert für WPB1 = 100 %	E Minimal-Szenario	E Maximal-Szenario	Veränderung
	[%]	[%]	[%]
SR	99,1	97,1	-2,9
Mittlere längengew. Faserlänge	98,5	95,1	-4,9
Glührückstand 525 °C	101,5	104,8	4,8
Tensile-Index	99,1	97,1	-2,9
SCT _{120 g/m²}	100,0	99,9	-0,1
BW-Index	98,9	96,5	-3,5
CMT _{120 g/m²}	99,4	98,2	-1,8
Scott Bond _{120 g/m²}	99,8	99,3	-0,7

Tab. 24 Silikatgehalt verschiedener Faserrohstoffe [2]

Faserrohstoffe	Glührückstand	Siliziumoxid (bz. auf otro)
	%	%
Weizenstroh	10	4 - 5
Reisstroh	15 - 20	9 - 14
Schilf	3 - 4	2
Bagasse	2 - 3	1,1 - 1,5
Bambus	3 - 5	1,5 - 2,5
Kenaf	3 - 4	1,5 - 2,5
Nadelhölzer	<1	< 0,03
Laubhölzer	<1	< 0,03

4.3.3 Technologische Gebrauchswerteigenschaften – Fazit und weiterer Handlungsbedarf

Im Ergebnis der Projektbearbeitung liegen erstmals Daten über technologisch relevante Gebrauchswerteigenschaften von Altpapierstoffen aus Wellpappen-Transportverpackungen aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum (apW) in konzentrierter Form vor. Die Untersuchungen erstreckten sich auf Verpackungen für die Warengruppen TEXTIL, SCHUHE, FAHRRAD und ELEKTRO. Vor den Untersuchungen war vermutet worden, dass die Altpapierstoffe Kennwerte aufweisen, die oberhalb jener der Altpapiersorten 1.04 (Kaufhausaltpapier) und 1.05 (alte Wellpappen-Verpackungen) aus nationalem Aufkommen liegen. Diese Annahme beruhte nicht zuletzt auf der Überlegung, dass insbesondere in China für die Erzeugung von Wellpappenrohstoffen ein erheblicher Anteil von krafthaltigen Wellpappenaltpapieren aus Nordamerika (AOCC) zum Einsatz kommt. Als Indiz dafür wären z. B. mittlere Faserlängen anzusehen, die deutlich über 1 mm liegen. Aus anderen Untersuchungen der Institute an AOCC-Proben ist bekannt, dass diese Faserrohstoffe mittlere längengewichtete Faserlängen von ca. 1,4 – 1,5 mm aufweisen. Im Ergebnis der Untersuchungen wurde für die asiatischen Wellpappenverpackungen ein gewichteter Mittelwert der längenbetonte Faserlänge von 1 mm festgestellt. Dieser Wert liegt deutlich unter entsprechenden Kennwerten, die von den Instituten für Altpapierstoffe aus Wellpappen des nationalen Aufkommens gemessen wurden (1,2 mm).

Weiterhin war festzustellen, dass die Altpapierstoffe aus dem apW einen um etwa 5 % höheren Anteil an mineralischen Substanzen aufwiesen, die aber z. T. auf üblicherweise höhere Glührückstandswerte in Einjahrespflanzenfaserstoffen zurückzuführen sind. Sowohl die morphologischen Eigenschaften der

Faserbestandteile als auch die stoffliche Zusammensetzung lassen im Vergleich zu europäischen Altpapieren auf Wellpappenbasis keine signifikant höheren Festigkeitseigenschaften der Altpapierstoffe aus dem apW erwarten.

Die Differenzierung zwischen den Altpapierstoffen aus Verpackungen der untersuchten Warengruppen war relativ gering (vgl. Anlage auf S. 74). Altpapierstoffe aus den untersuchten Verpackungen der Warengruppe WA 85 ELEKTRO wiesen im Vergleich zu den anderen Gruppen geringfügig höhere Festigkeitskennwerte auf. Die Warengruppe stellt mit ca. 22 % das Warensortiment mit dem höchsten Anteil an den Gesamtimporten aus dem apW dar. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Problematerialien nicht nur aus Transportverpackungen sondern auch aus Verkaufs- und Umverpackungen bestanden.

Die niedrigsten Festigkeitseigenschaften wiesen die Stoffe aus den Wellpappen-Transportverpackungen der Warengruppe TEXTIL (WA 61-63) entsprechend der Klassifikation von Warenarten durch das statistische Bundesamt [3] auf. Diese Warengruppe stellt mit rund 18 % den zweitgrößten Sektor von Warenimporten aus dem apW dar.

Im Hinblick auf die Gestaltung der in Deutschland üblichen Aufbereitungstechnologien für Altpapiere zur Erzeugung von Wellpappenrohpapieren ergibt sich aus den Befunden für die technologischen Gebrauchswerteigenschaften der untersuchten asiatischen Verpackungsaltpapiere kein Handlungsbedarf. Diese Feststellung leitet sich einerseits aus den abgeschätzten Mengenströmen und andererseits aus den marginalen Unterschieden zu vergleichbaren Altpapieren aus nationalem Aufkommen ab.

4.4 Konzentration kritischer Inhaltsstoffe

Um die asiatischen Altpapiere auf ihren potenziellen Eintrag an kritischen Inhaltsstoffen in den Altpapierkreislauf bewerten zu können, wurden einige anorganische und organische Parameter ausgewählt, die sowohl in den asiatischen Stoffsuspensionen als auch in europäischen Referenzproben gemessen wurden. Die Auswahl erfolgte zum einen anhand der Parameter, die in den einschlägigen europäischen Vorschriften für Lebensmittelkontaktpapiere enthalten sind (z. B. Schwermetalle, Pentachlorphenol, Diisopropylnaphththalin, Formaldehyd, Glyoxal). Zum anderen wurden auch Stoffe in die Untersuchung einbezogen, die im europäischen Raum nicht mehr verwendet werden und daher im Recyclingpapier bzw. -karton nicht mehr von Relevanz sind (z. B. PCB, Nickel). Einige Stichproben wurden auch auf andere (unbekannte) Kontaminanten untersucht.

4.4.1 Schwermetalle

Zunächst sollen die Gehalte der toxischen Schwermetalle Quecksilber (Hg) und Cadmium (Cd) ausgewertet werden. Quecksilber spielt in der Papierherstellung und -verarbeitung keine Rolle, kann aber als Verunreinigung im Altpapier vorkommen (z. B. durch Kontamination mit Hg-haltigen Batterien). Cadmium wurde vor allem in der Vergangenheit zur Herstellung von sehr leuchtstarken Pigmenten (Cadmiumgelb, bestehend aus Cadmiumsulfid) eingesetzt. Aufgrund der toxikologischen Wirkungen von Cadmium-Metall und einigen Cadmiumverbindungen ist der Einsatz dieser Pigmente deutlich zurückgegangen. Heutige Druckfarben, die im europäischen Raum eingesetzt werden, enthalten nach Auskunft der Fachgruppe Druckfarben im Verband der Deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e. V.) keine Cadmiumverbindungen mehr. In Abb. 43 sind die Quecksilber- und Cadmiumgehalte der untersuchten Proben dargestellt.

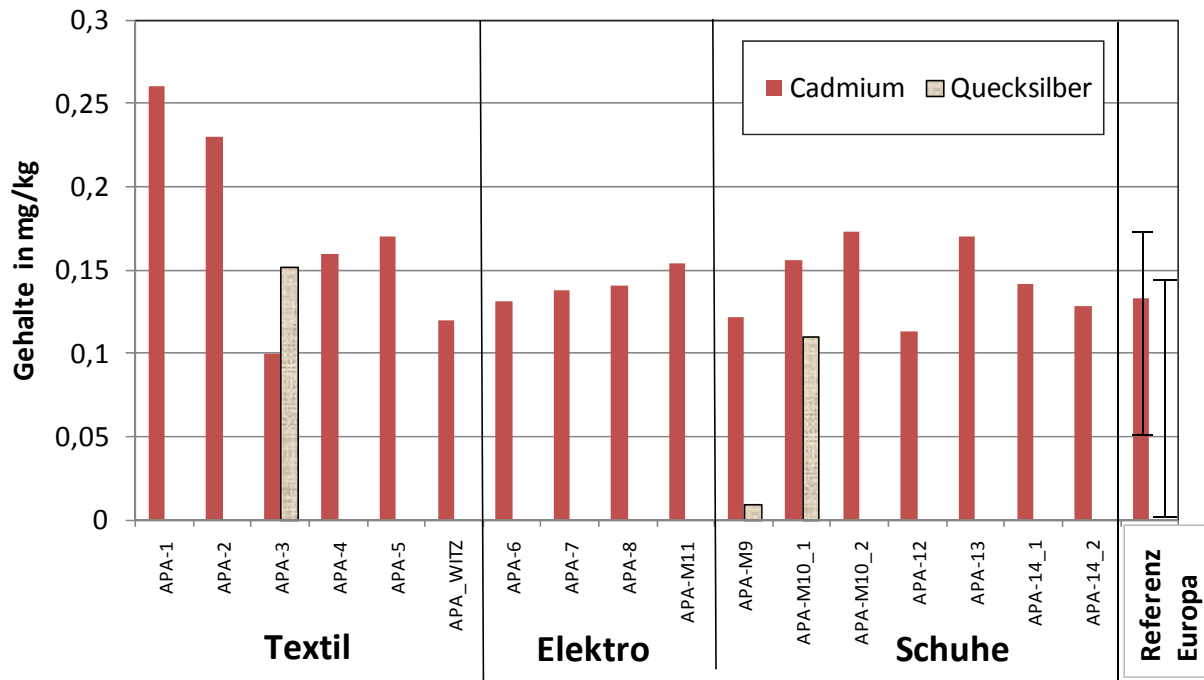


Abb. 43 Konzentrationen an Cadmium und Quecksilber (Totalgehalte) in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Von einigen wenigen Ausreißern in APA 1 und APA 2 abgesehen, sind die Cadmium-Gehalte mit Werten von 0,10 bis 0,18 mg/kg auf dem gleichen Niveau wie in den europäischen Altpapieren. Die Werte für APA 1 und APA 2 sind mit 0,23 und 0,26 mg/kg zwar höher, aber dennoch in vergleichbarer Größenordnung wie die europäischen Altpapiere und die anderen gemessenen asiatischen Proben. Der Grenzwert der Empfehlung XXXVI des BfR liegt für Cadmium bei 0,5 mg/kg im Kaltwasserextrakt der Probe, in dem regelmäßig deutlich geringere Werte als für die Totalgehalte gemessen werden. Daher kann davon ausgegangen werden, dass alle gemessenen Proben (auch die Proben APA 1 und APA 2) die Vorgaben für Lebensmittelverpackungen in Deutschland sicher einhalten.

Quecksilber wurde nur in drei der untersuchten 17 asiatischen Wellpappenaltpapiere überhaupt detektiert, alle anderen Werte waren unterhalb der Bestimmungsgrenze des Messverfahrens (0,01 mg/kg). Obwohl der Messwert für den Totalgehalt an Quecksilber in der Probe APA 3 etwas erhöht ist, kann auch hier von ähnlichen Konzentrationsniveaus in den europäischen und asiatischen Verpackungen ausgegangen werden. Der Grenzwert der Empfehlung XXXVI beträgt 0,3 mg/kg für den wasserlöslichen Quecksilber-Gehalt, dieser Wert wird von allen Proben deutlich unterschritten.

Neben Cadmium und Quecksilber gibt es weitere Schwermetalle, die in toxikologisch relevanten Mengen in Altpapieren und Recyclingpapieren und –kartons enthalten sein können. Insbesondere in älteren Druckfarben sind blei- und chromhaltige Pigmente verwendet worden. Kupfer wird auch heute noch im europäischen Raum in blauen Druckfarben als Kupfer-Phthalocyanin-Farben eingesetzt. Nickel kommt im Altpapier gewöhnlich nur noch in Spurenkonzentrationen vor, meistens durch Kontamination aus anderen Produkten. Abb. 44 enthält eine Übersicht über die gemessenen Gehalte dieser Schwermetalle in den Verpackungsaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Raum im Vergleich zu Referenzproben aus Europa.

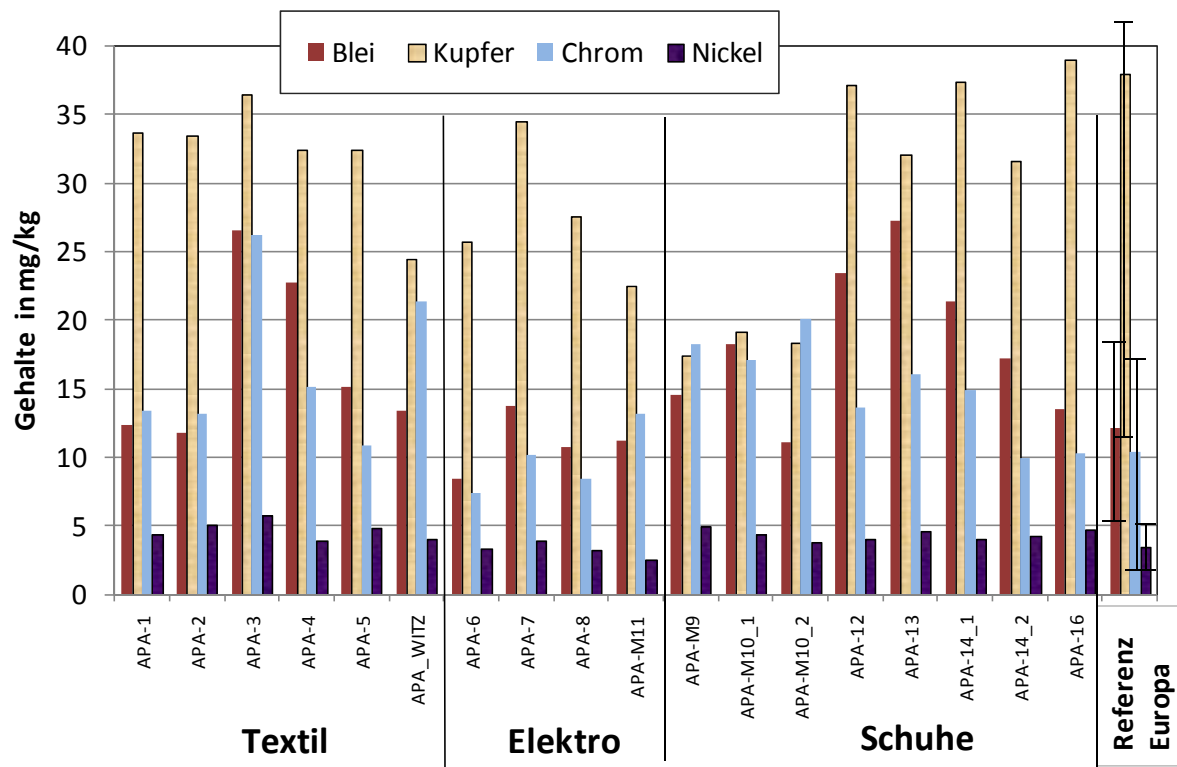


Abb. 44 Konzentrationen an Blei, Kupfer, Chrom und Nickel (Totalgehalte) in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Wie auch in den europäischen Proben werden die höchsten Gehalte in den asiatischen Proben für Kupfer gemessen (18 – 39 mg/kg). Diese Konzentrationen liegen auf dem gleichen Niveau wie in Europa. Blei und Chrom sind mit Konzentrationen von 7 – 27 mg/kg in deutlich geringerem Maße zu finden. Für Blei wurden einzelne Werte im Bereich von 20 - 27 mg/kg gemessen (APA 3, APA 4, APA 12, APA 13, APA 14_1), die geringfügig oberhalb der Schwankungsbreite europäischer Papiere liegen. Nickel dagegen ist in allen untersuchten Proben in insgesamt sehr geringen Konzentrationen unterhalb von 5 mg/kg enthalten.

Für die hier genannten Schwermetalle enthält die Empfehlung XXXVI des BfR nur einen Grenzwert für Blei. Dieser liegt bei 3 mg/kg im Kaltwasserextrakt. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass im Kaltwasserextrakt nur ca. 1-8 % der Totalgehalte gemessen werden, kann man auch hier von einer sicheren Grenzwerteinhaltung sprechen.

Nach den Vorschriften der Verpackungs-Verordnung (Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen vom 12.06.1991 mit Änderungs-Verordnungen) darf die Summe der Totalgehalte an Blei, Cadmium, Quecksilber und Chrom (VI) in den Verpackungen 100 mg/kg nicht überschreiten. Im Fall der untersuchten Proben ist diese kumulative Größe für die Schwermetall-Konzentrationen der APA 3 mit ca. 53 mg/kg am höchsten, wenn man davon ausgeht, dass der gemessene Chromanteil vollständig aus Chrom (VI) bestehen würde. Dies ist aber nicht der Fall. Und selbst bei dieser Betrachtung würde der berechnete Wert noch bei ca. 50 % des Grenzwertes liegen. Daher ist auch die Einhaltung der Grenzwerte der Verpackungs-Verordnung für alle untersuchten Proben gewährleistet. Aufgrund der unauffälligen Messwerte wurde auf die Untersuchung von Schwermetallen in den weiteren Proben verzichtet.

4.4.2 Halogenfreie organische Inhaltsstoffe

Innerhalb der halogenfreien organischen Inhaltsstoffe wurden die Proben insbesondere auf die Gehalte an Formaldehyd, Glyoxal und Diisopropylnaphthalin (DIPN) sowie an Phthalaten untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind in Abb. 45 und 46 zusammengefasst.

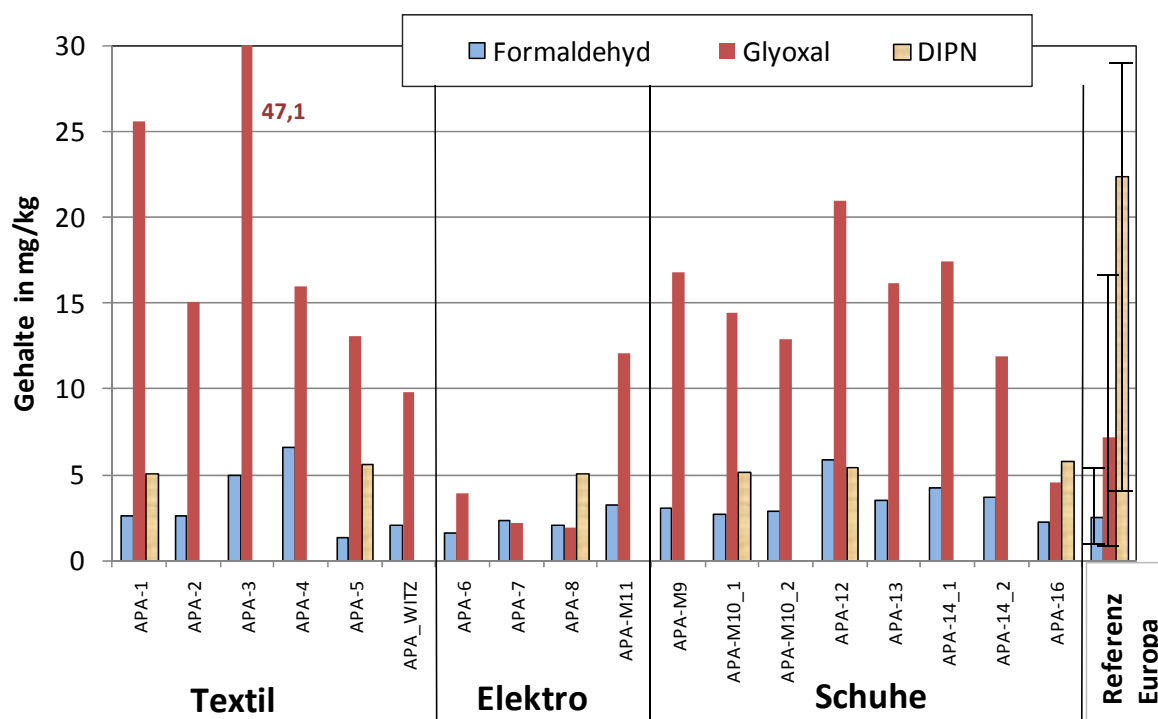


Abb. 45 Konzentrationen an halogenfreien organischen Inhaltsstoffen – Formaldehyd, Glyoxal, DIPN – in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Formaldehyd ist Bestandteil einiger Formaldehydharze (z. B. Melamin-Formaldehydharze und Glyoxal-Formaldehydharze), die in der Papierherstellung und -veredelung Verwendung finden. Aufgrund der gesundheitsschädlichen Wirkungen im menschlichen Körper ist freies Formaldehyd in Konsumgütern und Industrieprodukten nach Möglichkeit zu vermeiden. Nach Empfehlung XXXVI des BfR gilt ein Grenzwert von 1,0 mg Formaldehyd je dm² des Papiers im Kaltwasserextrakt. In den untersuchten asiatischen Proben ist Formaldehyd in Konzentrationen von 1 bis 7 mg/kg im Kaltwasserextrakt des Papiers ermittelt worden. Diese Gehalte liegen in der gleichen Größenordnung wie die der europäischen Proben. Unter Berücksichtigung der flächenbezogenen Masse einer durchschnittlichen Lebensmittelverpackung von ca. 200 g/m² sind die gemessenen Konzentrationen um 2-3 Zehnerpotenzen unterhalb des flächenbezogenen Grenzwertes der Empfehlung XXXVI des BfR.

Die Untersuchung auf den Formaldehyd-Gehalt wurde auch in den in Asien gesammelten Altpapiermustern (siehe Tab. 2) durchgeführt. In Tab. 25 sind die Ergebnisse dieser Analysen dargestellt.

Tab. 25 Formaldehyd-Gehalte (KWE) in den in Asien gesammelten Altpapiermustern

Proben-bezeichnung	Papier1	Papier2	DOCC	WCL	AOCC1	MOW	AOCC2	AOCC/EOCC
Formaldehyd [mg/kg]	4,1	4,0	2,0	1,1	1,4	1,2	1,8	2,9

Die in Tab. 25 dargestellten Messwerte bestätigen die Formaldehyd-Gehalte der zuerst untersuchten Altpapierproben (siehe Abb. 45) in vollem Umfang.

Die Schwankungsbreiten in den **Glyoxal**-Gehalten (Kaltwasserextrakt) der untersuchten Proben waren sehr hoch (siehe Abb. 45). So wurden Werte zwischen 2 und 47 mg/kg bei einem Mittelwert von 14,8 mg/kg ermittelt. Die Glyoxal-Gehalte in den europäischen Referenzproben liegen mit einem Mittelwert von 6,9 mg/kg deutlich darunter, allerdings sind auch hier große Streubreiten in den einzelnen Werten erkennbar. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass Glyoxal wegen seiner reaktiven Eigenschaften in zahlreichen Polymeren und Harzen als Vernetzer oder Härtungsmittel enthalten ist. Wegen seiner gesundheitsschädlichen Wirkungen beim Menschen soll der Einsatz zwar reduziert werden, verboten ist er jedoch nicht. Lediglich die Papiere und Kartonagen mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ sollten ohne glyoxalhaltige Additive hergestellt werden. Die hohen Streubreiten im Glyoxalgehalt hängen daher in erster Linie mit dem konkreten Additiveinsatz bei der Herstellung der Papiere zusammen, eine Anreicherung im Papierrecyclingkreislauf ist unwahrscheinlich. Der Grenzwert für den Glyoxal-Gehalt im Kaltwasserextrakt beträgt 1,5 mg je dm². Dieser Wert wird von den untersuchten asiatischen Wellpappenpapieren um einen Faktor von 16 bis 375 unterschritten (Rechnung mit flächenbezogener Masse von 200 g/m²).

Auch die Glyoxal-Analysen wurden in den in Asien gesammelten Altpapiermustern (siehe Tab. 2) durchgeführt. In Tab. 26 sind die Ergebnisse dieser Analysen zusammengefasst.

Tab. 26 Glyoxal-Gehalte (KWE) in den in Asien gesammelten Altpapiermustern

Proben-bezeichnung	Papier1	Papier2	DOCC	WCL	AOCC1	MOW	AOCC2	AOCC/EOCC
Glyoxal [mg/kg]	3,9	2,2	20,1	27,3	10,3	15,4	12,8	11,0

Mit einem Mittelwert von 12,9 mg/kg Glyoxal und den hohen Differenzen zwischen den einzelnen Proben bestätigen die Ergebnisse dieser Messreihe die zunächst ermittelten Resultate (s. Abb. 45).

Diisopropoylnaphthalin (DIPN) wird in der Papierindustrie in Europa als Lösungsmittel für Farbbildner in Selbstdurchschreibepapieren eingesetzt, wo es in den 80er Jahren vor allem das wesentlich stärker toxische PCB und später die chlorierten Paraffine abgelöst hat. Durch den Wiedereinsatz von Altpapier zur Herstellung neuer Papierprodukte kann DIPN in Spurenkonzentrationen in Papieren, auch für den Lebensmittel (LM) - Kontakt, vorkommen und sowohl durch den direkten Kontakt als auch über die Gasphase in das LM migrieren.

In den letzten 10 Jahren sind zahlreiche Untersuchungen zur Konzentration von DIPN in Kartonverpackungen und anderen Lebensmittel-Verpackungspapieren durchgeführt worden. Dabei wurde festgestellt, dass ca. 1/3 des Gesamtgehalts an DIPN im Lebensmittelkarton migrationsfähig ist, so dass auch im Lebensmittel nennenswerte DIPN-Konzentrationen (max. 1 mg/kg) gefunden worden sind. DIPN migriert im Wesentlichen über die Gasphase.

Obwohl DIPN in relevanten Größenordnungen in LM-Kontaktpapieren vorkommt, gibt es keine belastbaren toxikologischen Daten, die eine Grenzwertfestsetzung für DIPN im LM-Kontaktpapier rechtfertigen würden. Aber auch unter der theoretischen Annahme, dass nahezu 100 % des in der Verpackung enthaltenen DIPN in das LM migrieren würden, gibt es bei den heute üblichen Gehalten keine Anhaltspunkte für Schädigungen der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt. Sowohl in der Empfehlung XXXVI des BfR als auch im Techn. Doc. No. 3 der Europarat-Resolution findet sich das Minimierungsgebot für DIPN in LM-Kontaktpapieren, das vor allem dem Vorsorgegedanken Rechnung trägt. Der Arbeitskreis lebensmittelchemischer Sachverständiger hält einen Gehalt von weniger als 100 mg/kg für technisch möglich und sinnvoll. Dieser Wert wird in den heute in Deutschland produzierten Lebensmittelverpackungen auch bei 100 % AP-Einsatz sicher eingehalten. Dennoch

enthalten europäische Recyclingpapiere und –kartons häufig Konzentrationen zwischen 5 und 25 mg/kg DIPN.

Die gemessenen Gehalte in den asiatischen AP-Proben sind signifikant geringer als die der europäischen Referenzproben. Bei allen 18 untersuchten Proben sind Werte unterhalb oder in der Nähe der Bestimmungsgrenze von 5 mg/kg ermittelt worden (siehe Abb. 45). Davon war in 12 der 18 Proben DIPN nicht in quantifizierbaren Mengen enthalten, die anderen 6 Proben wiesen Gehalte zwischen 5,0 und 6,0 mg/kg auf. Diese Ergebnisse lassen folgende Schlüsse zu:

- Entweder werden im asiatischen Raum Selbstdurchschreibepapiere nur in geringer Menge und/oder
- ohne DIPN als Kernlösemittel hergestellt oder
- diese Papiere werden nicht oder nur unwesentlich über die Altpapiersammlungen erfasst, z. B. weil sie mit dem Restmüll entsorgt werden.

In jedem Fall ist der DIPN-Gehalt in den untersuchten Proben zu vernachlässigen.

Die **Phthalate** werden als Weichmacher in vielen Industriebereichen eingesetzt. Sie gehören zu den wichtigsten Industriechemikalien. Weltweit werden jährlich ca. 3 Mio. Tonnen Phthalate hergestellt. Hauptsächliches Einsatzgebiet ist der Zusatz als Weichmacher in PVC-Produkten (Weich-PVC), in denen bis zu 60 % Phthalate, hauptsächlich Di-(2-ethylhexyl)phthalat DEHP, enthalten sein können. Beim Einsatz von Weich-PVC in Beschichtungen, Bodenbelägen, Dichtmassen, Verpackungsmaterialien, Kabeln etc. kann der Anteil sogar noch höher sein.

Phthalate wirken als so genannte äußere Weichmacher, da sie keine chemische Bindung mit dem Kunststoff eingehen. Dies führt zu einer relativ hohen Freisetzungsrates durch Elution, Migration und Verdampfung. Die Untersuchungen zur Toxizität der Phthalate stehen noch am Anfang. Einige Vertreter dieser Substanzklasse sind als reproduktionstoxisch und erbgutverändernd eingestuft, weiterführende Untersuchungen zur endokrinen Wirkung, zu möglichen zentralnervösen Effekten und auch zu dem Verdacht, dass einige dieser Stoffe Krebs erzeugen können, sind noch nicht abgeschlossen. In den letzten Jahren wurde die Verwendung einiger Phthalate als Weichmacher vor allem in Kinderspielzeug und Textilien stark eingeschränkt.

In der Papierherstellung werden Phthalate nicht zielgerichtet eingesetzt, sie können allerdings als Rezepturbestandteil zur Haftverbesserung und zur Flexibilisierung in einigen Additiven zur Papierverarbeitung (z. B. in Druckfarben und Klebstoffen) enthalten sein und über das Altpapier in den Papierherstellungsprozess eingetragen werden. Darüber hinaus ist durch die ubiquitäre Verbreitung der Phthalate auch ein Eintrag durch das Brauchwasser möglich. In den untersuchten Proben wurden insgesamt 16 verschiedene Einzelstoffe aus der Verbindungsklasse der Phthalate untersucht. Die Ergebnisse sind der Anlage 5.14 zu entnehmen. In Abb. 46 sind die Konzentrationen von Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DnBP), Benzylbutylphthalat (BzBP) und Di-2-ethylhexylphthalat (DEHP) in den untersuchten Pulperdickstoffen dargestellt. DIBP, DnBP und DEHP sind die Phthalate, die sowohl in den europäischen als auch in den asiatischen AP-Proben in höheren Konzentrationen enthalten sind. Für BzBP sind zwar in 17 der 18 asiatischen Proben quantifizierbare Gehalte gemessen worden, allerdings ausnahmslos im Bereich der Bestimmungsgrenze von 1 mg/kg.

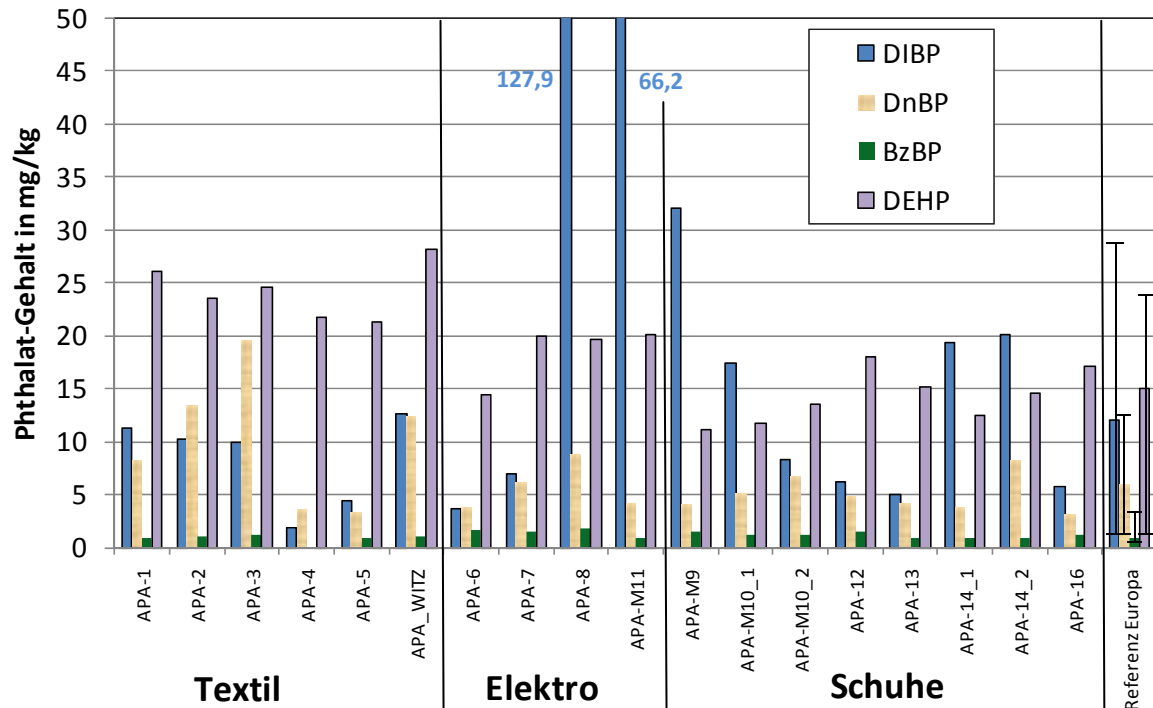


Abb. 46 Konzentrationen an Phthalaten in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Wie aus den Messwerten ersichtlich ist, weisen alle Textilverpackungen mit Werten von 21 bis 28 mg/kg für Di-2-ethylhexylphthalat (DEHP) die jeweils höchstens Phthalat-Gehalte auf. Das Diisobutylphthalat (DIBP) ist mit Konzentrationen von 2 bis 13 mg/kg deutlich weniger vertreten. Dafür sind in den Textilverpackungen mit Werten von bis zu 20 mg/kg die höchsten Gehalte an Di-n-butylphthalat (DnBP) enthalten. Bei den Verpackungen aus dem Bereich Elektronik treten DEHP-Gehalte von 14 bis 20 mg/kg auf, allerdings sind zwei Proben mit einem deutlich erhöhten Gehalt an DIBP von 66 bzw. 128 mg/kg gemessen worden. DIBP ist in den letzten Jahren in Europa aufgrund erhöhter Gehalte stark diskutiert worden. Eine große Anzahl von Untersuchungen und Recherchen innerhalb der Papierkette hat ergeben, dass DIBP als Weichmacher und Haftverbesserer in zahlreichen Dispersionsklebstoffen für Verpackungen enthalten ist. Durch eine entsprechende Selbstverpflichtung der Wirtschaft konnte diese Eintragsquelle in den letzten Jahren minimiert werden, so dass die DIBP-Gehalte auch in den Altpapieren und daraus hergestellten Papieren in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen ist. Als Ursache für die erhöhten Gehalte an DIBP in den beiden Wellpappenaltpapieren kommt auch eine Verwendung eines DIBP haltigen Klebstoffs in Frage. Die Phthalat-Gehalte im Bereich Schuhe sind in der gleichen Größenordnung wie die Phthalat-Gehalte in den europäischen Wellpappenaltpapieren.

Grenzwerte für die genannten Phthalate in Papieren mit Lebensmittelkontakt gibt es seit 2009 in der BfR-Empfehlung XXXVI als Migrationsgrenzwerte, die direkt in verpackten Lebensmitteln oder in den entsprechenden Lebensmittelsimulanzien zu bestimmen sind. Danach dürfen nicht mehr als 1,5 mg/kg DEHP, 0,3 mg/kg DnBP und 1,0 mg/kg DIBP aus der Verpackung in das Lebensmittel übergehen. Die Phthalat-Untersuchungen im vorliegenden Projekt wurden mittels Lösemittelextraktion (24 h – Extraktion mit Methanol, Einengung der membranfiltrierten Extrakte, Bestimmung mittels GC-FID) durchgeführt. Die Ergebnisse entsprechen in etwa den Gesamtgehalten der in den Proben enthaltenen Phthalate. Bei der Kalkulation der möglichen Migration von Kontaminanten aus Verpackungen in verpackte Lebensmittel wird häufig von einer würfelförmigen Modellverpackung mit einer Kantenlänge von 1 dm ausgegangen, in die 1 kg Lebensmittel verpackt sind. Bei einer flächenbezogenen Masse der Verpackung von 200 g/m² ergibt sich eine Masse der würfelförmigen Verpackung von 12 g, in der 1.000 g Lebensmittel eingepackt sind (Faktor Masse Lebensmittel / Masse Verpackung = 83). Bei

einem maximalen Übergang des Gesamtgehaltes der Phthalate von der Verpackung in das Lebensmittel (theoretische Überlegung) dürften bei dieser Berechnung nicht mehr als 125 mg/kg DEHP, 25 mg/kg DnBP und 83 mg/kg DIBP in der Verpackung enthalten sein. Mit einer Ausnahme (127,9 mg/kg DIBP) werden selbst die Werte dieser „worst case“-Betrachtung von allen untersuchten Proben sicher eingehalten. Unter realistischen Bedingungen ist die Migration der Phthalate in das Lebensmittel deutlich geringer (in Abhängigkeit von Verpackungsdesign, Art, Dauer und Umgebungsbedingungen bei der Lagerung, Art des verpackten Lebensmittels...), so dass auch bei dem erhöhten DIBP-Gehalt von einer Einhaltung des Migrationsgrenzwertes auszugehen ist.

In den in Asien gesammelten AP-Mustern wurden ebenfalls Phthalate analysiert. Die Ergebnisse sind in Tab. 27 zusammengefasst.

Tab. 27 Phthalat-Gehalte (Methanol-Extrakt) der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Proben-bezeichnung	Papier1	Papier2	DOCC	WCL	AOCC1	MOW	AOCC2	AOCC/EOCC
DIBP [mg/kg]	13,0	15,0	8,9	< 1	1,8	1,4	3,9	3,3
DnBP [mg/kg]	8,4	9,9	7,9	< 1	1,1	2,2	1,2	1,5
BzBP [mg/kg]	2,3	2,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DEHP [mg/kg]	15,7	16,3	43,1	1,7	11,5	18,7	6,9	13,0

Im Vergleich zu den zunächst gemessenen Wellpappenpapieren (siehe Abb. 46) enthalten die Proben dieser zweiten Messreihe keine Ausreißer bei den DIBP-Konzentrationen. Mit Werten von < 1 mg/kg bis 15,0 mg/kg sind die DIBP-Werte geringer als die der ersten Messreihe. Für DnBP und BzBP wurden ebenfalls etwas geringere Gehalte ermittelt. Lediglich für DEHP enthält die Probe DOCC mit einer Konzentration von 43,1 mg/kg einen deutlich erhöhten Messwert, die anderen DEHP-Ergebnisse sind mit denen der ersten Messreihe gut vergleichbar. Insgesamt liegen auch diese Phthalat-Konzentrationen im Bereich der Messwerte, die in europäischen Referenz-Proben ermittelt wurden.

4.4.3 Organische Halogenverbindungen

Die Gehalte an organischen Halogenverbindungen in den untersuchten Proben sind, unabhängig von den Warengruppen, sehr unterschiedlich. In Abb. 47 sind die Analysenergebnisse der OX-Untersuchungen zusammengefasst.

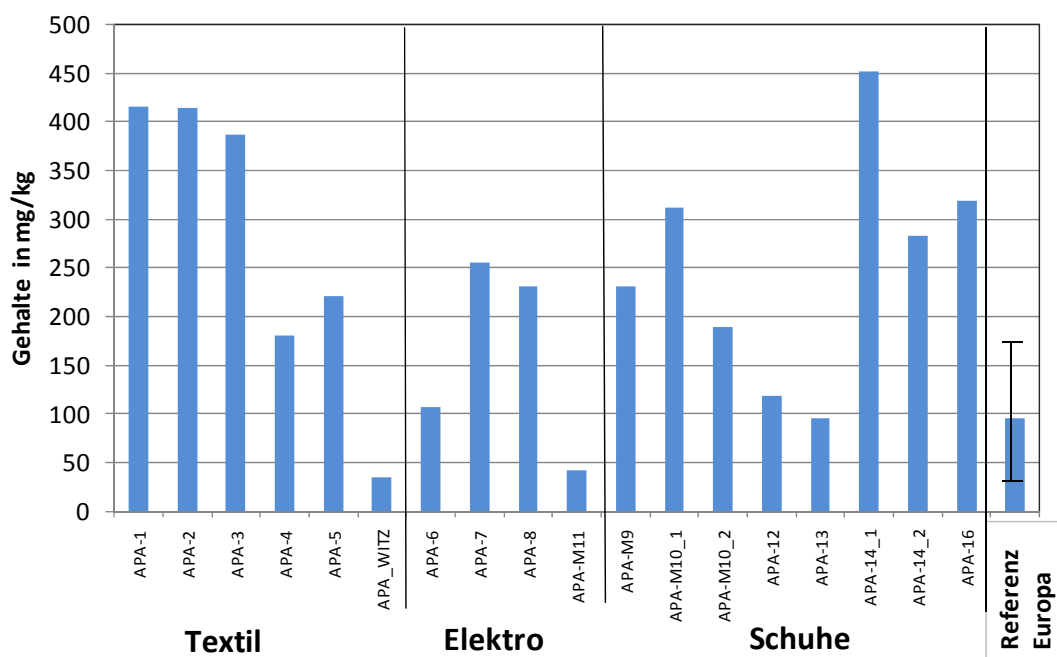


Abb. 47 Konzentrationen an organischen Halogenverbindungen (OX-Gehalt)

Die AP-Probe, die aus der Aufbereitung einer größeren AP-Menge im Pulper in Witzenhausen resultiert, weist mit 34 mg/kg den geringsten OX-Wert auf, in der Probe APA-14_1 ist mit 451 mg/kg der höchste Gehalt an halogenorganischen Stoffen ermittelt worden. Der Mittelwert der OX-Gehalte liegt bei 238 mg/kg. Diese OX-Gehalte entsprechen in etwa den Werten, die in den europäischen Recyclingverpackungen Anfang der 90er Jahre ermittelt worden sind. Seit der Einführung und Verbreitung der chlorfreien Bleiche sind die Gehalte an halogenorganischen Stoffen in den europäischen Papieren und Kartonagen signifikant zurückgegangen und liegen heute in der überwiegenden Zahl zwischen 100 und 150 mg/kg, bei einigen Papiersorten auch darunter [4]. Weitere Beiträge zum OX-Gehalt liefern auch einige chemische Additive, wie z. B. die Epichlorhydrinharz basierenden Nassfestmittel.

Aufgrund der uneinheitlichen Ergebnisse der ersten Messreihe sind auch in den in Asien gesammelten AP-Proben die Gehalte an halogenorganischen Verbindungen ermittelt worden. Diese sind Tab. 28 zu entnehmen.

Tab. 28 OX-Gehalte der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Proben-bezeichnung	Papier1	Papier2	DOCC	WCL	AOCC1	MOW	AOCC2	AOCC/EOCC
OX-Gehalt [mg/kg]	118,1	129,4	193,5	312,7	111,0	700,8	91,4	160,6

In dieser zweiten Messreihe sind die Ergebnisse einheitlicher und insgesamt auf deutlich geringerem Niveau. Von den 8 Proben weisen 5 Proben OX-Werte auf, die im Bereich der europäischen Muster liegen. Allerdings ist die Probe MOW mit einem OX-Wert von 700,8 mg/kg ein deutlicher Ausreißer nach oben, der die Messwerte aller anderen untersuchten Altpapiere um den Faktor 2-3 übersteigt.

Die großen Schwankungen in den OX-Werten zeigen, dass die untersuchten Wellpappenpapiere aus dem asiatischen Raum nicht einheitlich zusammengesetzt sind. Die Ursachen dafür liegen vermutlich

sowohl in der großen Menge der weltweiten Importe und Exporte von Waren, Verpackungen und auch Altpapieren als auch in der Anzahl der Recyclingzyklen der Fasern, die eine Zuordnung der Qualität einer Wellpappenverpackung zu der Herkunft letztendlich fast unmöglich macht. Inwieweit in den verschiedenen Regionen Asiens tatsächlich die ECF- und/oder TCF-Bleiche von Faserstoffen durchgeführt wird, konnte im Rahmen dieses Projekts nicht ermittelt werden.

Zusätzlich zu dem Summenparameter der halogenorganischen Stoffe sind einzelne chlorhaltige Substanzen auf ihre Konzentration untersucht worden.

Pentachlorphenol (PCP) fand in der Vergangenheit aufgrund seiner fungiziden und bakteriziden Eigenschaften vielfältige Verwendung, hauptsächlich als Holzschutz-, Lederschutz-, Desinfektions- und Konservierungsmittel sowie als Zusatzstoff für Kautschuk, Kosmetika und Kühlwasserkreisläufe. Auch als Algizid und Fungizid wurde es in großen Mengen eingesetzt. Für das Jahr 1989 wurde die Produktionsmenge an Chlorphenolen weltweit auf ca. 200.000 t geschätzt, davon allein ca. 90.000 t PCP. Aufgrund der ökologischen und toxikologischen Eigenschaften wurden in den 80er Jahren durch gesetzliche Regelungen Produktionsmengen und Einsatzgebiete von PCP stark eingeschränkt. Seit 1986 wird in der Bundesrepublik Deutschland kein PCP mehr hergestellt. Im Dezember 1989 erließ die Bundesregierung ein Verwendungsverbot für PCP und dessen Salze. Dieses Verbot erstreckt sich auch auf Erzeugnisse, die mit PCP behandelt wurden und Konzentrationen von mehr als 5 mg/kg aufweisen. Europaweit wurde durch die Richtlinie 91/173/EWG ein PCP-Verwendungsverbot für alle Stoffe und Zubereitungen mit mehr als 0,1 Massen-% PCP erlassen. In Abb. 48 sind die Messwerte für die Gehalte an Pentachlorphenol (PCP) und Polychlorierten Biphenylen (PCB) dargestellt. Die PCP-Gehalte (Kaltwasserextrakt) in den untersuchten Proben liegen zwischen < 0,005 mg/kg und 0,357 mg/kg bei einem Mittelwert von 0,066 mg/kg.

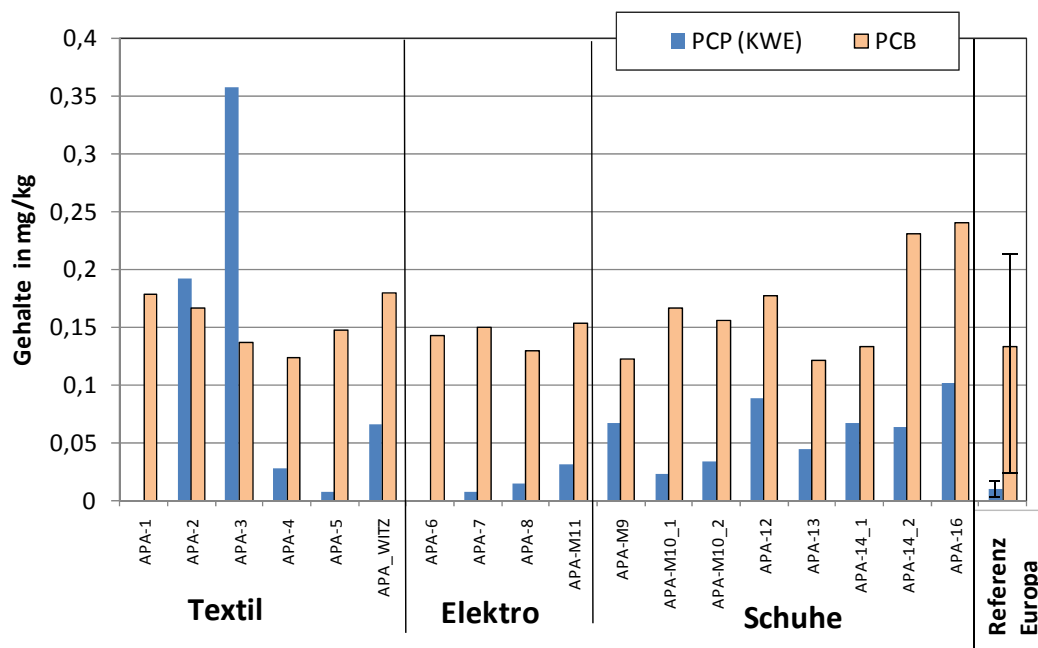


Abb. 48 Konzentrationen an Pentachlorphenol (PCP) und Polychlorierten Biphenylen (PCB) in den indirekt importierten Wellpappenaltpapieren aus dem asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum

Diese Gehalte sind signifikant höher als die der europäischen Proben, bei denen Werte zwischen < 0,005 und 0,017 mg/kg PCP ermittelt worden sind. Möglicherweise sind in einigen Regionen im asiatischen Raum noch PCP-haltige Holzschutzmittel oder andere PCP-haltige Zubereitungen im Einsatz. Allerdings ergibt sich auch hier kein einheitliches Bild, da auch Proben mit sehr geringen PCP-Konzentrationen vorkommen (z. B. APA-1 und APA-6 mit Werten < 0,005 mg/kg).

Auch bezüglich des PCP-Gehaltes sind weitere Untersuchungen mit den in Asien gesammelten AP-Proben durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in Tab. 29 dargestellt.

Tab. 29 PCP-Gehalte (KWE) der in Asien gesammelten Altpapiermuster

Proben- bezeichnung	Papier1	Papier2	DOCC	WCL	AOCC1	MOW	AOCC2	AOCC/ EOCC
PCP-Gehalt [mg/kg]	0,013	0,015	0,005	< 0,005	0,006	< 0,005	0,006	0,007

Die ermittelten PCP-Gehalte dieser zweiten Messserie liegen ausnahmslos auf dem geringen Niveau der europäischen Referenzproben.

Für den zulässigen Gehalt an PCP in Papierprodukten existieren sowohl im Bereich der LM-Kontaktpapiere (Empfehlung XXXVI und ResAP (2002)¹) als auch im Rahmen der Umweltzeichenvergabe des „Blauen Engel“ (RAL-UZ 5 „Hygienepapier“, RAL-UZ 14 „Recyclingpapier“, RAL-UZ 56 „Recyclingkarton“, RAL-UZ 72 „Druck- und Pressepapier überwiegend aus Altpapier“) Grenzwerte, deren Einhaltung mit entsprechendem Zertifikat eines unabhängigen Prüfinstitutes nachgewiesen werden muss. In allen genannten Regularien liegt der Grenzwert bei 0,15 mg/kg Papier. Dieser PCP-Grenzwert wird heute von allen in Deutschland hergestellten Papierprodukten sicher eingehalten. Die deutlichen Grenzwertüberschreitungen wie bei den Proben APA-2 mit 0,192 mg/kg und APA-3 mit 0,357 mg/kg PCP sind dann doch mit erheblichen Einträgen von Kontaminanten in den Recyclingkreislauf verbunden.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind sehr stabile, gering flüchtige, chemikalienresistente und flammhemmende Stoffe, die aufgrund ihrer Eigenschaften bis in die 70er Jahre sehr weite Verbreitung in der Industrie fanden. Ihre hauptsächlichen Anwendungsgebiete waren Schmiermittel, Klebstoffe, Sperrflüssigkeiten in Messgeräten, Imprägnier- und Flammenschutzmittel, Weichmacher für Kunststoffe. In der Papierindustrie wurden sie als Kernöl in Kapseln von Selbstdurchschreibepapieren eingesetzt, wo sie später durch chlorierte Paraffine und dann durch Diisopropylnaphthalin (DIPN) ersetzt wurden. PCBs, eine Stoffgruppe, die aus 209 isomeren Verbindungen besteht, sind heute als krebserzeugend und umweltgefährlich eingestuft. Sie führen beim Menschen zu Leberfunktionsstörungen, Störungen in der Fortpflanzungsfähigkeit und anderen gesundheitlichen Schädigungen. Daher durften sie in Deutschland bereits ab 1972 nicht mehr in umwelfreien Systemen eingesetzt werden, sondern nur noch in geschlossenen Systemen z. B. als Kühlmittel in Transformatoren oder als Dielektrikum in Starkstromanlagen. Seit 1983 gilt in Deutschland ein Herstellungsverbot für PCB, seit 1989 ein Verwendungsverbot. Seit Anfang 2000 dürfen auch PCB-haltige Kondensatoren nicht mehr betrieben werden. Deutschland hat sich verpflichtet, bis zum 31.12.2010 PCB und alle PCB-haltigen Erzeugnisse zu beseitigen.

In den Papierherstellungsprozess gelangen die PCBs fast ausschließlich über das Altpapier. So können z. B. in Selbstdurchschreibepapieren aus Archiven noch PCBs enthalten sein. Die im Rahmen dieses Projekts untersuchten Wellpapierproben aus dem asiatischen Raum zeigen mit Werten zwischen 0,12 und 0,23 mg/kg PCB (Mittelwert 0,16 mg/kg) keine erhöhten Gehalte an PCB im Vergleich zu den europäischen Proben.

Aufgrund der Vielzahl der Messergebnisse mit sehr geringen PCB-Konzentrationen in Papieren in den letzten Jahren wurde der Grenzwert der Empfehlung XXXVI mit 2 mg/kg PCB ersatzlos gestrichen. Auch die entsprechenden Regelungen auf EU-Ebene (RESAP (2002)¹ und Technical doc. 3) enthalten keinen PCB-Grenzwert mehr, da nicht mehr mit gesundheitlich relevanten Konzentrationen dieser Stoffe im Papier gerechnet wird. Die Messwerte in den untersuchten asiatischen Proben belegen diese Aussage.

4.4.4 Flüchtige organische Verbindungen

Die Proben der ersten Messserie (APA-1 bis APA-16) sind im Weiteren in Anlehnung an RAL-UZ 14 auf leicht und mittelschwer flüchtige organische Stoffe (VOC und SVOC) untersucht worden, um mögliche unbekannte Kontaminanten identifizieren zu können. Dazu wurden aus der Stoffsuspension mittels Rapid-Köthen-Blattbildner Blätter mit einer flächenbezogenen Masse von $80 \pm 3 \text{ g/m}^2$ gebildet und bei Standardklima bis zur Massekonstanz getrocknet. In Abb. 49 sind exemplarisch die Chromatogramme von zwei verschiedenen Wellpappenaltpapieren dargestellt.

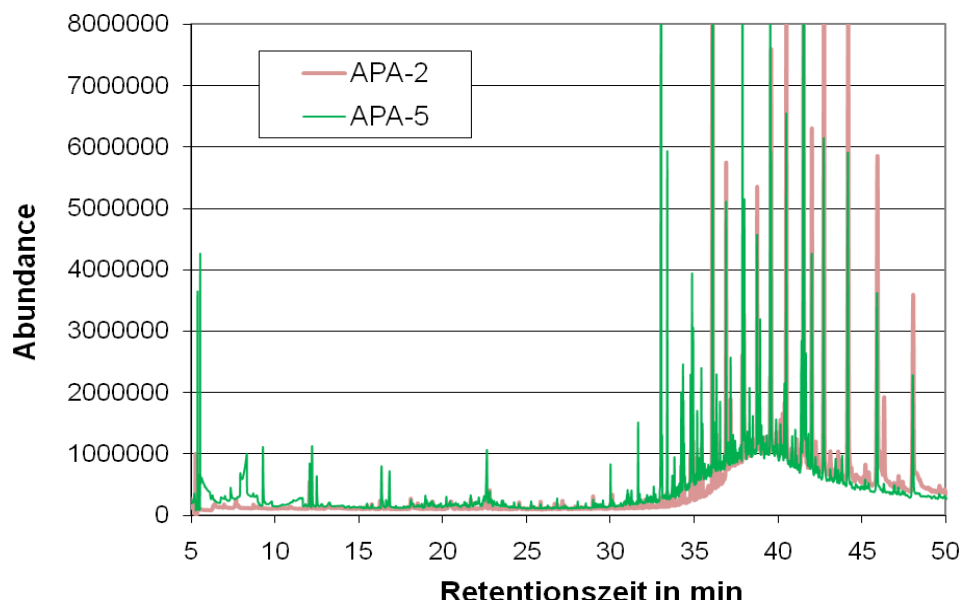


Abb. 49 Chromatogramme von aufbereiteten Wellpappenaltpapierproben nach Thermodesorption-GC/MS

Ähnlich den europäischen AP haltigen Proben finden sich auch in den untersuchten Proben aus dem asiatischen Raum Mineralölkohlenwasserstoffe (n-Alkane, cyclische und verzweigte Alkane bis zu einer Kettenlänge von ca. C32), die im Chromatogramm bei Retentionszeiten von ca. 32 – 49 min zu erkennen sind. Außerdem werden in diesem (häufig als „Ölberg“ bezeichneten) Bereich des Chromatogramms einige Phthalate detektiert, auch Phenole und Benzophenon-Derivate (UV-Fotoinitiatoren) sowie Alkohole, Aldehyde und Ester mit höherer Kettenlänge, die teilweise auch natürlichen Ursprungs sind. Signifikante Unterschiede bzw. Stoffe, die in den europäischen Proben nicht enthalten sind, wurden nicht ermittelt.

4.4.5 Fazit / Weiterer Handlungsbedarf

Bei der Untersuchung der Wellpappenaltpapiere aus dem asiatischen Raum auf chemische Inhaltsstoffe wurde deutlich, dass es keine spezifischen Parameter gibt, die charakteristisch für die Papiere aus dieser Region sind. Da ein großer Teil der untersuchten Wellpappenaltpapiere zumindest teilweise Fasern aus dem europäischen Raum oder aus anderen Regionen enthalten dürfte, ist dieser Befund durchaus plausibel.

Die Konzentrationen an Schwermetallen sind in den untersuchten Altpapieren auf dem gleichen niedrigen Niveau wie in Europa. Dies gilt sowohl für Schwermetalle, die nach Empfehlung XXXVI des BfR reglementiert sind als auch für andere Schwermetalle wie Nickel oder Chrom. Auch die Gehalte an halogenfreien kritischen Inhaltsstoffen wie freiem Formaldehyd oder Glyoxal sind gering. DIPN wurde nur in einigen wenigen Proben überhaupt in Mengen oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt. Die Gehalte lagen dann bei Werten um 5 mg/kg und damit deutlich unter den Werten europäischer Vergleichsproben. Bei den Phthalaten werden vergleichbare Stoffe (Diisobutylphthalat, Di-n-butylphthalat, Di-2-ethylhexylphthalat, in selten Fällen Benzylbutylphthalat) in ähnlichen Größen-

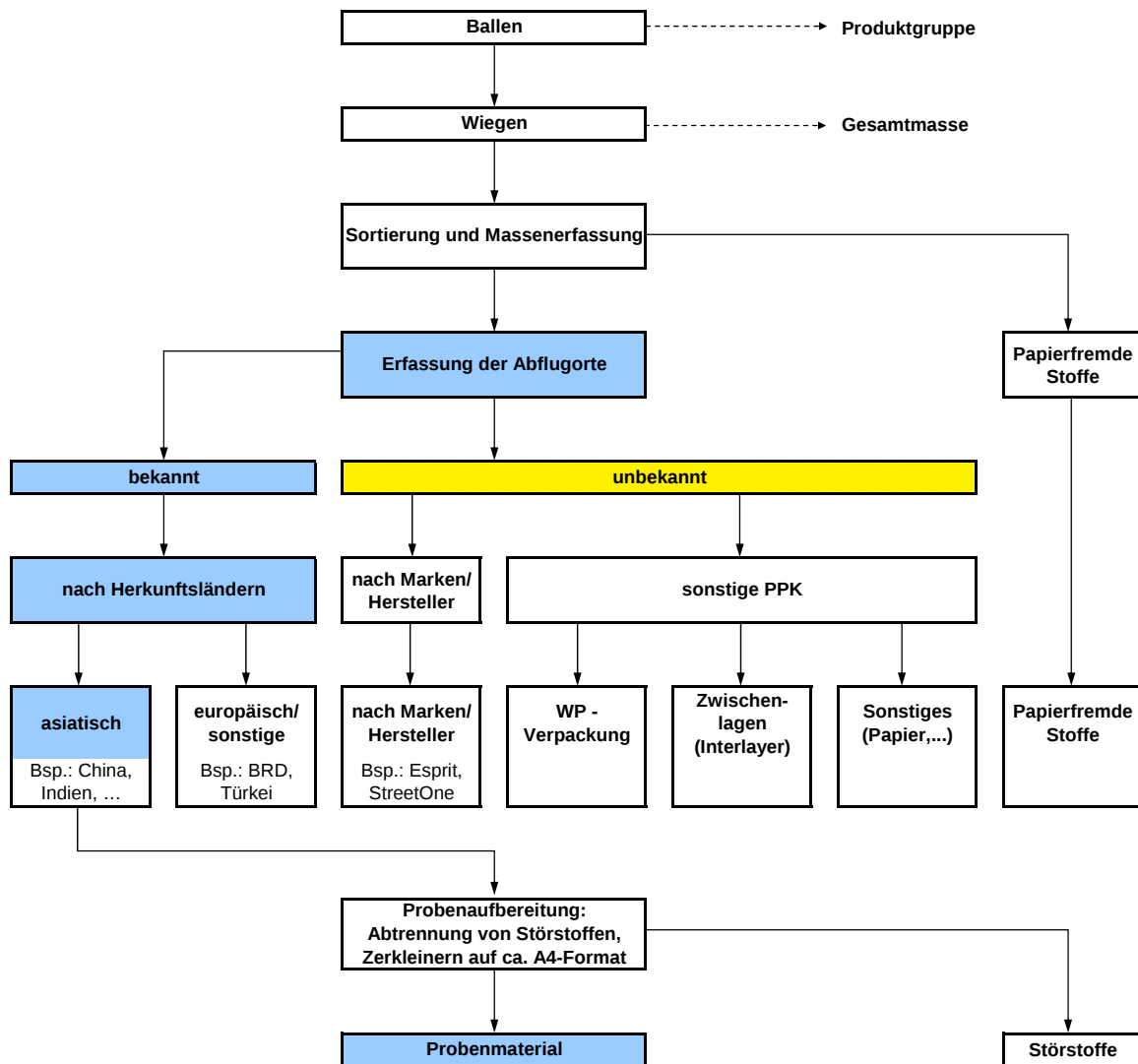
ordnungen gemessen wie in den europäischen Proben. Einige wenige Ausreißer, insbesondere beim Diisobutylphthalat, zeigen, dass das europäische Problem beim Einsatz von Dispersionsklebstoffen auch bei den Wellpappenaltpapieren aus dem asiatischen Raum bestehen dürfte.

Bei den halogenhaltigen Inhaltsstoffen haben die Untersuchungen kein einheitliches Bild ergeben. Während bei den OX-Gehalten in einigen Proben Werte im Bereich der europäischen Proben gemessen wurden, gab es auch Proben, die mit OX-Werten von bis zu 700 mg/kg doch deutlich über dem europäischen Standard liegen. Ein ähnliches Ergebnis brachte die PCP-Untersuchung. Auch hier wurden in der überwiegenden Zahl Messwerte ermittelt, die auf europäischem Niveau lagen, während einige wenige Ausreißer mit PCP-Konzentrationen bis zu 0,357 mg/kg nicht nur deutlich über dem Durchschnitt anderer Papiere lagen, sondern auch den Grenzwert der einschlägigen Vorschriften für Lebensmittelverpackungspapiere und das Umweltzeichen „Blauer Engel“ überschritten haben. Die Gehalte für PCB waren einheitlich niedrig.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass mit den Verpackungen, die aus dem asiatische-pazifischen Raum in das europäische Papierrecycling gelangen, keine wesentliche Kontamination des Recyclingkreislaufs mit kritischen Inhaltsstoffen verbunden ist.

5 Anlagen

5.1 Vorgehensweise bei Probensichtung



5.2 Untersuchte Einzelproben asiatischer Altpapiere

Proben-bezeichnung	Herkunft	Waren-Gruppe	Proben-Herkunft	Verpackungsart	Bemerkung	Ansätze a 5kg otro	Drucksortierung
APA 1	China	Textil	Ballen 1	Umverpackung	PVG Shanghai	4	2-Stufen (30/20)
APA 2	Indien	Textil	Ballen 2	Umverpackung	COK Kochi, rot	4	2-Stufen (30/20)
APA 3	Indien	Textil	Ballen 2	Umverpackung	COK Kochi, hell	4	2-Stufen (30/20)
APA 4	Banglad.	Textil	Ballen 1/2	Umverpackung		4	2-Stufen (30/20)
APA 5	China	Textil	Ballen 1	Umverpackung	HKG HongKong	4	2-Stufen (30/20)
APA 6	China	Elektro	TEC	Großgeräteverp.		4	2-Stufen (30/20)
APA 7	China	Elektro	TEC	Kleingeräteverp.		1	1-Stufe (25)
APA 8	Asien	Elektro	TEC	Umverpackung		4	2-Stufen (30/20)
APA 9	China	Fahrrad	Ballen 4	Umverpackung	Suspension Fork	4	2-Stufen (30/20)
APA 10	China	Fahrrad	Ballen 4	Umverpackung		4	2-Stufen (30/20)
APA 11	Taiwan	Fahrrad	Ballen 4	Umverpackung		4	2-Stufen (30/20)
APA 12	China	Schuhe	Ballen 7	Umverpackung	braun	4	2-Stufen (30/20)
APA 13	China	Schuhe	Ballen 7	Umverpackung	gelb	4	2-Stufen (30/20)
APA 14	Indien	Schuhe	Ballen 7	Umverpackung	gemischtfarbig	3	2-Stufen (30/20)
APA 15	Banglad.	Schuhe	Ballen 7	Umverpackung	hell	1	1-Stufe (25)
APA 16	Vietnam	Schuhe	Ballen 7	Umverpackung	gelb	4	2-Stufen (30/20)
APA 17	Banglad.	Schuhe	Ballen 7	Umverpackung	gemischtfarbig	2	1-Stufe (25)
APA 18	Vietnam	Schuhe	Ballen 7	Umverpackung	braun	2	1-Stufe (25)

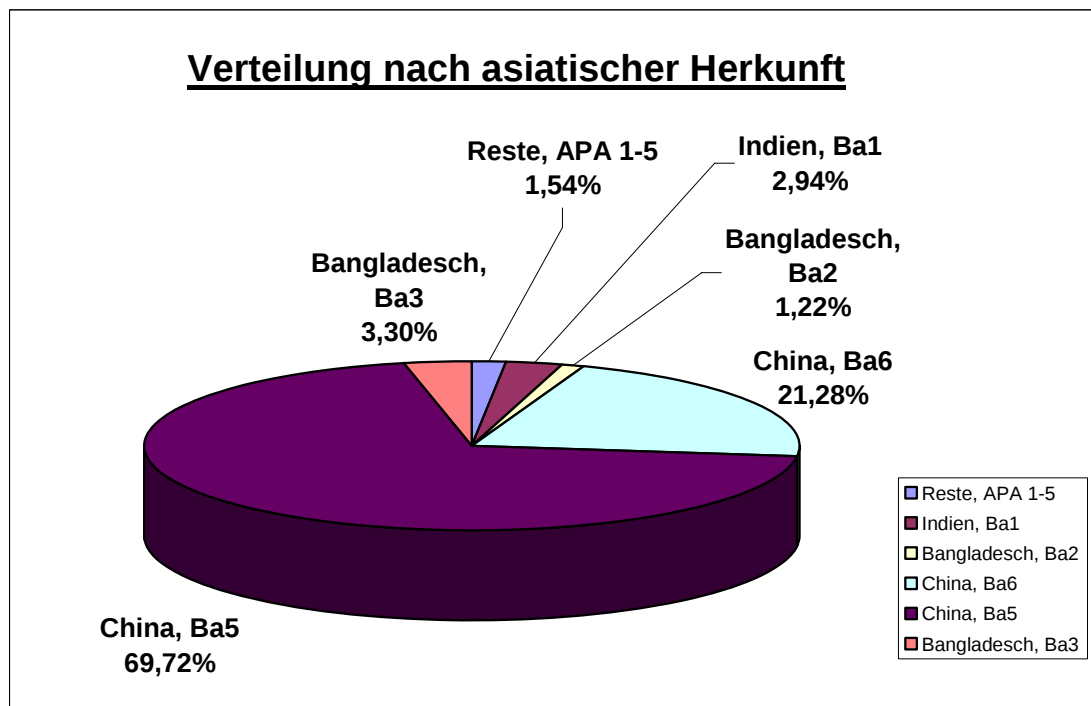
5.3 Untersuchungen an Altpapiermischungen asiatischer Altpapiere

Proben-bezeichnung	Interne Bez.	Waren-Gruppe	Anteil	Proben für Mischung	Bemerkung
APA - M1	M1-5_DS	Textil	je 20%	APA 1-5	für Mehrfachrecycling Zyklus 1
APA - M2	M1-5_DS_Z2	Textil	100%	zerfaserte Papierrollen von APA - M1	für Mehrfachrecycling Zyklus 2
APA - M3	GRAPA 1	Textil / 1.11	40%	Deinkingware 1.11	
			60%	APA - M1	
APA - M4	GRAPA 2	Textil / 1.12	55%	Deinkingware 1.11	
			45%	APA - M1	
APA - M5	GRAPA 3	Textil / 1.13	70%	Deinkingware 1.11	
			30%	APA - M1	
APA - M6	APA - ET 1	Elektro / Textil	75%	APA 8	
			25%	APA - M2	
APA - M7	APA - ET 2	Elektro / Textil	50%	APA 8	
			50%	APA - M2	
APA - M8 *)	APA - WITZ	Textil	95%	Asienproben aus Ballen 3/5/6	überwiegend China
			5%	Restproben aus Ballen 1/2	Indien/Bangladesch/Reste
APA - M9		Schuhe	59%	APA 12	China, Braun
			21%	APA 13	China, Gelb
			8%	APA 16	Vietnam, Gelb
			4%	APA 17	Vietnam, Braun
			5%	APA 14	Indien
			3%	APA 15	Bangladesch
APA - M10		Schuhe	56%	nicht genügend Material für Einzelproben der Länder	Kambodscha
			30%		Indonesien
			14%		Thailand
APA - M11		Elektro		20kg Paket Elektroumverp.	SmurfitKappa

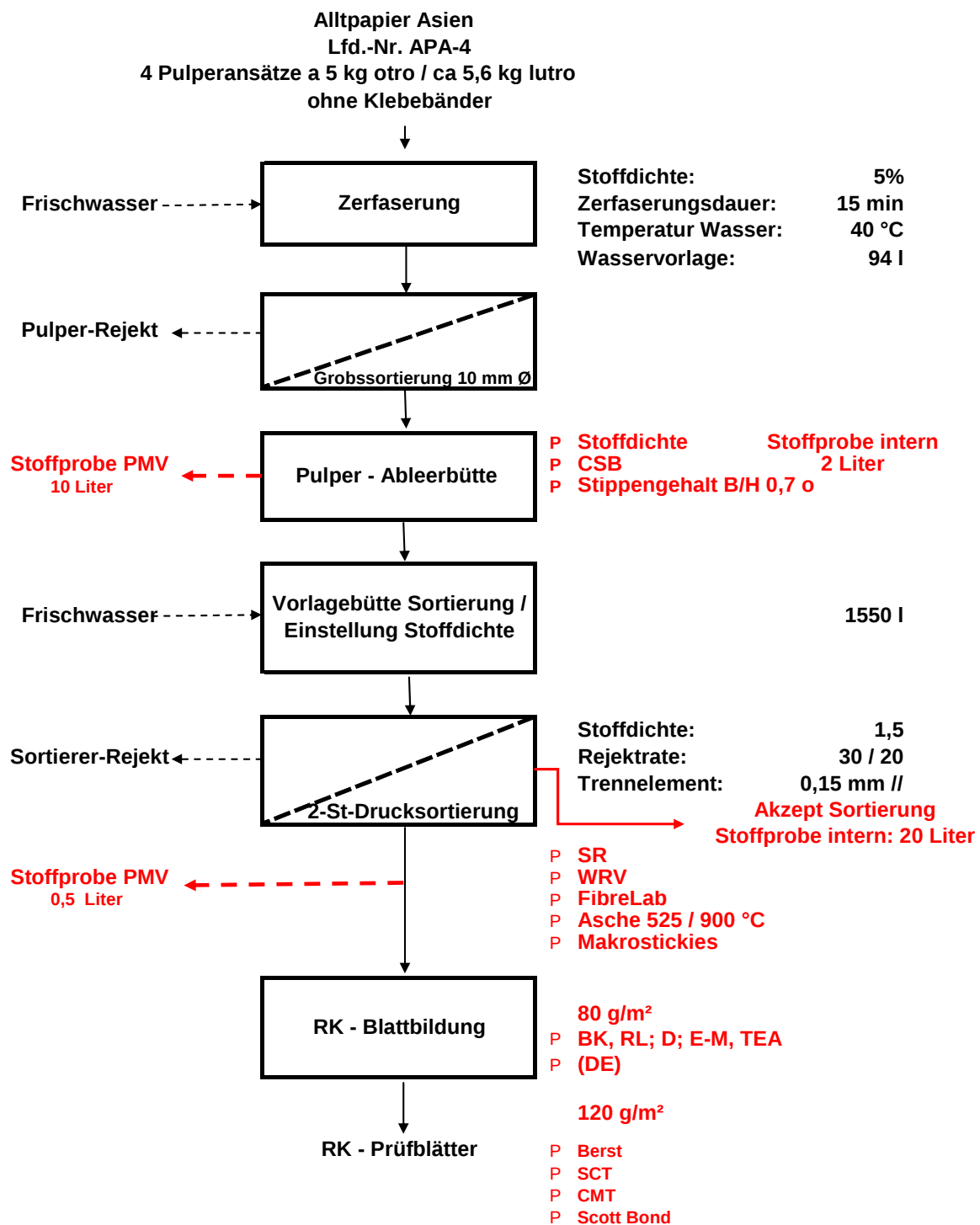
APA - M8 *) - Mischprobe Warengruppe Textil - Zerfaserung von 650 kg bei SCA Witzenhausen

5.4 Zusammensetzung Mischprobe M8 (Aufbereitung SCA Witzenhausen)

	Teilproben	Herkunft	Masse [kg]	Anteile [Gew.-%]
Herkunft des Probenmaterials	Reste, APA 1-5	AsienMIX	10,00	1,54%
	Indien, Ba1	Indien	19,10	2,94%
	Bangladesch, Ba2	Bangladesch	7,90	1,22%
	China, Ba6	China	138,30	21,28%
	China, Ba5	China	453,00	69,72%
	Bangladesch, Ba3	Bangladesch	21,47	3,30%
	Gesamt		649,77	100%



5.5 Schema Probenaufbereitung und Probenahme PTS Heidenau



5.6 Warengruppe TEXTIL - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften

Suspensionseigenschaften	Einheit	APA 1	APA 2	APA 3	APA 4	APA 5	APA - M8
Stoffdichte (Pulperstoff)	%	4,89	4,79	4,76	4,79	4,89	5,09
SR-Wert	SR	47	56	54	52	50	44
mittl. Faserlänge längengew. L(l)c	mm	1,04	1,04	0,97	0,87	1,095	1,05
Feinstoff %	%	5,82	6,29	7,09	5,91	5,48	5,81
Kurzfaser %	%	63,92	62,47	64,38	73,02	60,92	63,47
Langfaser %	%	30,27	31,25	28,54	21,08	33,60	30,74
Asche 525 °C (Suspension)	%	14,39	8,94	9,43	16,15	14,83	15,96
Asche 900 °C (Suspension)	%	11,32	8,45	9,00	14,01	11,10	12,42
CSB-Fracht (Pulperstoff)	kg/t	57,9	55,9	55,7	36,6	41,1	46,2
WRV	%	154	153	152	150	145	140
Stippen B/H 0,7mm (Pulperstoff)	%	1,5	2,7	1,3	7,3	1,7	11,1

Festigkeitseigenschaften 80 g/m²	Einheit	APA 1	APA 2	APA 3	APA 4	APA 5	APA - M8 *)
Flächenmasse	g/m²	78	79	79	78	79	81
Dicke	mm	0,145	0,139	0,141	0,165	0,148	0,152
Rohdichte	g/cm³	0,540	0,571	0,559	0,474	0,534	0,534
Reißlänge	m	3114	3695	3313	3625	3419	3341
Dehnung	%	1,59	1,69	1,59	1,85	1,77	1,61
Bruchkraft	N	35,7	43,1	38,1	41,9	40,0	39,6
Tensile Index	Nm/g	30,5	36,2	32,5	35,6	33,5	32,8
TEA	J/m²	27,6	33,9	28,7	36,9	33,5	29,9
E-Modul	GPa	2,61	2,95	2,85	2,50	2,66	2,66
Durchreißwiderstand Elmendorf	mN	500	504	446	416	545	478
Tear-Index	mN*m²/g	6,36	6,33	5,62	5,33	6,92	5,89
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	10,6	6,6	7,0	13,0	10,2	12,0
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	8,4	6,3	6,7	11,3	7,8	9,5

Festigkeitseigenschaften 120 g/m²	Einheit	APA 1	APA 2	APA 3	APA 4	APA 5	APA - M8 *)
Flächenmasse	g/m²	119	119	119	117	118	121
Dicke	mm	0,205	0,194	0,196	0,217	0,201	0,211
Rohdichte	g/cm³	0,581	0,614	0,608	0,540	0,586	0,573
Berstwiderstand	kPa	281	287	257	281	277	266
Berst-Index	kPa*m²/g	2,36	2,41	2,16	2,40	2,35	2,20
Berstwiderstand bez. auf 120 g/m²	kPa	283	290	259	288	282	264
SCT	kN/m	2,46	2,69	2,44	2,37	2,40	2,35
SCT-Index	kN*m/g	0,021	0,023	0,020	0,020	0,020	0,019
SCT bez. auf 120 g/m²	kN/m	2,48	2,72	2,46	2,43	2,44	2,33
CMT	N	130	139	139	131	129	133
CMT bez. auf 120 g/m²	N	131	140	140	134	131	132
Scott Bond	J/m²	180	180	175	220	219	153
Scott bez. auf 120 g/m²	J/m²	182	182	176	226	223	152
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	11,7	7,2	7,6	13,6	11,3	12,7
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	9,2	6,9	7,3	12,0	8,6	10,0

APA - M8 *) - Mischprobe Warengruppe Textil - Zerkleinerung von 650 kg bei SCA Wittenhausen

5.7 Warengruppe SCHUHE - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften

Suspensionseigenschaften	Einheit	APA 12	APA 16	APA 17	APA 18	APA - M9
Stoffdichte (Pulperstoff)	%	4,66	3,70	4,83	5,01	4,34
SR-Wert	SR	54	54	55	40	53
mittl. Faserlänge längengew. L(l)c	mm	1,055	1,04	1,03	1,07	1,065
Feinstoff %	%	5,72	5,35			5,54
Kurzfaser %	%	62,88	63,93			62,48
Langfaser %	%	31,40	30,72			31,98
Asche 525 °C (Suspension)	%	13,89	12,28			14,20
Asche 900 °C (Suspension)	%	10,91	9,73			11,04
CSB-Fracht (Pulperstoff)	kg/t	44,3	61,5	20,4	23,1	53,9
WRV	%	151	150	150	143	151
Stippen B/H 0,7mm (Pulperstoff)	%	1,1	2,1	6,4	7,7	1,6

Festigkeitseigenschaften 80 g/m ²	Einheit	APA 12	APA 16	APA 17	APA 18	APA - M9
Flächenmasse	g/m ²	79,5	79,6	79,9	80,3	80,8
Dicke	mm	0,146	0,144	0,150	0,142	0,149
Rohdichte	g/cm ³	0,545	0,553	0,533	0,565	0,542
Reißlänge	m	3564	3529	3040	3410	3581
Dehnung	%	1,78	1,82	2,05	2,31	1,86
Bruchkraft	N	41,8	41,7	35,7	40,6	42,4
Tensile Index	Nm/g	35,0	34,6	29,9	33,7	35,1
TEA	J/m ²	35,1	36	34,6	44,4	37,3
E-Modul	GPa	2,85	2,93	2,00	2,21	2,72
Durchreißwiderstand Elmendorf	mN	538	557	530	538	481
Tear-Index	mN*m ² /g	6,77	7,00	6,63	6,70	5,95
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	10,3	9,5			10,2
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	8,1	7,6			8,0

Festigkeitseigenschaften 120 g/m ²	Einheit	APA 12	APA 16			APA - M9
Flächenmasse	g/m ²	120	121	119	120	121
Dicke	mm	0,204	0,203	0,207	0,196	0,206
Rohdichte	g/cm ³	0,588	0,596	0,575	0,612	0,587
Berstwiderstand	kPa	301	272	281	310	307
Berst-Index	kPa*m ² /g	2,51	2,25	2,25	2,57	2,54
Berstwiderstand bez. auf 120 g/m ²	kPa	301	270	283	310	304
SCT	kN/m	2,38	2,52	2,16	2,44	2,61
SCT-Index	kN*m/g	0,020	0,021	0,020	0,020	0,022
SCT bez. auf 120 g/m ²	kN/m	2,38	2,50	2,18	2,44	2,59
CMT	N	135	135	111	132	147
CMT bez. auf 120 g/m ²	N	135	134	112	132	146
Scott Bond	J/m ²	165	149	167	208	147
Scott bez. auf 120 g/m ²	J/m ²	165	148	168	208	146
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	11,0	9,9			11,0
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	8,7	7,9			8,7

5.8 Warengruppe FAHRRAD - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften

Suspensionseigenschaften	Einheit	APA 9	APA 10	APA 11
Stoffdichte (Pulperstoff)	%	5,30	4,32	5,36
SR-Wert	SR	52	47	45
mittl. Faserlänge längengew. L(l)c	mm	1,12	1,15	1,085
Feinstoff %	%	4,69	4,77	5,15
Kurzfaser %	%	61,09	59,55	59,84
Langfaser %	%	34,23	35,69	35,01
Asche 525 °C (Suspension)	%	11,61	11,42	12,07
Asche 900 °C (Suspension)	%	9,08	9,01	9,61
CSB-Fracht (Pulperstoff)	kg/t	45,3	47,3	37,5
WRV	%	155	151	146
Stippen B/H 0,7mm (Pulperstoff)	%	1,4	1,2	4,3

Festigkeitseigenschaften 80 g/m ²	Einheit	APA 9	APA 10	APA 11
Flächenmasse	g/m ²	81	80	80
Dicke	mm	0,144	0,14	0,139
Rohdichte	g/cm ³	0,563	0,574	0,576
Reißlänge	m	3657	3408	3529
Dehnung	%	1,78	1,65	1,9
Bruchkraft	N	43,4	40,4	41,8
Tensile Index	Nm/g	35,9	33,4	34,6
TEA	J/m ²	36,7	31,3	34,9
E-Modul	GPa	2,95	2,98	2,98
Durchreißwiderstand Elmendorf	mN	624	693	587
Tear-Index	mN*m ² /g	7,70	8,63	7,33
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	7,8	7,3	8,8
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	6,2	5,8	7,1

Festigkeitseigenschaften 120 g/m ²	Einheit	APA 9	APA 10	APA 11
Flächenmasse	g/m ²	121	121	121
Dicke	mm	0,200	0,198	0,200
Rohdichte	g/cm ³	0,605	0,611	0,605
Berstwiderstand	kPa	302	306	277
Berst-Index	kPa*m ² /g	2,50	2,53	2,29
Berstwiderstand bez. auf 120 g/m ²	kPa	300	303	275
SCT	kN/m	2,71	2,52	2,60
SCT-Index	kN*m/g	0,022	0,021	0,021
SCT bez. auf 120 g/m ²	kN/m	2,69	2,50	2,58
CMT	N	147	135	139
CMT bez. auf 120 g/m ²	N	146	134	138
Scott Bond	J/m ²	179	128	174
Scott bez. auf 120 g/m ²	J/m ²	178	127	173
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	8,5	7,9	9,3
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	6,7	6,2	7,5

5.9 Warengruppe ELEKTRO - Suspensions- und Festigkeitseigenschaften

Suspensionseigenschaften	Einheit	APA 6	APA 7	APA 8	APA - M11
Stoffdichte (Pulperstoff)	%	4,90	3,89	4,50	4,63
SR-Wert	SR	47	48	40	51
mittl. Faserlänge längengew. L(l)c	mm	1,26	1,115	1,02	1,135
Feinstoff %	%	4,61	5,37	4,60	5,17
Kurzfaser %	%	55,30	60,33	67,35	60,10
Langfaser %	%	40,10	34,31	28,06	34,73
Asche 525 °C (Suspension)	%	8,92	15,32	10,72	12,35
Asche 900 °C (Suspension)	%	7,25	11,93	8,59	9,59
CSB-Fracht (Pulperstoff)	kg/t	38,0	41,3	39,5	45,6
WRV	%	152	159	146	154
Stippen B/H 0,7mm (Pulperstoff)	%	2,5	1,9	4,6	4,4

Festigkeitseigenschaften 80 g/m ²	Einheit	APA 6	APA 7	APA 8	APA - M11
Flächenmasse	g/m ²	79	79	79	80
Dicke	mm	0,141	0,148	0,138	0,144
Rohdichte	g/cm ³	0,558	0,532	0,572	0,554
Reißlänge	m	3905	3512	4002	3593
Dehnung	%	1,98	1,89	1,89	1,92
Bruchkraft	N	45,3	40,9	46,6	42,5
Tensile Index	Nm/g	38,3	34,5	39,3	35,3
TEA	J/m ²	42,09	36,5	41,37	38,6
E-Modul	GPa	2,95	2,64	3,11	2,88
Durchreißwiderstand Elmendorf	mN	671	549	634	530
Tear-Index	mN*m ² /g	8,53	7,00	8,04	6,64
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	6,0	11,2	7,7	8,4
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	5,0	8,9	6,2	6,6

Festigkeitseigenschaften 120 g/m ²	Einheit	APA 6	APA 7	APA 8	APA - M11
Flächenmasse	g/m ²	118	118	119	120
Dicke	mm	0,198	0,199	0,195	0,201
Rohdichte	g/cm ³	0,596	0,593	0,610	0,597
Berstwiderstand	kPa	312	276	326	278
Berst-Index	kPa*m ² /g	2,64	2,34	2,74	2,32
Berstwiderstand bez. auf 120 g/m ²	kPa	317	280	329	278
SCT	kN/m	2,60	2,28	2,81	2,56
SCT-Index	kN*m/g	0,022	0,019	0,024	0,021
SCT bez. auf 120 g/m ²	kN/m	2,65	2,32	2,83	2,56
CMT	N	144	131	146	138
CMT bez. auf 120 g/m ²	N	146	133	147	138
Scott Bond	J/m ²	170	169	161	166
Scott bez. auf 120 g/m ²	J/m ²	173	171	163	166
Asche 525 °C (Prüfblatt)	%	6,5	12,0	8,3	9,0
Asche 900 °C (Prüfblatt)	%	5,4	9,6	6,7	7,0

5.10 Eigenschaftsvergleich der untersuchten Warengruppen

Suspensionseigenschaften	Einheit	TEXTIL	ELEKTRO	FAHRRAD	SCHUHE	MW Asien
SR-Wert	SR	49	47	48	53	48
Mittl. Faserlänge längengew. L(l)c	mm	1,00	1,13	1,12	1,07	1,08
Feinstoff	%	5,9	4,9	4,9	5,5	5,3
Kurzfaser	%	65,6	60,8	60,2	62,5	62,5
Langfaser	%	28,5	34,3	35,0	32,0	32,2
Asche 525 °C (Suspension)	%	14,3	11,8	11,7	14,2	12,9
Asche 525 °C (60 g/m ² -Papier)	%	10,1	7,9	7,4	9,6	8,6
Asche 525 °C (80 g/m ² -Papier)	%	10,7	8,3	7,9	10,2	9,3
Asche 525 °C (120 g/m ² -Papier)	%	11,7	8,9	8,5	11,0	10,0
Asche 900 °C (Suspension)	%	11,6	9,3	9,2	11,0	10,2
Asche 900 °C (60 g/m ² -Papier)	%	8,3	6,4	6,0	7,6	6,9
Asche 900 °C (80 g/m ² -Papier)	%	8,8	6,7	6,3	8,0	7,5
Asche 900 °C (120 g/m ² -Papier)	%	9,6	7,2	6,8	8,7	8,1
CSB-Fracht (Pulperstoff)	kg/t	53,3	41,1	43,4	53,9	46,4
WRV	%	153,2	153,0	150,4	150,8	152,8
Stippen B/H 0,7mm (Pulperstoff)	%	2,7	3,3	2,3	1,6	2,9

Festigkeitseigenschaften	Einheit	TEXTIL	ELEKTRO	FAHRRAD	SCHUHE	MW Asien
Tensile-Index	Nm/g	31,9	36,8	34,6	35,1	35,0
Dehnung	%	1,6	1,9	1,8	1,9	1,8
Reißlänge	m	3254	3753	3531	3581	3568
TEA	J/m ²	29,8	39,6	34,3	37,3	36,1
E-Modul	GPa	2,6	2,9	3,0	2,7	2,8
Tear-Index	mN*m ² /g	6,1	7,6	7,9	6,0	6,9
Bw-Index	kPa*m ² /g	2,36	2,51	2,44	2,54	2,46
Berstwiderstand bez. auf 120 g/m ²	kPa	283,1	301,2	292,8	304,5	295,4
SCT bez. auf 120 g/m ²	kN/m	2,48	2,59	2,59	2,59	2,55
CMT bez. auf 120 g/m ²	N	133	141	139	146	139
RCT bez. auf 120 g/m ²	kN/m	1,20	1,34	1,32	1,28	1,29
Scott bez. auf 120 g/m ²	J/m ²	190	168	159	146	173

5.11 Papierfremde Stoffe (Klebebänder, Etiketten, Metallklammern)

Proben	Herkunft	Waren-Gruppe	Masse lutro [kg]	Masse otro [kg]	Trocken abgetrennte papierfremde Stoffe		Pulperrejekt otro [kg]	TG Pulperrejekt	Pulperrejekt lutro [kg]	Papier- fremde Stoffe [%]
					Masse Kleb/Etik [kg]	Masse Metall [kg]				
APA 1	China	Textil	6,33	5,70	0,122					1,927
APA 2	Indien	Textil	6,89	6,20	0,224					3,249
APA 3	Indien	Textil	7,09	6,38	0,176					2,482
APA 4	Banglad.	Textil	6,33	5,70	0,152					2,400
APA 5	Hongkong	Textil	6,23	5,60	0,130	0,032				2,602
APA 6	China	Elektro	24,89	22,40	0,151	0,056				0,830
APA 7	China	Elektro	5,66	5,09	0,030	0,012	0,008	99,3%	0,008	0,875
APA 8-1	Asien	Elektro	19,15	17,24	0,248	0,038	0,014	95,2%	0,015	1,570
APA 8-2	China	Elektro	22,25	20,03			0,149	98,2%	0,152	0,682
APA 9	China	Fahrrad	22,40	20,16	0,121	0,027	0,001	100,0%	0,001	0,665
APA 10-1	China	Fahrrad	11,20	10,08	0,072	0,028				0,893
APA 10-2	China	Fahrrad	11,20	10,08			0,040	98,0%	0,041	0,363
APA 11	Taiwan	Fahrrad	11,20	10,08	0,065	0,000				0,580
APA 12	China	Schuhe	22,25	20,03			0,268	98,0%	0,273	1,228
APA 13	China	Schuhe	22,60	20,34					0,318	1,407
APA 14	Indien	Schuhe	16,80	15,12					0,147	0,876
APA 16	Vietnam	Schuhe	22,25	20,03			0,260	98,3%	0,264	1,189
APA 17	Banglad.	Schuhe	7,74	6,97				98,0%	0,065	0,840
APA 18	Vietnam	Schuhe	9,54	8,59				98,0%	0,111	1,164
APA - M9	Asien	Schuhe	22,25	20,03			0,284	96,9%	0,293	1,317
APA - M10	Thailand, Kambodscha, Indonesien	Schuhe	11,200						0,157	1,399

Mittlerer Trockengehalt der Proben 90%

5.12 Makrostickyflächen

Fläche pro kg [mm²/kgAltpapier]		Intervall [µm]								
Probenbezeichnung	Produktgruppe	100 bis 200	200 bis 400	400 bis 600	500 bis 1000	1000 bis 2000	2000 bis 3000	3000 bis 10000	10000 bis 20000	20000 bis 200000
APA 1	Textil	481	1319	1825	5173	10346	7978	31467	0	0
APA 2	Textil	425	1044	1260	2569	3358	1404	2799	0	0
APA 3	Textil	452	1175	1149	2670	6250	5088	2794	0	0
APA 4	Textil	386	969	1410	4754	8856	2680	1454	0	0
APA 5	Textil	558	1447	2048	4479	7616	3863	4857	0	0
APA M8*	Textil	425	837	1009	2007	2031	659	0	0	0
APA 6	Elektro	188	634	744	1372	1356	1164	955	0	0
APA 7	Elektro	204	497	833	1595	2587	1343	371	0	0
APA 8	Elektro	357	810	655	1803	3208	2280	1618	0	0
APA M11	Elektro	446	1084	1908	4543	13366	13324	10902	0	0
APA 9	Fahrrad	182	519	653	1541	1792	268	326	0	0
APA 10-1	Fahrrad	187	502	785	1273	1626	727	0	0	0
APA 10-2	Fahrrad	246	612	793	1384	1249	519	0	0	0
APA 11	Fahrrad	291	627	913	1554	2963	9151	8827	0	0
APA 12	Schuhe	440	1398	2208	4675	14061	8725	6081	0	0
APA 13	Schuhe	682	1933	3199	8614	14457	14724	4050	13367	0
APA 14-1	Schuhe	529	1829	2695	6916	13585	10766	10910	0	0
APA 14-2	Schuhe	709	2042	3299	8269	15396	13717	9347	0	0
APA 15	Schuhe	354	689	968	2158	6424	5104	3257	0	0
APA 16-1	Schuhe	299	705	861	2715	8404	8055	5638	0	0
APA 16-2	Schuhe	332	892	1543	2920	6416	5015	4412	0	0
APA M9	Schuhe	450	1298	1984	5582	15239	9760	3711	0	0
APA M10-1	Schuhe	714	1712	2096	3763	9396	8590	6815	0	0
APA M10-2	Schuhe	834	1872	2009	3937	9497	7397	14566	11296	0

	Durchschnittswerte	Standardabweichung	Durchschnittswerte	Standardabweichung
Asiatisches Altpapier	Fläche [mm²/kg]	Fläche [mm²/kg]	Fläche < 3.000 µm [mm²/kg]	Fläche < 3.000 µm [mm²/kg]
APA	26722	18367	20063	12425
Textil	23895		16666	
Elektro	17536		14075	
Fahrrad	9878		7589	
Schuhe	38830		29485	

5.13 Altpapiermuster in Asien gesammelt

Suspensionseigenschaften	Einheit	DOCC	WCL	AOCC 1	MOW	AOCC 2	AOCC/EOCC
SR-Wert	SR	47,5	47	28	57,5	27,5	36
Mittl. Faserlänge längengew. L(l)c	mm	1,12	0,85	1,44	0,84	1,39	1,33
Asche 525°C	%	16,4	30,3	7,5	22,1	8,0	11,5
Asche 900°C	%	12,9	19,0	6,0	16,2	6,2	8,9

Festigkeitseigenschaften 80 g/m ²	Einheit	DOCC	WCL	AOCC 1	MOW	AOCC 2	AOCC/EOCC
Flächenmasse	g/m ²	77,9	80,0	80,3	79,6	79,3	80,4
Bruchkraft	N	36,9	49,1	42,4	44,2	42,9	43,0
Bruchkraftindex	Nm/g	31,6	40,9	35,2	37,0	36,1	35,6
Reisslänge	km	3,2	4,15	3,6	3,8	3,7	3,65
Bruchdehnung	%	1,85	2,43	1,92	2,22	2,01	2,04
Arbeitsaufnahmevermögen	J/m ²	32,5	58,6	38,4	48,2	41,1	42,0
Elastizitäts - Modul	kN/mm ²	1,99	3,41	2,46	3,23	2,58	2,75

Festigkeitseigenschaften 120 g/m ²	Einheit	DOCC	WCL	AOCC 1	MOW	AOCC 2	AOCC/EOCC
Flächenmasse	g/m ²	118,0	117,9	118,3	120,4	118,2	119,2
Streifenstauchwiderstand	kN/m	2,35	2,85	2,50	2,89	2,61	2,57
Flachstauchwiderstand - CMT ₃₀	N	116	151	120	149	128	131
Ringstauchwiderstand (RCT)	kN/m	0,95	1,13	0,94	1,18	1,07	1,06

5.14 Phthalat-Gehalte in Wellpappenaltpapieren aus dem asiatischen Raum

Alle Angaben in mg/kg TS.

	APA 1	APA 2	APA 3	APA 4	APA 5	APA_Witz
Di-methyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-ethyl-Phthalat	< 1,0	7,8	4,3	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Benzylbenzoat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isobutyl-Phthalat	11,3	10,2	10,0	1,9	4,5	13,0
Di-n-butyl-Phthalat	8,2	13,5	19,6	3,6	3,3	12,3
Di-2-methoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isoheptyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-ethoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-pentyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-hexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Benzyl-butyl-Phthalat	1,0	1,1	1,3	< 1,0	1,0	1,0
2-ethylhexyl-hexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-2-butoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-2-ethyl-hexyl-Phthalat	26,1	23,5	24,6	21,7	21,3	28,2
Di-cyclohexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-octyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isononyl-Phthalat	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Di-isodecyl-Phthalat	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

Alle Angaben in mg/kg TS.

	APA 6	APA 7	APA 8	APA-M11	APA-M9	APA-M10_1
Di-methyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-ethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Benzylbenzoat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isobutyl-Phthalat	3,7	7,0	127,9	66,2	32,2	17,4
Di-n-butyl-Phthalat	3,8	6,1	8,9	4,1	3,5	5,2
Di-2-methoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isohexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-ethoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-pentyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-hexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Benzyl-butyl-Phthalat	1,7	1,6	1,8	1,0	1,3	1,1
2-ethylhexyl-hexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-2-butoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-2-ethyl-hexyl-Phthalat	14,5	20,0	19,7	20,1	11,8	12,2
Di-cyclohexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-octyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isononyl-Phthalat	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Di-isodecyl-Phthalat	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

Alle Angaben in mg/kg TS.

	APA-M10_2	APA-12	APA-13	APA-14_1	APA-14_2	APA-16
Di-methyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-ethyl-Phthalat	< 1,0	1,2	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,6
Benzylbenzoat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isobutyl-Phthalat	8,3	5,9	5,0	19,2	20,3	6,1
Di-n-butyl-Phthalat	6,9	4,9	4,3	3,8	8,2	3,4
Di-2-methoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isohexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-ethoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-pentyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-hexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Benzyl-butyl-Phthalat	1,2	1,5	1,0	1,0	1,1	1,2
2-ethylhexyl-hexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-2-butoxyethyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-2-ethyl-hexyl-Phthalat	13,6	18,1	15,3	12,5	14,5	17,4
Di-cyclohexyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-octyl-Phthalat	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Di-isononyl-Phthalat	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Di-isodecyl-Phthalat	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

5.15 Sichtung und manuelle Vorsortierung des Probenmaterials



5.16 Papierfremde Bestandteile



QUELLEN

[1] Meinel, G.: Senkung der Rohstoff-Einstandskosten durch angepasste Mischung von Faserstoffen ohne nachteilige Einflüsse auf Erzeugungsprozess und Produktqualität. Literaturquelle??

[2] N.N.: China: Technical Assistance for the Sustainable Development of the Non-wood Pulp and Paper Industry: Pulp Quality Comparison; Technical Report - Module 6; Savcor Indufor Oy, Helsinki: 2006, February 5,

[3] N.N.: Informationsbroschüre über Methoden, Erhebung und Aufbereitung sowie Veröffentlichung der Außenhandelsstatistik; © Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2009

[4] Kersten, A.; Hamm, U.; Öller, H.-J.: Abschlussbericht zum INFOR-Projekt 73 „Inhaltsstoffe im Altpapier-Neupapier-Kreislauf“, Darmstadt / München 2006, 60 S.