



Abschlußbericht zum Projekt:

Einführung eines Energie- und Stoffstrommanagementsystems bei der Firma Kappa Badenkarton in Gernsbach, Baden-Württemberg

Auftraggeber:

Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Hertzstraße 173
76181 Karlsruhe

Auftragnehmer:



GWU Beratungsgesellschaft für
wirtschaftliches Umweltschutzmanagement mbH

Birlenbacher Straße 18

- im Technologiezentrum -

57078 Siegen

Projektleiter: Herr Berndt Stürznickel

Siegen, 28.06.2001

Inhaltsverzeichnis

1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. RAHMENBEDINGUNGEN.....	12
2.1. ZIELSETZUNG DES FÖRDERPROJEKTES	12
2.1.1 Ziele der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)	12
2.1.2 Ziele der Kappa BADENKARTON.....	12
2.2. FIRMENPROFILE	13
2.2.1 Kappa BADENKARTON Board Mill.....	13
2.2.2 GWU mbH	17
2.2.3 AUDIT Deutschland GmbH	17
2.3. AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG.....	18
2.4. DEMONSTRATIONSCHARAKTER UND ÜBERTRAGBARKEIT	20
3. METHODE UND VORGEHENSWEISE	21
3.1. BESCHREIBUNG AUDIT	21
3.1.1 Das AUDIT - Base.....	21
3.1.2 Kosten und Erlöse	22
3.1.3 AUDIT SANKEY	24
3.1.4 AUDIT CHART	25
3.2. BESCHREIBUNG DER VORGEHENSWEISE.....	26
3.2.1 Der Weg zum betrieblichen Stoffstrommanagement.....	27
3.2.2 Stoffstrommanagement bei Kappa BADENKARTON.....	28

4. MATERIALBILANZ BRAUNWARE (GRU PIGMENTIERT 550 G/M²)	31
4.1. ERFASSUNGSRAHMEN.....	31
4.2. SOLL-DATENBESTANDSAUFNAHME	33
4.3. IST-DATENERMITTLUNG (MESSKAMPAGNE)	35
4.4. AUSWERTUNG.....	36
4.4.1 Ballengewichte	36
4.4.2 Papierfeuchte	39
4.4.3 Palettenleergewichte	40
4.4.4 Modellierung des Sollzustandes.....	41
4.4.5 Modellierung des Ist-Zustandes	43
4.4.6 Soll – Ist – Vergleich.....	45
4.4.7 Produktivitätskennzahlen	47
4.4.8 Materialeintrag im Vergleich SOLL- / IST- / SAP-Daten.....	47
4.5. ERGEBNISZUSAMMENFASSUNG DER MATERIALBILANZ BRAUNWARE	48
4.5.1 Altpapiereintrag und Rezepturen.....	48
4.5.2 Feuchte der eingetragenen Materialien.....	48
4.5.3 Palettenleergewicht	48
4.5.4 Randbeschnitt	48
4.5.5 Einhaltung von Rezepturen	49
5. MATERIALBILANZ WEIßWARE (GD2 500 - 550 G/M²)	50
5.1. SOLL-DATENBESTANDSAUFNAHME	50
5.2. IST-DATENERMITTLUNG (MESSKAMPAGNE)	52
5.3. AUSWERTUNG.....	54

5.3.1	Ballengewichte	54
5.3.2	Papierfeuchte	59
5.3.3	Palettenleergewichte	60
5.3.4	Modellierung des Sollzustandes.....	61
5.3.5	Modellierung des Ist-Zustandes	63
5.3.6	Produktivitätskennzahlen	66
5.3.7	Materialeintrag im Vergleich SOLL- / IST- / SAP-Daten.....	67
5.4.	WEITERE ERGEBNISSE	67
5.4.1	Stumpen	67
5.4.2	Verschmutzung eines geringerwertigen Rohstoffs.....	67
5.5.	ERGEBNISZUSAMMENFASSUNG DER MATERIALBILANZ WEIßWARE	69
5.5.1	Altpapiereintrag und Rezepturen.....	69
5.5.2	Feuchte der eingetragenen Materialien.....	69
5.5.3	Palettenleergewicht	69
5.5.4	Einhaltung von Rezepturen	69
5.5.5	Stumpen	70
5.5.6	Gemischtes Altpapier B12 und Grobrejekte	70
6.	ENERGIEVERBRAUCH	71
6.1.	BESCHREIBUNG DER IST-SITUATION	71
6.1.1	Einführung	71
6.1.2	Verbrauch an Energieträgern	72
6.1.3	Technische Einrichtungen zur Energiewandlung	74
6.2.	VORHANDENE DATEN UND UNTERLAGEN.....	78
6.2.1	Erdgasverbrauch	78

6.2.2	Betrieblicher Dampfverbrauch.....	79
6.2.3	Prozessluft mit Hallenbe- und -entlüftung	79
6.2.4	Stromverbrauch.....	80
6.2.5	Drucklufterzeugung	81
6.2.6	Bewertung der Datenlage.....	81
6.3.	IST-DATENERMITTLUNG (MESSKAMPAGNE)	82
6.3.1	Aufgaben des Messprogramms	82
6.3.2	Durchführung der Messungen und Messstellen.....	83
6.4.	AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE DER ENERGIEMESSUNGEN	87
6.4.1	Vorbemerkungen.....	87
6.4.2	Betrieblicher Dampfverbrauch.....	88
6.4.3	Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II.....	92
6.4.4	Elektrischer Energieverbrauch	93
6.4.5	Druckluftbereitstellung.....	94
6.5.	SCHWACHSTELLENANALYSE UND VERBESSERUNGSMABNAHMEN.....	95
6.5.1	Betrieblicher Dampfverbrauch.....	95
6.5.2	Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II.....	96
6.6.	ZUSAMMENFASSUNG DER WESENTLICHEN ERGEBNISSE.....	96
6.6.1	Betrieblicher Dampfverbrauch.....	96
6.6.2	Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II.....	96
6.6.3	Elektrischer Energieverbrauch	97
6.6.4	Druckluftbereitstellung.....	97
6.6.5	Gesamtes Einsparpotenzial	97
6.7.	EMPFEHLUNG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN	98

7. WASSERBILANZ	99
7.1. ERFASSUNGSRAHMEN.....	99
7.2. DATENBESTANDSAUFNAHME.....	100
7.2.1 Frischwasserbereitstellung / Frischwassernutzung	100
7.2.2 Schmutzwassersystem / Abwasserbehandlung	102
7.3. IST-DATENERMITTLUNG (MESSKAMPAGNE)	105
7.4. AUSWERTUNGEN UND ERGEBNISSE.....	106
7.4.1 Erstellung einer Wasserbilanz für das Jahr 1999	106
7.5. FRISCHWASSERSYSTEM UND FRISCHWASSERNUTZUNG	108
7.5.1 Frischwassernutzung nach Wasserkategorien.....	111
7.5.2 Zur Nutzung der einzelnen Wasserkategorien	113
7.6. FASER- UND FESTSTOFFVERLUSTE	117
7.7. VORSCHLÄGE ZUM WASSERMANAGEMENT BEI KAPPA BADENKARTON.....	121
7.7.1 Frischwassereinsparung	121
7.7.2 Entstoffung der Prozesswässer.....	122
7.7.3 Gegenstromwasserführung	123
7.7.4 Bewertung des Frischwassereinsatzes und der Kreislaufschaltung.....	124
8. GRUNDLAGEN DER UMWELTKOSTENRECHNUNG.....	127
8.1. AUFGABENSTELLUNG DER KLASSISCHEN KOSTENRECHNUNG	127
8.2. AUFGABENSTELLUNG VON UMWELTKOSTENRECHNUNGSSYSTEMEN.....	129
8.2.1 Ansatz der Umweltkostenrechnung.....	129
8.2.2 Definition von Umweltkosten	129
8.2.3 Verrechnungsschema einer Umweltkostenrechnung	130

8.3. WERTANSÄTZE INNERHALB EINER PROZESSORIENTIERTEN UMWELTKOSTENRECHNUNG ..	133
8.3.1 Kostenansätze für Energien und Material	133
8.3.2 Berücksichtigung der Kapazitätswirkung von Recycling	136
8.3.3 Berücksichtigung von Maschinenkostensätzen für einzelne Prozessstufen	137
8.4. KOSTENBEWERTUNG MIT EINER PROZESSORIENTIERTEN UMWELTKOSTENRECHNUNG BEI DER KAPPA BADENKARTON	138
8.5. MÖGLICHKEITEN EINES GEÄNDERTEN CONTROLLING DURCH EINE PROZESSORIENTIERTE UMWELTKOSTENRECHNUNG.....	140
9. AUSWIRKUNGEN DER IVU-RICHTLINIE – BEDEUTUNG DER BREF PULP & PAPER INDUSTRY	142
9.1. EINFÜHRUNG	142
9.2. DAS INTEGRIERTE KONZEPT ZUR VERMEIDUNG UND VERMINDERUNG VON UMWELTVERSCHMUTZUNGEN.....	142
9.3. BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN	143
9.4. DAS BEST AVAILABLE TECHNIQUE REFERENCE DOCUMENT PULP & PAPER INDUSTRY ...	144
9.5. EXEMPLARTISCHE ANFORDERUNGEN AN WASSERSYSTEME, ENERGIEEINSATZ UND ABFALLVERMEIDUNG	148
9.5.1 Anforderungen bezogen auf die Abwasservermeidung (Auszug)	148
9.5.2 Anforderungen an die Abfallvermeidung (Auszug).....	149
9.5.3 Anforderungen bezüglich Energie-Einsparungen (Auszug)	150
9.6. DIE ANFORDERUNGEN DER TA LUFT	150
9.6.1 Vergleich zwischen "neu" und "alt".....	150
9.6.2 Anforderungen für krebserzeugende Stoffe	152
9.6.3 Fazit.....	153
9.6.4 Beitrag des Stoffstrommanagements zur Umsetzung der Anforderungen der IVU-Richtlinie.....	155

10. FAZIT - VERBESSERUNGSPOTENTIALE UND -MAßNAHMEN156

1. Zusammenfassung

Als innovative Spezialkartonfabrik hat die Geschäftsleitung der Kappa BADENKARTON entschieden, sich der modernen Methode des Stoffstrommanagements zu bedienen, um das umweltbewusste Image und die exponierte Marktposition zu behaupten und auszubauen.

Um Potentiale für eine Effizienzsteigerung der Produktion (Ressourcenschonung, Abfallvermeidung, Vermeidung bzw. Reduzierung von Ausschuss, Schließung von Stoffkreisläufen) und eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit zu ermitteln, wurde bei Kappa BADENKARTON eine Stoff- und Energiestromanalyse durchgeführt.

Ausgangspunkt der Stoffstromanalyse stellte ein in der Gesamtbilanz des Jahres 1999 festgestelltes nennenswertes Massendefizit (Vergleich Inputmenge – Outputmenge) dar.

Bei der Materialbilanz wurde die Materialfeuchte nicht berücksichtigt, da von einem Ausgleich zwischen eingetragener Altpapier und Fertigware ausgegangen wurde. Die Analyse der Feuchtegehalte zeigte allerdings, dass die Altpapierfeuchte im Durchschnitt deutlich höher ausfällt als die Feuchte des fertigen Kartons. Nach Berücksichtigung der tatsächlichen Wassergehalte reduziert sich das Massendefizit auf etwa die Hälfte.

Die andere Hälfte konnte zurückgeführt werden auf: a) Fehlerfassung von Maschinen-ausschuss als Fertigware, b) Änderung der verschnittoptimierten Schneidepläne, die nicht an das SAP-System weitergegeben wurde, c) Verbuchung zurückgeführten Maschinen-ausschusses als neue Input-Menge, ohne die Bruttoproduktion um diese Menge zu reduzieren, d) fehlerhafte Verbuchung von Materialmengen bei Maschinenstörungen und e) fehlerhafte Kennzeichnung von Qualitätsausschuss.

Insgesamt konnte die Materialbilanz geschlossen werden.

Die Auswertungen der Messkampagnen für die beiden Hauptprodukte der Kappa BADENKARTON GD2 als Referenzprodukt für Weißware und GRU pigmentiert als Referenz für Braunware führte zu den folgenden Hauptergebnissen:

Zur Sicherung der Produktqualität ist die genaue Einhaltung der Rezepturen unabdingbar. Zur Sicherstellung des Materialeintrages reicht eine reine Ballenzählung nicht aus, da die Balleneinzelgewichte sehr unterschiedlich sind (bis zu 300 % Unterschied) und auch die Feuchten der Altpapierballen stark differieren (zwischen ca. 5 % und über 40 % Wassergehalt). Eine Wiegung der eingetragenen Materialmenge oder sortenreiner Eintrag in die Stoffaufbereitung ist erforderlich.

Außerdem bietet sich eine genaue Erfassung des Gewichtes der Paletten an, auf denen die Fertigware ausgeliefert wird. Während der Messkampagnen wurden durch Zugrundelegung zu geringer Palettenmassen in der Betriebsdatenerfassung mehrere hundert Kilogramm Fertigware ohne Verrechnung an Kunden ausgeliefert. Fehlendes Palettengewicht wurde durch Produktmasse ersetzt.

Des Weiteren treten in der Ausrüstung technisch bedingt Stumpfen auf, die auf Grund ihrer starken Krümmung nicht mehr geschnitten werden können. Wenn diese Stumpfen durch Verdickung der Tambourzylinder oder durch Führung des abgerollten Kartons über eine weitere Rolle entgegen seiner Biegung vermieden werden können - um die Krümmung der inneren Lagen zu reduzieren - kann die Produktivität erhöht werden.

Weiteres Einsparpotential liegt in der geeigneten Auswahl der Rohstoffe. Der Ersatz eines geringerwertigen Altpapiers mit relativ hohem Verschmutzungsgrad durch ein weniger verunreinigtes würde nicht nur die Entsorgungskosten deutlich reduzieren, sondern auch die um die Verluste bereinigten Materialkosten. Der im Altpapier enthaltene Schmutz wird wie der Rohstoff bezahlt. Zusätzlich wird der Aufwand für die Rohstoffaufbereitung vermindert.

Die Bedeutung von kapazitätsminderndem Randbeschnitt wird im Rahmen der prozessorientierten Umweltkostenrechnung deutlich. Durch verursachungsgerechte Zuordnung der Kosten zu den jeweiligen Zwischenprodukten, Produkten und Abfällen der einzelnen Prozessschritte wird die Sensibilität für deren Wert gesteigert, da die Wertschöpfung sofort in den spezifischen Kosten des Materials eingerechnet wurde. Die Vermeidung von kapazitätsminderndem Randbeschnitt wirkt sich durch die Steigerung der Produktivität unmittelbar auf die Gewinne des Unternehmens aus. Das zu realisierende Einsparpotential hängt davon ab, ob die Fertigungsbreite variiert werden kann (technische Möglichkeit) und von einer guten Abstimmung mit dem nachfolgenden optimierten Zuschnitt in der Ausrüstung.

Die Analyse des Energieverbrauches ergab beim Erdgas- und Dampfverbrauch erhebliches Einsparpotential.

Die Analyse der Wasserführung bei Kappa BADENKARTON ergab deutliche Senkungspotentiale für den Frischwassereinsatz. Durch Installation eines Kreislaufsystems für Kühlwasser sowie die Sammlung und Rückführung der Prozesswässer kann bei gleichzeitiger Entlastung der Abwasserreinigungsanlage ein erheblicher Anteil des aktuellen Frischwasserbedarfs eingespart werden.

Zur Integration des realisierten Stoffstrommanagements in die Betriebswirtschaft wurde am Beispiel der Produktion von GRU pigmentiert ein Ansatz der Umweltkostenrechnung angewendet. Innerhalb des Beispiels wurde gezeigt, dass durch den Ausweis der in den Kuppelprodukten (Abfälle, Recyclingströme) gebundenen Rohstoff- und Wertstoffpotentiale

größere Einsparpotentiale ausgewiesen werden konnten. Anhand der berechneten Beispiele wurde deutlich, dass der bei Kappa BADENKARTON realisierte Ansatz der Umweltkostenrechnung eine hervorragende Erweiterung des klassischen Controllings darstellt, da hierbei sofort nicht erschlossene Potentiale sichtbar werden.

2. Rahmenbedingungen

2.1. Zielsetzung des Förderprojektes

2.1.1 Ziele der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)

Unter dem Schlagwort „Mit uns hat Umwelt Zukunft“ hat sich die LfU seit 1975 von einem behördlichen „Messbetrieb“, der landesweite Umweltbeobachtungen durchführt, hin zu einem modernen Umweltdienstleistungsbetrieb entwickelt.

Mittels der Publikation von Arbeits- und Forschungsergebnisse aus praxisnahen Förderprojekten der Bereiche Boden, Wasser, Luft sowie zentraler Themen einer zukunftsorientierten Ökologie wird der Wissenstransfer zum Nutzen der Umwelt sichergestellt.

Da sich die Umweltpolitik immer mehr von der nachsorgenden zu einem versorgenden, integrierten Handel hin entwickelt, ist ein optimaler Umweltschutz nur zu erreichen, wenn die verschiedenen Aspekte des Umweltschutzes ganzheitlich betrachtet werden. Ein Schwerpunkt der Aufgaben der LfU liegt in der Analyse und Bewertung von innerbetrieblichen Stoffströmen mit dem Ziel der Vermeidung bzw. Verminderung von Luftschadstoffen, Abwasser und Abfällen sowie der Optimierung des Energieeinsatzes.

Dieser Themenkomplex wird in dem vorliegenden Projekt umfassend behandelt.

2.1.2 Ziele der Kappa BADENKARTON

Die Kappa BADENKARTON beschreibt ihre Vision mit den folgenden Worten (homepage Kappa BADENKARTON, Stand Juli 2001):

„Die Kappa BADENKARTON Board Mill wird in den nächsten Jahren die kostengünstigste Spezialkartonfabrik der Welt mit der höchsten Qualität und dem besten Service.

Echte Partnerschaften zu Kunden, Lieferanten, Nachbarn, Behörden und Anteilseignern garantieren optimale Wertschöpfung.

Dies stärkt nicht nur die Ertragskraft der Kappa BADENKARTON Board Mill, sondern schafft Synergien zum Nutzen der gesamten Kappa Packaging Gruppe“

Die Kappa Packaging Gruppe betrachtet sich als einen der effizientesten Hersteller von Well- und Vollpappe bei gleichzeitiger Einhaltung der geforderten Qualitäts- und Umweltstandards.

Darüber hinaus tragen die Altpapierwerke der Kappa Packaging Gruppe dazu bei, den Materialkreislauf dieser Branche in den meisten durch sie bedienten Märkte zu schließen. Die Strategie der Kappa Packaging Gruppe basiert auf Einhaltung von hohen Standards, Flexibilität und Leistungen der dezentral geführten Unternehmen. Die moderne Technologie und effiziente Organisationsstruktur sichern eine effektive Kommunikation und Austausch von „best practices“ innerhalb des weiter expandierenden europäischen Netzwerkes.

Um diese Marktstellung zu erhalten bzw. auszubauen, ist es für ein modernes Unternehmen wie die Kappa BADENKARTON selbstverständlich, moderne Methoden zu erkennen und in das unternehmerische Handeln zu integrieren.

Aus diesem Grunde hat die Unternehmensleitung der Kappa BADENKARTON den Entschluss gefasst, für die prozessbasierte Optimierung ihrer Kartonproduktion ein umfassendes und umweltbezogenes Prozesscontrolling mittels eines betrieblichen Energie- und Stoffstrommanagements einzurichten.

Dieses erfolgt im Rahmen des von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) geförderten Projektes „Einführung eines Energie- und Stoffstrommanagementsystems bei der Firma Kappa BADENKARTON in Gernsbach, Baden Württemberg“.

2.2. Firmenprofile

2.2.1 Kappa BADENKARTON Board Mill

Das Unternehmen, das im Jahr 2000 insgesamt ca. 180 Mitarbeiter beschäftigte, ist aus einer 1882 im Murgtal im Schwarzwald gegründeten Holzschleiferei und Pappenfabrik hervorgegangen. Heute ist die Kappa BADENKARTON ein Unternehmen der Kappa Packaging Group und somit ein Mitglied einer der größten europäischen Unternehmensgruppen der Verpackungsindustrie. Die Kappa BADENKARTON Board Mill im badischen Gernsbach erzeugt 2000 128.000 t verkaufsfähiges Produkt, von der ein Großteil in das europäische Ausland und nach Übersee geliefert wurde.

Die Kappa Badenkarton Board Mill gehört innerhalb der Kappa Packaging Group zur Paper & Board Division. Die Kappa Packaging Gruppe ist mit mittlerweile 17.000 Mitarbeitern und einem Umsatz von 3.096 Millionen € bei einem Gesamt-Produktionsvolumen von 5,675 Millionen Tonnen einer der größten europäischen Hersteller von Recyclingpapier und Verpackungsmaterialien.

Technische Ausrüstung der Kappa BADENKARTON

Kartonmaschine KM 2

Arbeitsbreite:	330 cm
Geschwindigkeiten:	140 bis 235 m/min
Flächengewichte:	350 bis 700 g/m ²
Nasspartie mit 2 Langsieben und 7 Rundsiebformern, Glättzylinder und 4 Streichwerke	
Vor- und Nachtrockenpartie mit 71 dampfbeheizten Trockenzylindern, 2 Kühlzylinder	
Leistungsaufnahme der KM	1,38 – 1,55 MW
Prozessdampfbedarf pro Stunde:	ca. 28 – 32 t
Umroller Varidur	330 cm
Querschneider Simplex Jagenberg	140 cm
Querschneider Jagenberg Duplex I	330 cm
Querschneider Jagenberg Duplex II	330 cm
Palettenpackstraße	
Chemisch-mechanische und biologische Abwasserreinigung	
Kombikraftwerk (Erdgas / leichtes Heizöl)	
2 Wasserturbinen	
1 Inhausfertigwarenlager	2.500 t Lagerkapazität
Altpapierlagerflächen	4.800 t Lagerkapazität

Produktspektrum der Kappa BADENKARTON

Die Kappa Badenkarton Board Mill Gernsbach erzeugt Spezialkartonqualitäten für:

- Verkaufsverpackungen
- Transportverpackungen
- Skin- und Blisterverpackungen
- Steigen
- Displays
- Automatenverpackungen

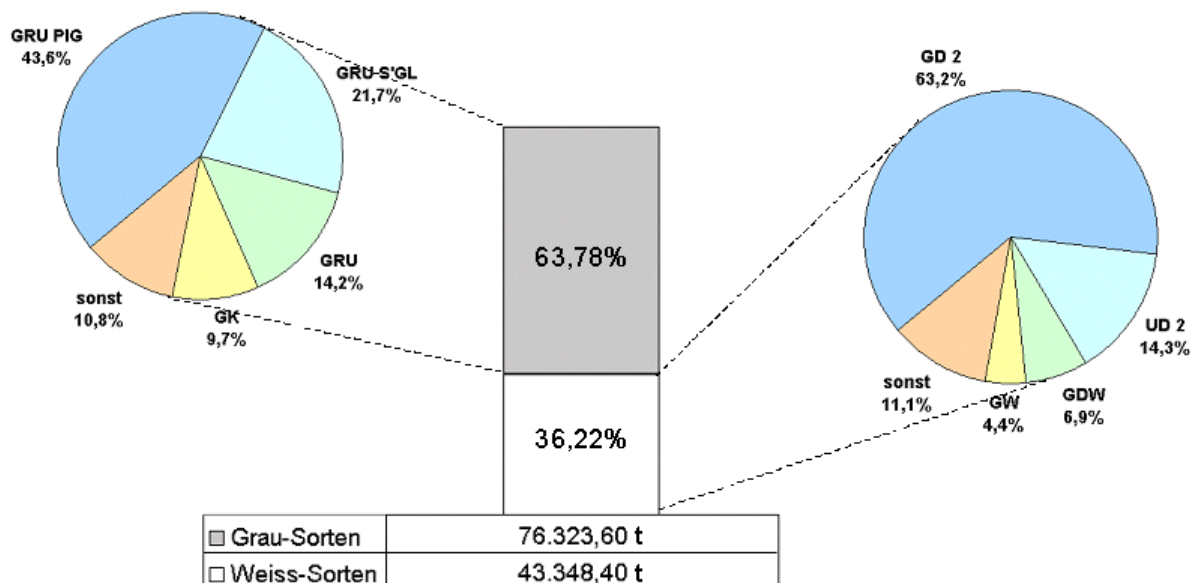
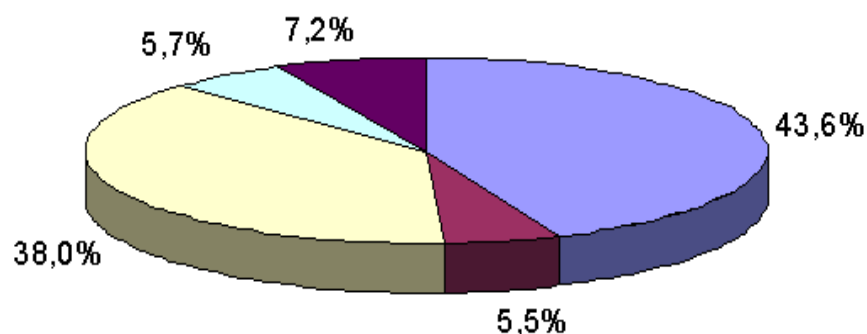


Bild 2.1: Anteile einzelner Sorten an der Gesamtproduktpalette der Kappa Badenkarton Board Mill – Daten aus 1999

Einordnung in der Branche

Die deutsche Papierindustrie konnte in 1999 eine Gesamterzeugung von 16,74 Millionen t bei einem Mitarbeiterstand von 45.300 Beschäftigten verzeichnen – die Sparte „*Papier, Karton und Pappe für Verpackungszwecke*“ hatte mit einer Produktionsmenge von insgesamt 6,37 Millionen t einen Anteil von 38% an der Gesamterzeugung dieser Branche. Das Untersegment „*Karton und Pappe*“ wiederum trug mit einer Netto-Erzeugung von 2,33 Millionen t ca. 37% zur Gesamtproduktion der Sparte bei. Die Produktionsmenge von ca. 120.000 t in 1999 der Kappa Badenkarton Board Mill entspricht damit etwa 5% der bundesweiten Erzeugung im Segment „*Karton und Pappe*“.



- Druck- und Pressepapiere
- Büro- und Administrationspapiere
- Papier, Karton und Pappe für Verpackungszwecke
- Hygiene-Papiere
- Papier und Pappe für technische und spezielle Verwendungszwecke

Bild 2.2 Anteile einzelner Sortengruppen an der Gesamtpapierproduktion in Deutschland im Jahr 1999

Die Papierindustrie der BRD setzte 1999 rund 4% mehr Altpapier ein, als im Jahr zuvor. Mit 10,3 Millionen t wurde erstmals die 10-Millionen-Grenze überschritten. Der prozentuale Anstieg lag über dem Zuwachs der Papierproduktion von knapp 3%. Die Altpapiereinsatzquote stieg infolgedessen von 60,8% in 1998 auf 61,2% in 1999 an. Der Altpapierverbrauch bezogen auf die erzeugte Produktionsmenge lag im Segment der Verpackungspapiere und –pappen im Durchschnitt bei 97% und im Segment der Kartonfabriken bei 87%. Das heißt, dass nahezu ausschließlich Altpapier als Rohstoff für die Karton –und Pappenherstellung eingesetzt wird. Die Zufuhr / Ergänzung von Frischfasern aus Zell- oder sonstigen Faserstoffen (Holzschliff etc.) bzw. der Einsatz von Hilfsmitteln / Hilfsstoffen spielt damit eine eher untergeordnete Rolle. Die Kappa Badenkarton Board Mill Gernsbach lag im Jahr 1999 mit einem Altpapiereinsatz von 92,5% (bezogen auf die Nettoerzeugung) deutlich über dem bundesdeutschen Durchschnitt für Kartonfabriken.

Die Kappa Badenkarton Board Mill ist im Segment der Verpackungspapiere und –pappen dem Untersegment Kartonherstellung zuzuordnen. Es kann vor dem Hintergrund einer für den Bereich der Kartonerzeugung als typisch anzusehenden Maschinenauslegung bzw. technischen Ausstattung mit einem GuD-Kraftwerk für die betriebliche Energieversorgung und einer nachgeschalteten mehrstufigen biologischen Kläranlage, davon ausgegangen werden, dass sich die in diesem Bericht beschriebenen Ergebnisse und Erkenntnisse auf



weitere Unternehmen im Bereich der Verpackungspapiere und –pappen (zumindest bezogen auf die aufgezeigten Tendenzen bzw. Einsparpotentiale) übertragen lassen.

2.2.2 GWU mbH

Die GWU – Beratungsgesellschaft für wirtschaftliches Umweltschutzmanagement mbH, Siegen (Auftragnehmer) wurde 1992 gegründet und beschäftigt in der Zwischenzeit vierzig Mitarbeiter, mehrere freie Berater sowie einen Rechtsanwalt als Berater. Die GWU gliedert sich in vier wesentliche Unternehmensbereiche:

- Beratung für Managementsystemen für den Umweltschutz, die Arbeitssicherheit, die Qualitätssicherung; Kundenstruktur vorwiegend KMU,
- Prozessberatung für die Bereiche Umweltschutz und Arbeitssicherheit im SAP-Umfeld; Kundenstruktur vorwiegend Großunternehmen und internationale Konzerne,
- Prozessberatung für die Bereiche Prozesscontrolling, Stoffstrommanagement und damit verbundene betriebswirtschaftliche Analysen; Kundenstruktur KMU, Großunternehmen und internationale Konzerne,
- Softwareentwicklung für die Bereiche betriebliche Umweltinformationssysteme (UBIS) und Gefahrstoffmanagementsysteme; Kundenstruktur UBIS vorwiegend Großunternehmen und internationale Konzerne, Kundenstruktur Gefahrstoffmanagement größere Handelsunternehmen.

2.2.3 AUDIT Deutschland GmbH

Die AUDIT Deutschland GmbH, Münster / Westfalen (Auftragnehmer der GWU mbH) wurde 2000 gegründet und beschäftigt zwei feste sowie mehrere freie Mitarbeiter. Sie bietet Dienstleistungen und Unternehmensberatung vornehmlich in den Bereichen Prozesscontrolling, Stoffstrom- und Umweltmanagement an. Die Kundenstruktur der AUDIT ist derzeit vorwiegend durch KMU und wissenschaftliche Institute geprägt. Zu den Geschäftsfeldern gehören der Aufbau, die Entwicklung, die Durchführung bzw. die Implementierung von:

- Umweltinformationssystemen, Umweltmanagementsystemen (gemäß ISO 14001 ff. , EMAS),
- Prozessanalysen, -simulationen und -controlling,
- Vermarktung und Vertrieb der AUDIT®-Software.

2.3. Aufgabenstellung und Zielsetzung

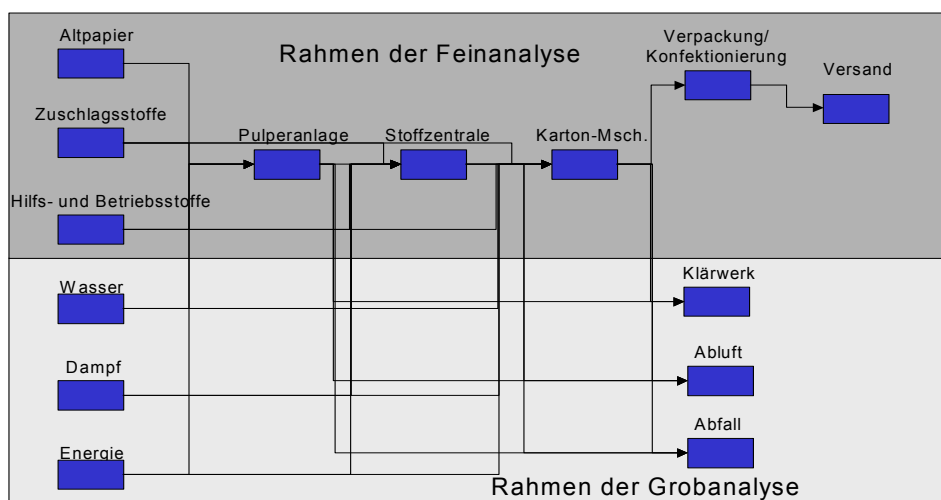
Grundlage einer jeder Entscheidung ist eine umfassende und aussagekräftige Datenbasis, die ohne moderne betriebswirtschaftliche DV-Systeme kaum zu verwalten ist. Es existieren in der Regel in allen Bereichen DV-Systeme, die z.B. den Einkauf oder die Materialwirtschaft unterstützen.

Die Arbeit mit dem Umweltcontrolling-Tool AUDIT nimmt in diesem Projekt eine wichtige Stellung ein: Die Erfassung, Bewertung und strukturierte Darstellung der gesammelten Daten kann auf diesem System umgesetzt werden; individuelle Auswertungen und dynamischen Betrachtungen zeigen an, wie im Unternehmen Material und Energie eingesetzt wird und welche Kosten dabei entstehen.

Im Projekt wird der in der unteren Abbildung schematisch dargestellte Produktionsablauf in einer Fein- und einer Grobanalyse untersucht. In der Grobanalyse werden insbesondere die infrastrukturellen Prozesse (z.B. Bereitstellung der Energie- und Wassermengen) nur in einer allgemeineren Sichtweise erhoben. So soll z.B. für das Kesselhaus keine detaillierte Prozess-erhebung erfolgen. Rückwirkungen aus diesen Prozessen werden in das Modell integriert.

Energie- und Stoffstrommanagement

Erfassungsrahmen des Projektes



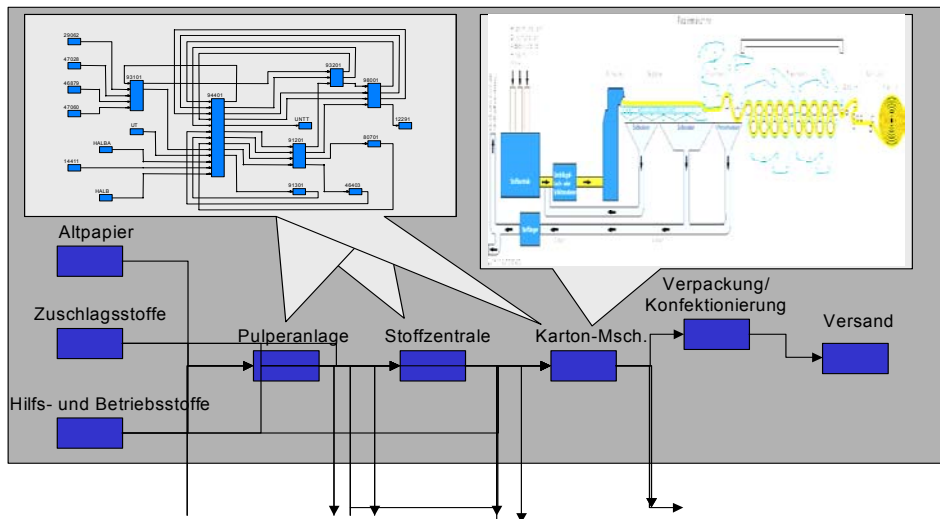
© GWU mbH

Bild 2.3: Erfassungsrahmen des Projektes

Innerhalb der Feinanalyse wird der Produktionsprozess inkl. der notwendigen Energie- und Stoffströme abgebildet. In diesem Schritt wird der betriebliche Ablauf in der für die Betrachtung notwendigen Detaillierungstiefe (z.B. Rezepturbasis) dargestellt.

Energie- und Stoffstrommanagement

Erfassungsrahmen der Feinanalyse



© GWU mbH

Bild 2.4: Erfassungsrahmen und Feinanalyse

Der Produktionsablauf wird auf der Basis der Hauptprodukte der Kappa BADENKARTON GD2 (Weißware) und GRU pigmentiert (Braunware) auf der Basis der Einzelrezepturen simuliert werden. Insbesondere bei der Simulation der Prozessabfolgen können Interdependenzen zwischen den Produkten im Produktionsprozess identifiziert werden.

Mit dem Projekt und durch den geplanten Einsatz der Software AUDIT wird für die Kappa Badenkarton folgender Nutzen generiert:

- Entwurf eines Modells zum Material- und Energieeinsatz und der entstehenden Kosten im Produktionsprozess und der verbundenen Infrastrukturprozesse,
- Identifizierung von Produktionsverbräuchen z.B. in Bezug auf
 - ◆ RHB
 - ◆ Energie
 - ◆ Wasser
 - ◆ Dampf,
- Identifizierung von Ort, Menge und Ursachen des Abfall- und Emissionsanfalls (z.B. Abwärme),
- Zuordnung der verbundenen Produktionskosten und
- Definition von Verbesserungsmaßnahmen, z.B.
 - ◆ Prozesssteuerung (z.B. Prozessablauf oder Infrastruktur),
 - ◆ Verbrauchssenkungen in den Bereichen Wasser, Energie und Dampf,
 - ◆ Beurteilung der Wirtschaftlichkeit.

2.4. Demonstrationscharakter und Übertragbarkeit

Die Kappa Badenkarton Board Mill Gernsbach ist als Hersteller von Karton innerhalb der Papierindustrie in das Segment der Verpackungspapiere und –pappen einzuordnen. Der Spartenbereich „*Papier, Karton und Pappe für Verpackungszwecke*“ wies 1998 insgesamt eine Erzeugung von 6,37 Millionen t Fertigware auf und hatte damit einen Anteil von 38% an der Gesamtproduktion der Papierindustrie.

Die bei Kappa Badenkarton vorhandene technische Ausrüstung mit einer großen Kartonmaschine, einer Konfektionierung mit mehreren Querschneidern sowie die Auslegung der Produktionsperipherie mit einem GuD-Kraftwerk und einer biologischen Kläranlage kann als repräsentativ für die Branche der Kartonagenhersteller angesehen werden.

Ebenso von den Leistungsdaten (mit einer Bruttoerzeugung von ca. 120-130 Tsd. T per anno) als auch von den allgemeinen spezifischen Kennzahlen (wie der Altpapiereinsatzquote, dem spezifischen Frischwasser- und Energiebedarf) her kann Kappa Badenkarton als ein typischer Unternehmen innerhalb Verpackungsmittelsparte der Papierindustrie angesehen werden.

Die Konfiguration des Maschinenparks, die kombinierte Bereitstellung von Prozessdampf und Elektroenergie über eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage sowie die Reinigung der belasteten Prozessabwässer über chemisch-physikalisch und nachgeschaltete biologische Klärstufen sind mittlerweile als Branchenstandard anzusehen. Die aufgezeigten Charakteristika (wie z.B. die CSB-Konzentration der Prozesswässer oder die Anteile einzelner Wassernutzungskategorien am Frischwasser-Gesamtbedarf) sind bei vielen Papierunternehmen in ähnlicher Weise vorzufinden und erlauben damit (immer vorausgesetzt natürlich, dass vergleichbare Technologien zum Einsatz kommen) eine direkte Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse zumindest für Prognosen oder Abschätzungen möglicher Einsparpotentiale.

Es ist von daher zu erwarten, dass sich die innerhalb der einzelnen Kapitel dieses Endberichts beschriebene Vorgehensweise und die erhaltenen Ergebnisse auf weitere vergleichbar gelagerte Unternehmen im Bereich der Verpackungspapiere und –pappen übertragen lassen. Als Einschränkung ist allerdings anzumerken, dass nicht die vorzufindenden Technologien oder Produktionsverfahren das entscheidende Kriterium für die erfolgreiche Übertragung der Projektergebnisse darstellen, sondern die dargelegte Methode des Stoff- und Energiestrommanagements, die ausgehend von einer detaillierten Feinanalyse mit Hilfe einer konsequenten und umfassenden Stoff- und Energieflussverfolgung erst die vorhandenen Einsparpotentiale offen legen kann.

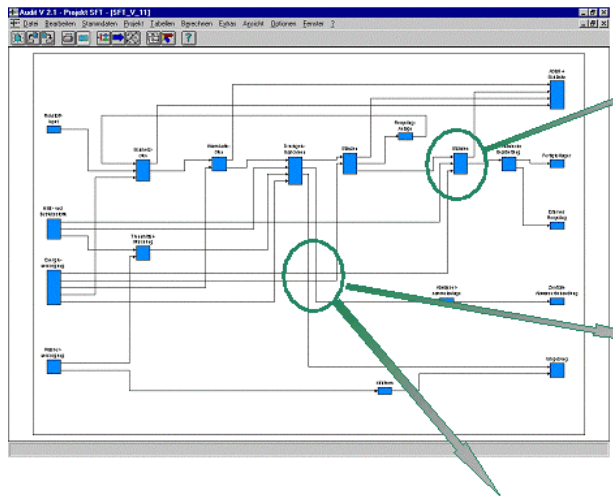
3. Methode und Vorgehensweise

3.1. Beschreibung AUDIT

AUDIT-PROFESSIONAL stellt nach Implementierung im Betrieb ein integriertes Management-Informationssystem in den Bereichen Controlling, Produktion und Umwelt dar. Auf Grundlage der Analyse und Visualisierung von Geschäfts- und Produktionsprozessen, werden Kostensenkungspotentiale aufgezeigt mit denen die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens erhöht werden kann. Die Software AUDIT-PROFESSIONAL ist modular aufgebaut und gliedert sich in die folgenden Komponenten:

3.1.1 Das AUDIT - Base

Die Modellerstellung (Knoten und Kanten - Modell) in AUDIT erfolgt durch Abbildung der Prozesskette der Produktion in Form eines Fließbildes mit dem sog. Fließbildeditor (AUDIT Base, siehe Bild 3.1). Durch die Verknüpfung von AUDIT- Anlagen (Knoten), welche je nach Betrachtungsebene, einzelnen Maschinen, Maschinengruppen, Betriebsbereichen oder ganzen Unternehmensteilen entsprechen können, mit Strömen (Kanten), auf denen Stoffe, Energien, Kosten, etc. fließen, wird sukzessive ein Modell vom Produktionsablauf bzw. Geschäftsprozesses generiert. Input- und Output-Anlagen stellen dabei fiktive Anlagen dar, an welchen Stoffe bzw. Energien oder Kosten in das bzw. aus dem System fließen (Systemgrenzen bzw. Quellen und Senken) wie z.B. Einkauf und Verkauf. Für einen bestimmten Betrachtungszeitraum (z.B. Monat) werden jeweils die gültigen Mengenwert (Flusswert) beaufschlagt. Quantitativ unbekannte Flusswerte (z.B. Stoffe A, B, C und D) konkreter Produktionsabläufe können durch bilanzieren mittels Prozessvorschriften (z.B. $2 A + 3 B \rightarrow 4 C + 1 D$) in den Anlagen berechnet werden und stehen so dem Anwender in weiteren Auswertungstools in der Software AUDIT zur Verfügung.



Anlagen :

- Maschine / Anlage
- Fertigungsschritt
- Prozesskette
- Betrieb / Abteilung

Ströme :

Alle relevante Material-, Energie- und Kostenflüsse

Stoffe :

Rohmaterialien, Vor- und Zwischenprodukte, Recyclingmaterialien, Produkte, Kuppelprodukte, Ausschuß, Hilfs- und Betriebsstoffe, Wasser, Energien, Abwasser, Abluft, Abfall (Reststoffe)

Bild 3.1: Fließbildeditor

3.1.2 Kosten und Erlöse

Im Modul AUDIT-Base wird die Möglichkeit bereitgestellt, für Ströme und Anlagen Kosten und Erlöse zu definieren. Dabei können zeitliche Abhängigkeiten sowie variable und fixe Kosten je Stofffluss (für Input- / Outputstoffe) oder Anlage vorgegeben werden.

Tabelle 3.1 enthält die Definitionsmöglichkeiten für Anlagenkosten bzw. –erlöse und Tabelle 3.2 die Definitionsmöglichkeiten für Stoffstromkosten und –erlöse.

Die berechneten Kosten und Erlöse stellen die monetäre Bewertung des Systems dar und bilden die Basis für die wirtschaftliche Bewertung von alternativen Szenarien.

Tabelle 3.1: Definitionsmöglichkeiten für Anlagenkosten bzw. –erlöse

Kosten	Erlöse
Investition	Sonstige Entgelte
Fixe Annuitäten	
Instandhaltung	
Fremdarbeit	
Lager	
Personal	
Betriebsstoffe	
Sonstige	

Tabelle 3.2: Definitionsmöglichkeiten für Stoffstromkosten bzw. -erlöse

Kosten	Erlöse
Rohstoffe	Produkt
Hilfsstoffe	Energie
Betriebsstoffe	Sonstige
Energie	
Entsorgung	
Sonstige	

3.1.3 AUDIT SANKEY

AUDIT-Sankey dient als Visualisierungsinstrument, das auf der Basis von Sankey-Diagrammen arbeitet. Eingabeflusswerte, Bilanzergebnisse, Kosten und Erlöse werden in speziellen Fließbildern (sog. Sankeys) dargestellt, wobei die Breite der Ströme bzw. die Größe der Anlagen proportional zu ihren zugeordneten Werten abgebildet werden.

In der Sankey-Darstellung wird ein Strom in seinen verschiedenen Stoffströmen angezeigt. Die einzelnen Stoffströme werden farbig voneinander unterschieden und bilden (meist parallel verlaufend) den gesamten Strom.

Durch spezielle Filtermöglichkeiten können Stoffgruppen (z.B. Reststoffe / Abfallstoffe) einzeln betrachtet werden, um diese detaillierter analysieren zu können. Durch die Möglichkeit, die Stoff- und Energieströme automatisch als Zahlenwerte mit den entsprechenden Einheiten (kg, kWh, €,...) darzustellen, können spezifische Angaben zu einzelnen Prozessen abgefragt werden. In Bild 3.2 ist beispielhaft ein Sankey-Diagramm dargestellt.

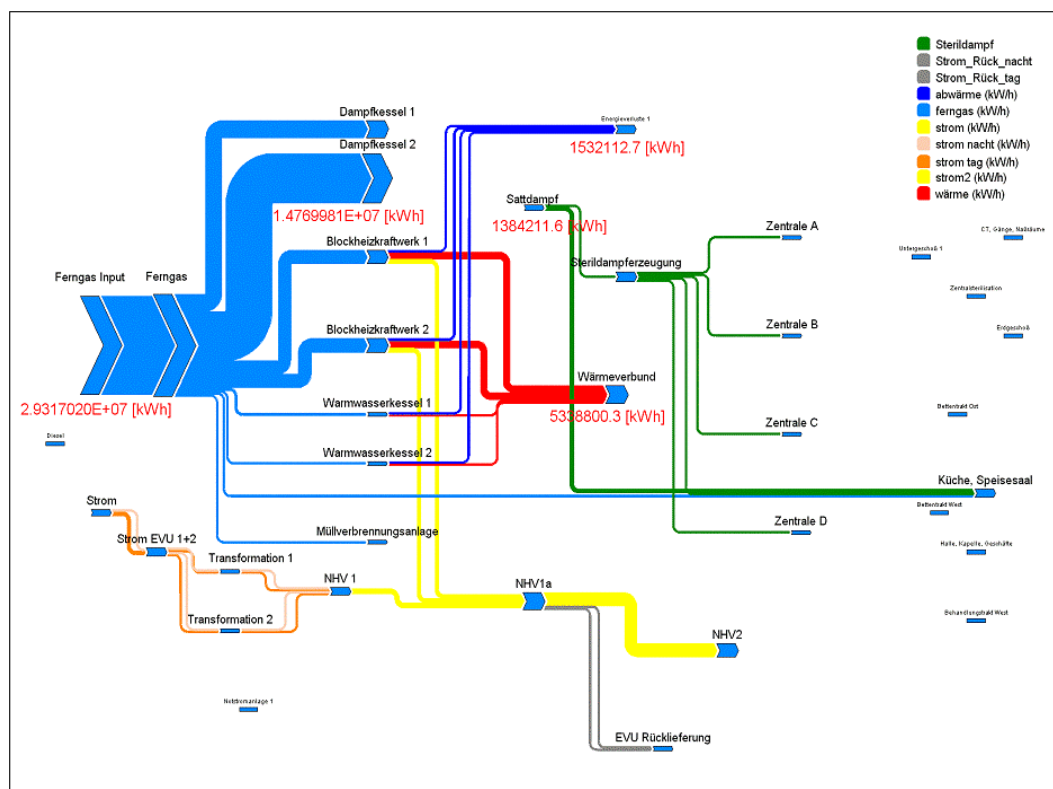


Bild 3.2: Sankey-Diagramm

Auf diese Weise werden im Rahmen von Prozessvariantenanalysen qualitative und quantitative Auswirkungen von Prozessumstellungen (z.B. Substitution eines teureren Rohstoffes durch Recyclingmaterial) einfach nachvollziehbar (Simulation).

3.1.4 AUDIT CHART

AUDIT-Chart ist ein vielseitiges Auswerte-Tool, welches es ermöglicht, sämtliche AUDIT-Daten tabellarisch darzustellen und zusammenzufassen, durch Wertkombinationen individuelle Kennzahlen (wie z.B. Wasserverbrauch pro erzeugte Tonne Rohpapier) zu errechnen sowie verschiedenste Datenreihen als Linien-, Torten- oder Balkendiagramme abzubilden.

Bei Änderungen in der Datenbasis (unterschiedlichen Simulationsdurchläufe, neue Quartalsabrechnungen etc.) sind die Bilanzen, die Grundlage der Berechnungen, automatisch aktualisierbar.

Auf Basis dieser Ergebnisse werden Trendanalysen vorgenommen und Benchmarks durchgeführt.

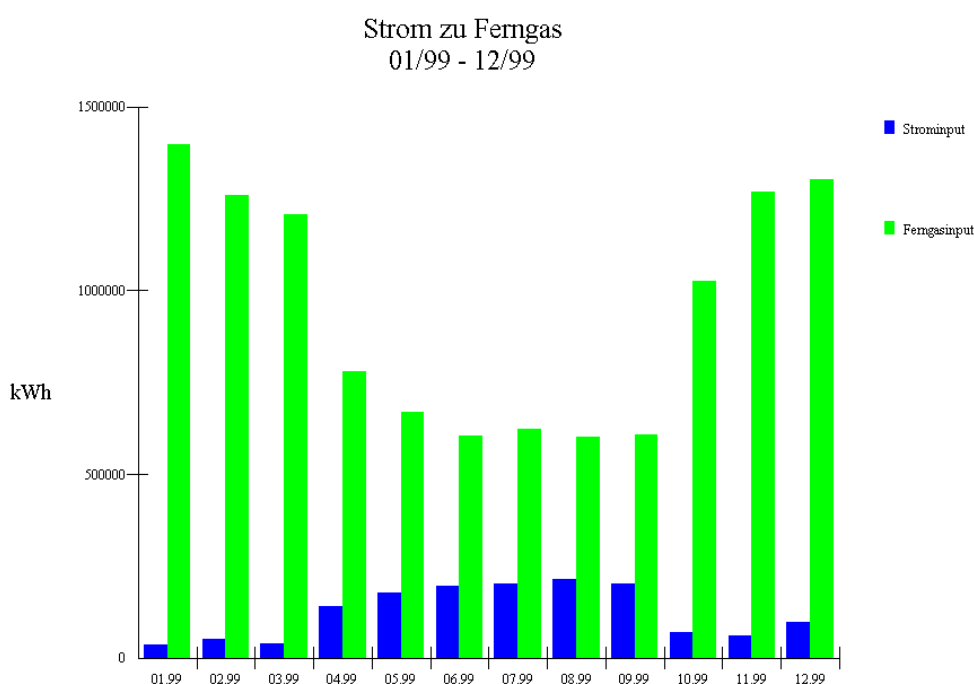


Bild 3.3: Auswertungsbeispiel mit AUDIT-CHART

Der Inhalt der Kennzahlen kann betriebswirtschaftlich (z.B. Kosten/Produkt) orientiert sein, und sowohl ökologisch relevante Vorgänge (z.B. Reststoffmenge/Rohstoffmenge) als auch Daten des Prozesscontrollings (Bruttoerzeugung, Energieverbrauch) widerspiegeln.

Diese generierten Kennzahlen können anschließend in Grafik-Charts angezeigt werden, um so zeitliche Veränderungen darstellen zu können (siehe Bild 3.3 und Bild 3.4).

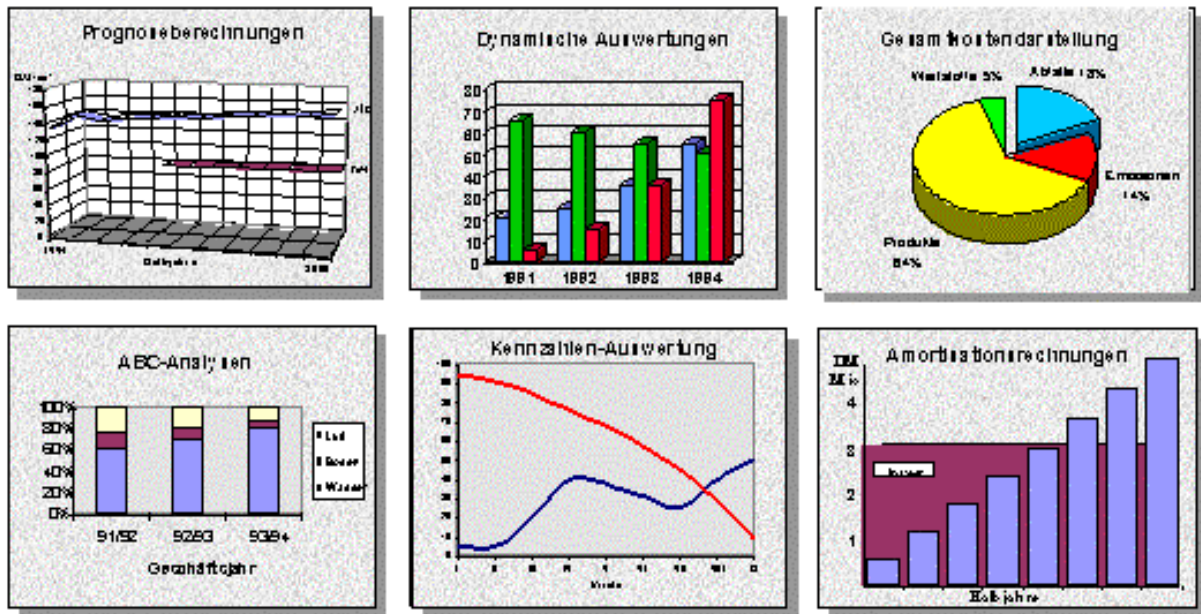


Bild 3.4: Kennzahlendarstellung in Grafik-Charts

3.2. Beschreibung der Vorgehensweise

Über die Abbildung, Verfolgung, Bilanzierung und Bewertung der betrieblichen Stoff- und Energieströme in einem AUDIT-Modell wird eine neue Qualität der Prozesstransparenz erreicht, die die entscheidungsrelevanten Mengen- und Kosten-Informationen umfasst. Über die vielfältigen Simulations- und Auswertemöglichkeiten können z.B. Re-Engineering-Massnahmen direkt analysiert und vorbereitet werden. Das in AUDIT Professional implementierte Visualisierungstool SANKEY bietet den Vorteil auch komplexe Abläufe und Zusammenhänge direkt sichtbar und damit steuerbar zu machen.

Durch Integration in die Betriebs-EDV (wie z.B.: MS-Access, MS-Excel) und Prozessleittechnik mittels Datenanbindung wird AUDIT-PROFESSIONAL zu einem umfassenden Managementinformationssystem (MIS). Der Vorteil besteht in der direkten und somit verlustfreien Verknüpfung von AUDIT-Professional mit bereits gepflegten Datensystemen. Einmal dem AUDIT-Modell zugeordnet, können die Daten aus der Betriebs-EDV in beliebigen Zeitabständen ausgelesen werden. Damit ist immer der aktuelle Stand im AUDIT-Modell garantiert und wichtige Entscheidungen bzw. Controllingaufgaben (Produktkostenkalkulationen, Verfolgung von Material- und Energieverbräuchen Auswirkungen von Prozessänderungen etc.) können so sehr schnell getroffen bzw. erledigt werden.

3.2.1 Der Weg zum betrieblichen Stoffstrommanagement

Beim betrieblichen Stoffstrommanagement kann ein Verfahren, ein Produkt, eine Produktionslinie, eine Betriebsstätte oder eine ganze Unternehmung Inhalt der Betrachtungen sein. Dabei werden die relevanten Prozesse und ihre Verkettungen in den Fokus gestellt, wobei nach Möglichkeit alle ökologischen und ökonomischen Wirkungsfaktoren und Vernetzungen zu erfassen sind. Die bereichs- und schnittstellenübergreifende Abbildung aller, für die zielorientierte Bearbeitung relevanten Stoff- und Energieströme, welche einerseits die Abhängigkeit der Einzelprozesse untereinander berücksichtigt und andererseits eine Gesamtbetrachtung der an der Wertschöpfungskette beteiligten Prozesse ermöglicht, ist daher Voraussetzung für ein erfolgreiches Stoffstrommanagement.

Vor der Durchführung von Modellierungen oder Bilanzierungen ist es sehr wichtig, den zu betrachtenden Prozess räumlich, zeitlich und inhaltlich exakt zu definieren und dabei eine genaue Abgrenzung gegenüber vor-, nachgelagerten sowie parallel geschalteten Prozessen zu treffen. Die Festlegung von Schnittstellen und Prozessgrenzen vermeidet spätere Ungenauigkeiten, erleichtert die Nachvollziehbarkeit der Berechnungen und ermöglicht z.B. direkte Zeitreihenvergleiche.

Die Grundstruktur von Energie- und Stoffflussmodellen ergibt sich aus der Erhebung und Analyse der Prozesse, die die Stoff- und Energieflüsse direkt beeinflussen. Der Produktions- oder Dienstleistungsprozess muss so abgebildet werden, dass er den Realprozess inklusive aller beeinflussenden Rahmenbedingungen wiedergibt und bei der Simulation von z.B. Verfahrensalternativen korrekte Werte bzw. Prognosen der zu erwartenden Auswirkungen (Effizienzänderungen, Kostensituation, Material- und Energiebedarf, Umweltbe- oder -entlastungen etc.) bereitgestellt werden.

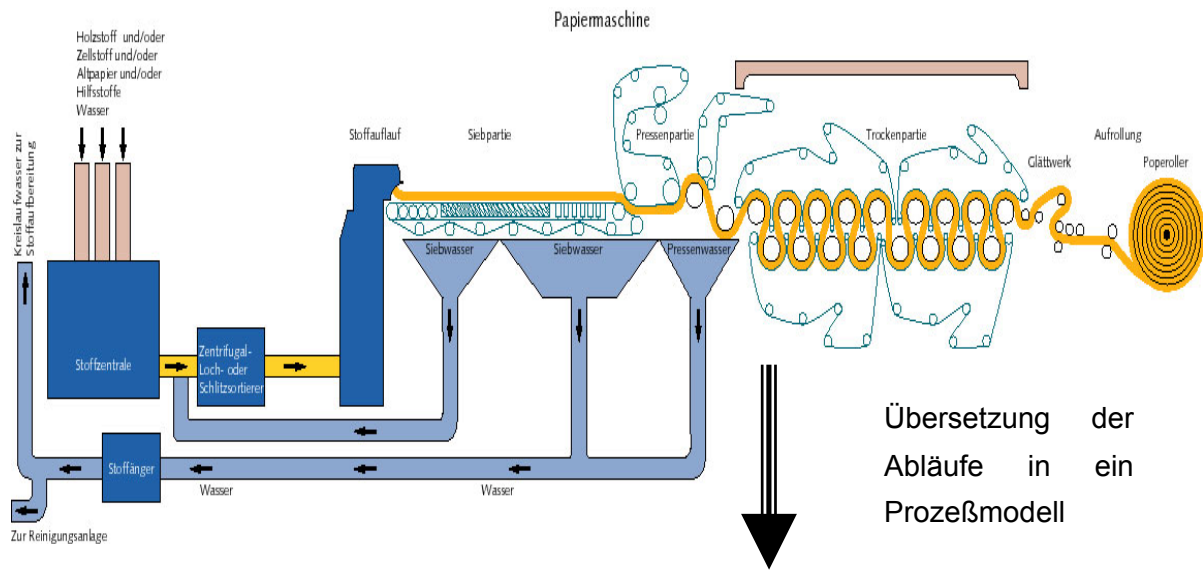
Die hier zum Tragen kommende mengen- / wertmäßige Erfassung und Bewertung der relevanten Stoff- und Energieströme versetzt ein Unternehmen in die Lage, prozess- und produktbezogene Optimierungspotentiale zu erkennen und nachfolgend zu nutzen. Ein großer Vorteil eines so aufgebauten Stoffstrommanagement-Systems liegt in der jederzeit verfügbaren Möglichkeit, z.B. im Vorfeld von Investitionsentscheidungen oder bei Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen über die Berücksichtigung unterschiedlicher Betriebszustände oder die Simulation von Prozess- oder Verfahrensalternativen sehr schnell aussagefähige Informationen für die unternehmerische Entscheidungsfindung zur Verfügung stellen zu können.

Die Einzelschritte zur konkreten Umsetzung eines betrieblichen Stoffstromansatzes können wie folgt beschrieben werden:

- Definition der Zielstellung - Festlegung der System-/Bilanzgrenzen
- Analyse der technischen, informellen, organisatorischen und infrastrukturellen Gegebenheiten
- Ermittlung des Datenbedarfs – Datensammlung, -aufbereitung und -validierung
- Erarbeitung von realitätsgetreuen Stoff- und Energieflussmodellen
- EDV-technische Datenanbindung – Zuordnung der ökonomischen und ökologischen Daten zu den Prozess-Stufen im Modell (Datenintegration)
- Stoffstrom- / Prozessbilanzierung nach Menge und Wert
- Integrierte Bewertung (Kennzahlen, Verluste, Schwachstellen) der maßgeblichen technischen, ökonomischen und ökologischen Parameter
- Ableitung von Optimierungspotentialen / Definition von gewünschten Sollzuständen / Erarbeitung von Prozessalternativen etc.
- Konzeption eines zielorientierten Maßnahmenkataloges / Prüfung der Umsetzbarkeit / Festlegung und Priorisierung von Re-Engineeringmaßnahmen bzw. Prozessoptimierungen
- Umsetzung und Validierung der Maßnahmen (erneute Bilanzierung und Bewertung) über Erfolgskontrollen

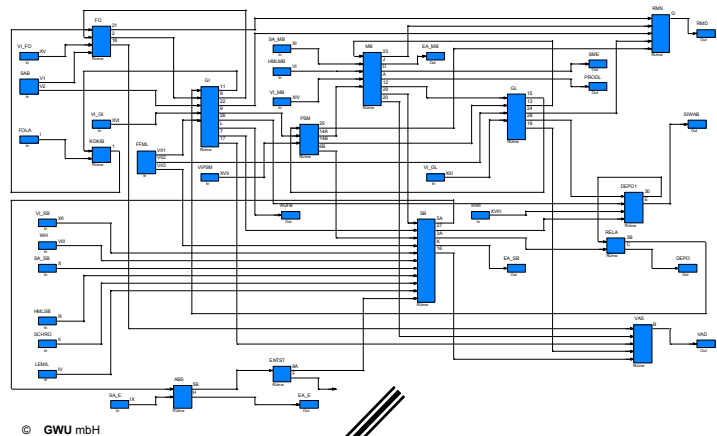
3.2.2 Stoffstrommanagement bei Kappa BADENKARTON

Durch eine Betriebsbegehung und die daran anschließende Datenakquisition werden die durch den Produktionsprozess initiierten Energie- und Stoffströme aufgenommen. In einem zweiten Schritt werden die identifizierten Energie- und Stoffströme in die Simulationssoftware AUDIT überführt und durch eine Massen- und Energiebilanzierung verifiziert. Auf dieser Basis können Schwachstellen erkannt und Optimierungsmaßnahmen durch Modellanpassungen simuliert und ausgewertet werden.

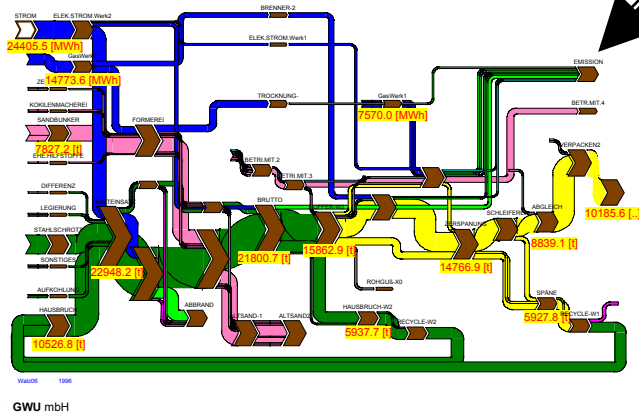


Prozeßmodellierungen und Bilanzverifikationen

Energie- und Stoffstrombilanz aufstellen und verifizieren



Prozeßvisualisierung, z. B. in Sankeydiagrammen



Prozessvisualisierung und -untersuchung z.B. mit der Unterstützung von Sankey-Diagrammen

Bild 3.5: Modellierung des Produktionsprozesses

Die Basis des Projektes stellt eine gründliche Bestandsaufnahme der betrieblichen Abläufe und der vorhandenen Informationsquellen dar. Die relevanten Daten werden in unterschiedlicher Form und Software in den verschiedensten Quellen des Unternehmens erfasst und gepflegt. Für die verschiedenen Bilanzen, Auswertungen und Simulationen sind diese Informationen in geeigneter Form bereitgestellt bzw. aufgenommen worden.

Der gesamte Projektablauf kann in einzelne Stufen unterteilt werden. Nach der Festlegung des Erfassungsrahmens, in dem die Analyseschwerpunkte festgelegt und die Erfassungstiefe an die Anforderungen der Kappa BADENKARTON angepasst wurden, konnten die für die Projektdurchführung notwendigen Daten und Informationen erhoben werden. Die Informationen wurden gezielt nach Bedarf abgefragt. Nach Analyse und Beurteilung der erhobenen Daten und Informationsquellen wurde in Workshops gemeinsam durch die Projektpartner eine Strategie zur Erhebung ergänzender bzw. fehlender Daten entwickelt. Zur Sammlung der Daten wurden Messkampagnen entsprechend der verschiedenen Analyseschwerpunkte durchgeführt. Die erhobene Anlagenstruktur wurde im Simulationstool AUDIT abgebildet und anschließend die erhobenen Soll- und Ist-Daten in das Modell eingepflegt, um daraus vollständige Material- und Energiebilanzen für Kappa BADENKARTON zu erstellen. Schwachstellen in der Datengrundlage wurden am Modell sichtbar und konnten nach ergänzender Erhebung in den Modellen aktualisiert werden.

Zusätzlich wurden in den Modellen Kostendaten hinterlegt, die eine ökonomisch (monetäre) Bewertung der Bilanzergebnisse erlaubte. Auf der Basis der Simulation von Varianten wurden Schwachstellen ermittelt und analysiert sowie darauf aufbauend Verbesserungsvorschläge erarbeitet.

Ergänzend zur klassischen Methode der Kostenrechnung werden die Grundzüge der Umweltkostenrechnung am Beispiel der Kartonproduktion bei Kappa BADENKARTON dargestellt, um neben den externen Kosten z.B. für die Entsorgung von Abfall auch die internen Kosten, also die Wertschöpfung die in dem verworfenen Material gebunden ist, zu berücksichtigen. Damit wird die Sensibilität im Unternehmen für den Wert von Neben- und Kuppelprodukten erhöht, da diese den Wertschöpfungsprozess genauso wie die Zwischenprodukte bzw. die Fertigware durchlaufen haben.

Das Projekt wird begleitet durch mehrere Workshops zur Ergebnisdarstellung sowie die Dokumentation der Ergebnisse.

4. Materialbilanz Braunware (GRU pigmentiert 550 g/m²)

4.1. Erfassungsrahmen

Zu Beginn des Projektes wurden von der Firma Kappa Baden Karton aus unterschiedlichen Datenquellen die Roh- und Hilfsstoffstoffeinträge (Materialbilanz SAP 1999), die Abfallmengen (Abfallbeauftragter von Kappa) und die Mengen, die mit der Abwasserreinigungsanlage (ARA) ausgetauscht werden (Abwasserreinigungsanlage), bereitgestellt.

Diese Daten dienen zur ersten Analyse der Kartonproduktion. Zur Überprüfung der Massenbilanz wurden diese Daten in AUDIT eingepflegt und eine erste Bilanzierung durchgeführt.

Tabelle 4.1 zeigt den schematischen Aufbau der Input-Output-Bilanz für Kappa BADENKARTON auf. Bild 4.1 zeigt das zugehörige Massen-Sankey-Diagramm.

Tabelle 4.1: Massenbilanzergebnis für das Jahr 1999

Input [Tsd. t]		Output [Tsd. t]	
Altpapiereintrag		Karton an Converting	
Ausschuss		Externer Verkauf	
Hilfsstoffe		Abfall	
Summe Input		Summe Output	
Differenz Summe Output – Summe Input [%]			> 3 %

Die Massenbilanz weist für 1999 ein Massendefizit von über 3 % auf. Das heißt, mehr als 3 % des Roh- und Hilfsstoffeintrages gelangen scheinbar während der Produktion nicht in die Fertigware.

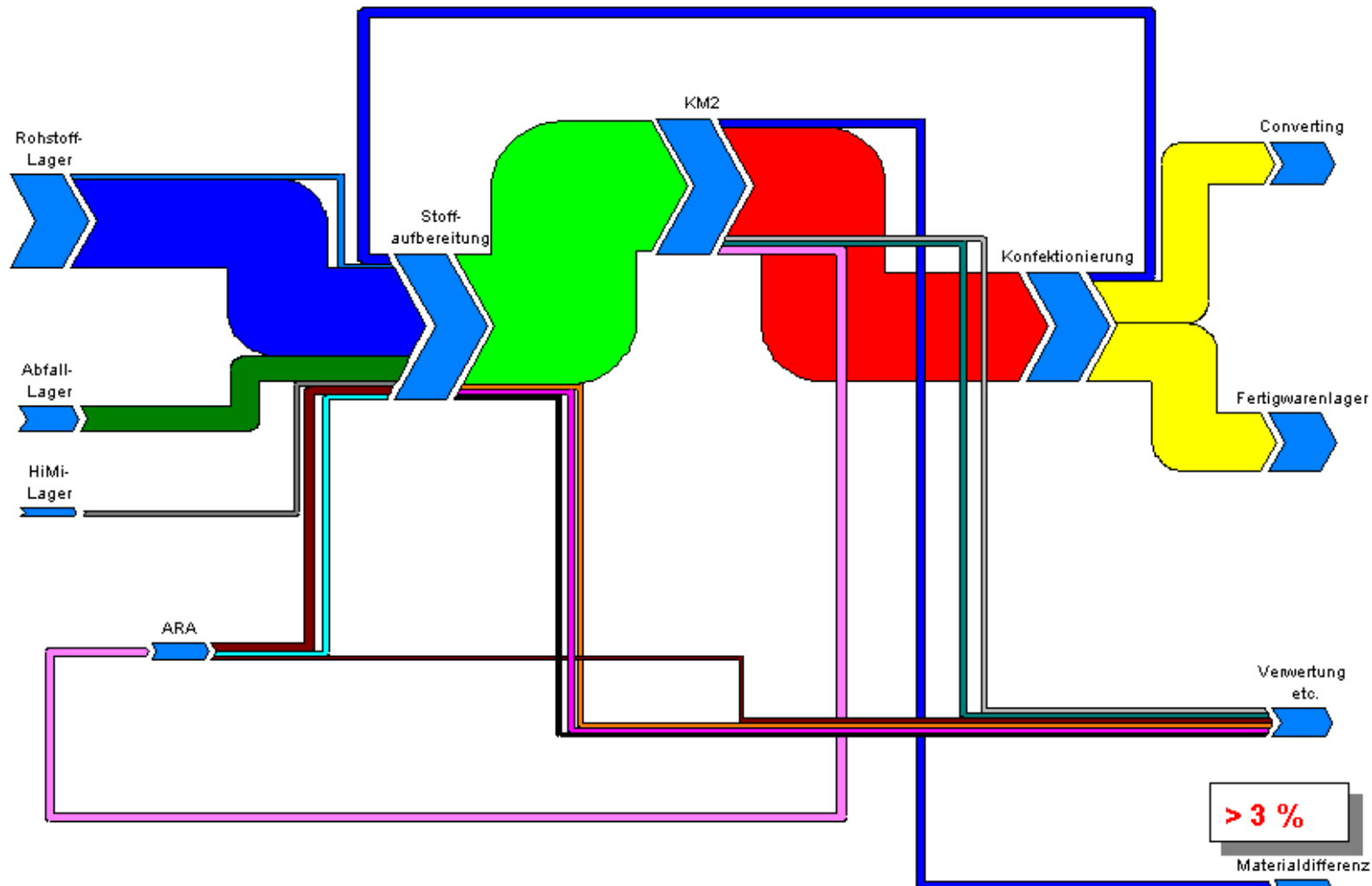


Bild 4.1: Massenbilanz um die gesamte Produktionsanlage Prognose für das Jahr 1999 (Stand Oktober 1999)

Da die Qualität der zur Verfügung gestellten Daten nicht ausreichte, um eine tiefere Analyse der Materialbilanz durchzuführen und um insbesondere den scheinbaren Materialverlust zu erklären, mussten detaillierte Messreihen sämtlicher Materialströme für die wesentlichen Produkte aus dem Spektrum von Kappa Baden Karton durchgeführt werden.

4.2. Soll-Datenbestandsaufnahme

Als Grundlage für die Modellierung der Kartonproduktion dienten die Verfahrensablaufpläne der Firma Kappa BADENKARTON. Im Rahmen des Workshops „Materialbilanz“ am 12./13. Februar 2001 wurden diese überarbeitet, um den aktuellen Ablauf in die Modelle zu integrieren. Auf dieser Basis wurde das Grundschemata für die Modellierung mit der Software AUDIT erstellt.

Bei der Erstellung der Materialbilanz sind die unterschiedlichen Feuchtegehalte der Roh- und Hilfsstoffe sowie der Zwischen- und Fertigprodukte zu berücksichtigen. Um den Einfluss von Dichten, Wirkstoffkonzentrationen und Feststoffgehalten zu eliminieren, wurde die Materialbilanz wasserfrei (ofentrockene (otro) Materialien) durchgeführt. Das heißt, die einzelnen Materialfeuchten wurden bestimmt und von den Bruttomaterialgewichten abgezogen. Die Analyse des Wasserkreislaufes wurde gesondert durchgeführt (siehe Kapitel 7).

Als Datenbasis für die Modellierung der Sollproduktion dienten die von der Firma Kappa Badenkarton zur Verfügung gestellten technischen Spezifikationen (Tabelle 4.2) für die Herstellung von GRU pigmentiert:

Tabelle 4.2: Stoffaufbereitung, Technische Spezifikationen

Technische Spezifikation	Auflöser	Material	Mengenverhältnis
TS STA – 07/05	Auflöser 13	Rohstoff A	Gemäß Rezeptur
Vom 14.11.2000		Rohstoff B	Gemäß Rezeptur
	Auflöser 11	Rohstoff C : Rohstoff D	Gemäß Rezeptur
TS STA – 15/05	Decke	Rohstoff B : Rohstoff D	Gemäß Rezeptur
Vom 23.05.2000	Einlage	Rohstoff C : Rohstoff D	Gemäß Rezeptur
	Rücken	Rohstoff A : Rohstoff C	Gemäß Rezeptur

Die Spezifikation TS STA – 07/05 liefert die Sollvorgabe für den Materialeintrag in die Stoffaufbereitung. Die Spezifikation TS STA – 15/05 legt den spezifischen Stoffeintrag in die einzelnen Lagen des Kartons fest. Aus diesen beiden Angaben ergibt sich die Stoffführung innerhalb der Stoffaufbereitung.

Tabelle 4.3: Soll-Lagengewichte

Technische Spezifikation	Lage	Lagengewicht [g/m ²]	Mittleres Lagengewicht [g/m ²]	Mittleres Lagengewicht otro [g/m ²]
Sollvorgabe	Decke inkl. Strich	Gemäß Vorgaben		
	davon Strich			
	Einlage			
	Rücken inkl. Rückseitenpräparation			
	Davon Rückseitenpräparation			
	Gesamtgewicht			

Die Lagengewichte dienen zur Festlegung des Materialeintrages in die Kartonschichten.

Neben den in Tabelle 4.2 genannten Papierrohstoffen A, B, C und D werden für die Produktion auch die Hilfsstoffe Stabilisator, Leim, Retentionsmittel und Sprühstärke eingesetzt. Während Stabilisator, Leim und Retentionsmittel dem Faserstoff direkt beigemischt werden, wird die Stärke hinter den Kurzformern und den Langsieben aufgesprüht. Vorgegeben wurden der gesamte Eintrag je Hilfsstoff sowie die Orte des Hilfsstoffeintrages.

Die Strichrezepturen wurden vom Auftraggeber für die Modellierung zur Verfügung gestellt.

Die Umrechnung der Rezepturen auf Grundlage der Handelswarenmengen auf wasserfreie (ofentrocken, otro) Einträge sowie die Verteilung der Farben und Hilfsstoffe auf die verschiedenen Aggregate erfolgte gemäß der Messergebnisse der Kampagne

Auf der Grundlage der oben genannten Datenquellen konnte die vollständige Massenbilanz für die Produktion des Kartons GRU pigmentiert durchgeführt werden.

Vor der Aufrollung des fertigen Produktes wird der Randbeschnitt von 3,28 m auf 2,93 m vorgenommen. Der Verschnitt wird dann als Rohstoff der Produktion wieder zugeführt.

4.3. Ist-Datenermittlung (Messkampagne)

Zur Überprüfung der Materialbilanz und zum Vergleich der tatsächlichen Produktion mit den Sollvorgaben wurde für die Produktion von GRU pigmentiert eine Messkampagne durchgeführt.

Im Workshop vom 13.02.2001 wurden die erforderlichen Maßnahmen für die Vorbereitung und Durchführung der Messkampagnen sowohl für die Produktion von GRU pigmentiert, der meistproduzierten Braunware, als auch für GD2, der wichtigsten Weißsorte, festgelegt. Außerdem wurden die Verantwortlichen für die Durchführung benannt.

Die Messkampagne für die Produktion von GRU pigmentiert wurde auf den 09.03.2001 datiert. Als Messzeitraum wurden die 9 Stunden zwischen 8:00 und 17:00 Uhr bestimmt.

Für die Ermittlung von Ballengewichten mussten für die Messtage eine Waage und für Durchflussmessungen ein Ultraschallmessgerät ausgeliehen werden.

Vor Kampagnenbeginn wurde das Strichgewicht ermittelt, indem die Coater einzeln abgefahren wurden. Auch die Gewichte der Paletten, auf die das geschnittene Produkt gelagert wird, wurden einen Tag vor der Kampagne mittels Wiegung bestimmt.

Als Rahmenbedingungen wurde festgelegt, dass am Messtag ein Produkt mit gleicher Grammatur produziert werden sollte. Falls ein Grammaturwechsel unvermeidbar sei, sollte zumindest der gleiche Stoffeintrag (Vermeidung eines Rezepturwechsels) sichergestellt werden. Um die Materialbilanz vollständig zu betrachten, wurden sämtliche zwischen 8:00 und 17:00 Uhr von der Kartonmaschine produzierten Tamboure auch über diesen Zeitraum hinaus geschnitten. Somit konnte sichergestellt werden, dass sämtliches Material, welches während der Kampagne zur Kartonproduktion eingesetzt wurde, auch am Ende des Tages als geschnittene Fertigware vorlag.

Zu Beginn der jeweiligen Messkampagne wurden sämtliche Container für die Aufnahme von Rejecten, Grobschmutz sowie Fangstoff aus der ARA gegen leere, tarierte Container ausgetauscht. Von den innerhalb der Zeit der Messkampagne darin erfassten Abfällen wurden Nass- und Trockengewichte ermittelt.

Ebenfalls wurden die Büttenniveaus zu Kampagnenbeginn und –ende gemessen.

Zur Ermittlung des Stoffeintrages wurden sämtliche Altpapierballen, die in die Auflöser der Stoffaufbereitung eingetragen wurden, gezählt und verwogen sowie Mischproben genommen, um die Altpapierfeuchte zu bestimmen.

Die Flussmengen vor den Maschinenbütten für Decke, Rücken und die Kurzformer wurden ebenfalls gemessen.

Während des gesamten Tages wurden die Kartonbahnbreite (Stoffauflauf und Poperoller), die Geschwindigkeit sowie das Flächengewicht protokolliert. Zur Überprüfung der daraus ermittelten Produktionsmenge, wurden zusätzlich alle produzierten Tamboure gewogen sowie Feuchtemessungen an jedem Tambour vorgenommen. Die ausführlichen Tambourprotokolle wurden bereitgestellt. Um die Produktionsmenge möglichst genau zu erfassen, erfolgten um 8:00 Uhr und um 17:00 Uhr Tambourwechsel.

Zur Erfassung der Strichmengen wurden die Volumina der Ansatzbehälter sowie die Anzahl der Ansätze ermittelt. Von den eingesetzten Hilfsstoffen wurden die Feststoffgehalte und Mengen mehrmals am Tag gemessen.

Die Zulaufmenge an Rohwasser zur ARA wurde während der Messkampagne stündlich über Zählerwerte bestimmt. Die Klarwassermenge, die zurück zum Betrieb gelangte, wurde aus der Differenz zwischen Rohwasserzulauf und dem Zulauf zur ersten Stufe der biologischen Abwasserbehandlung (induktive Durchflussmessung) berechnet. Die Feststoffgehalte wurden im Labor aus Wasserproben bestimmt. Die Wasserproben wurden zeitgleich mit der Durchflussbestimmung genommen. Der ARA-Fangstoff wurde verwogen (Tara-Gewichtsbestimmung vor Messkampagnenbeginn, Bruttowiegung bei Messende).

Die Lagengewichte des Produktes vom 09.03.2001 wurden mittels Zerlegung der Fertigware in seine einzelnen Lagen (Decke, Rücken und Einlage) bestimmt. Die Analyse ergab eine Gewichtsverteilung von durchschnittlich 8,8 % für die Decke, 8,3 % für den Rücken und 82,9 % für die Einlage.

Die Datenaufnahme bei der Produktion des Produktes GRU pigmentiert dient als Grundlage für die Erstellung des simulationsfähigen Ist-Modells mit der Software AUDIT.

4.4. Auswertung

4.4.1 Ballengewichte

Bei der Kartonproduktion der untersuchten Braunware kommen drei Altpapiersorten A, B und C zum Einsatz. Zur Einhaltung der Rezepturen auf Ballenbasis ist ein möglichst gleichmäßiges Ballengewicht erforderlich. Es zeigt sich jedoch eine sehr große Bandbreite zwischen den leichtesten und schwersten Ballen einer Sorte und auch beim Vergleich der verschiedenen Sorten (siehe Tabelle 4.4 und Bild 4.2 bis Bild 4.4).

Tabelle 4.4: Altpapiergewichtsverteilung

Altpapiersorte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Rohstoff A	326 kg	632 kg	1268 kg
Rohstoff B	361 kg	510 kg	887 kg
Rohstoff C	254 kg	363 kg	405 kg

Die Ballengewichte des Rohstoffs A liegen zwischen 326 kg und 1268 kg, also dem nahezu 4-fachen des Minimalgewichtes. Beim Rohstoff B ist die Bandbreite etwas geringer, die Ballen wiegen zwischen 361 kg und 887 kg, also dem 2,5-fachen. Die Ballengewichte des Rohstoffs C liegen zwischen 254 kg und 405 kg, dies entspricht immerhin noch dem 1,6-fachen des leichtesten Ballens.

Aus Sicht der Qualitätssicherung ist es jedoch erforderlich, den stets gleichen Stoffeintrag sicherzustellen, um die Produktqualität bei gleichen Prozessparametern zu garantieren.

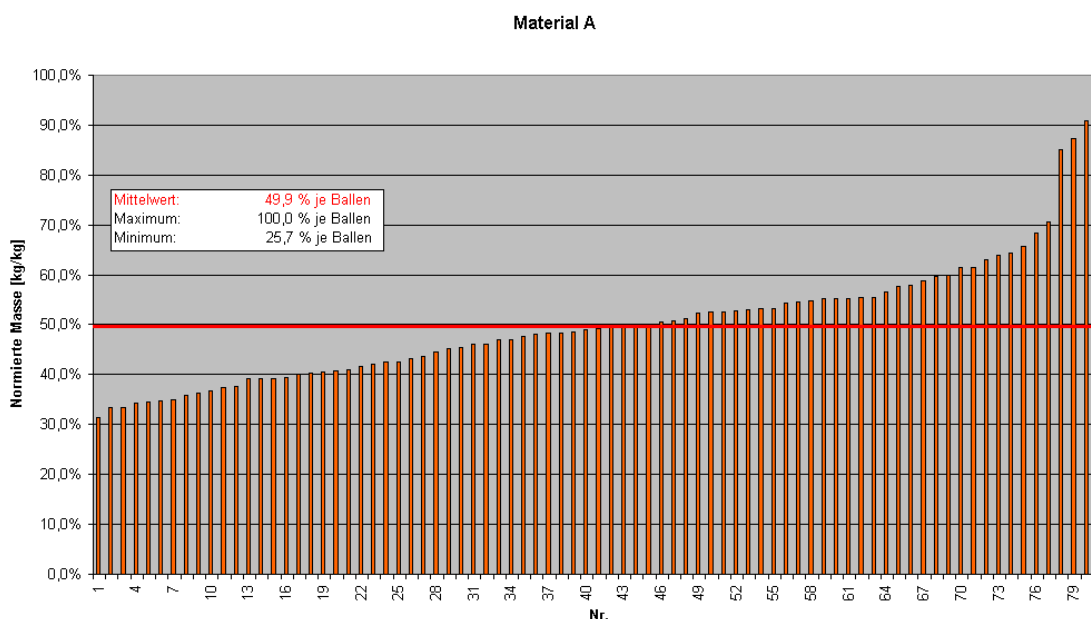


Bild 4.2: Balleneinzelmassen Rohstoff A (Iutro)

Bild 4.2 zeigt die Massen der verschiedenen eingetragenen Ballen des Rohstoffs A. In der Darstellung sind die Ballen aufsteigend nach Gewicht sortiert. Der Eintrag erfolgte willkürlich. Dasselbe gilt auch für die in Bild 4.3 dargestellten Ballen des Rohstoffs B und die in Bild 4.4 gezeigten Ballenmassen des Rohstoffs C.

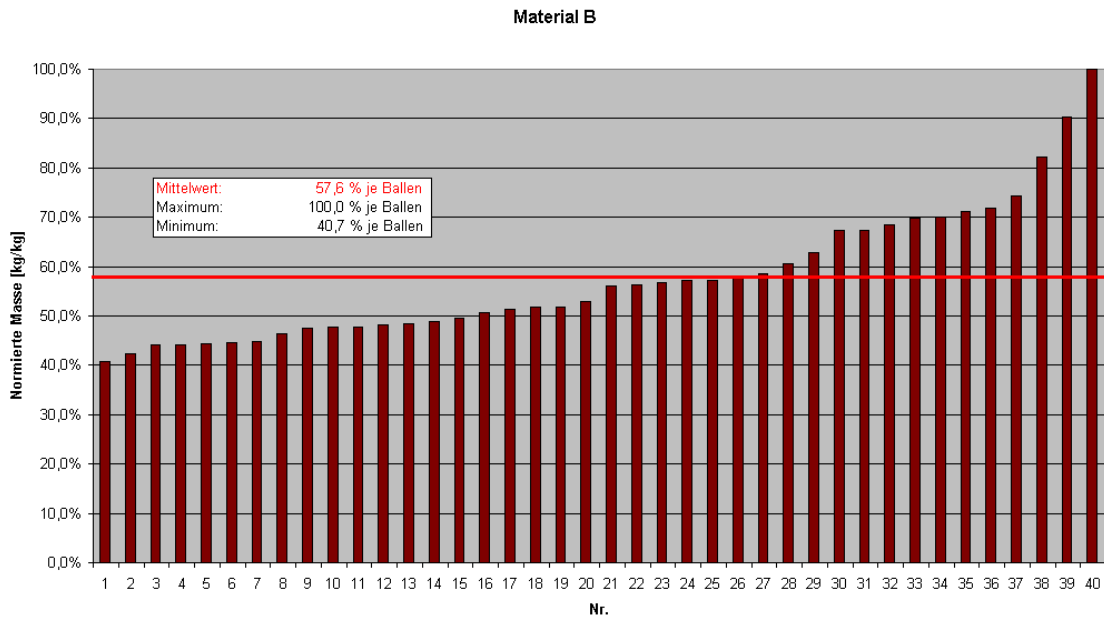


Bild 4.3: Ballenmassen Rohstoff B (lutro)

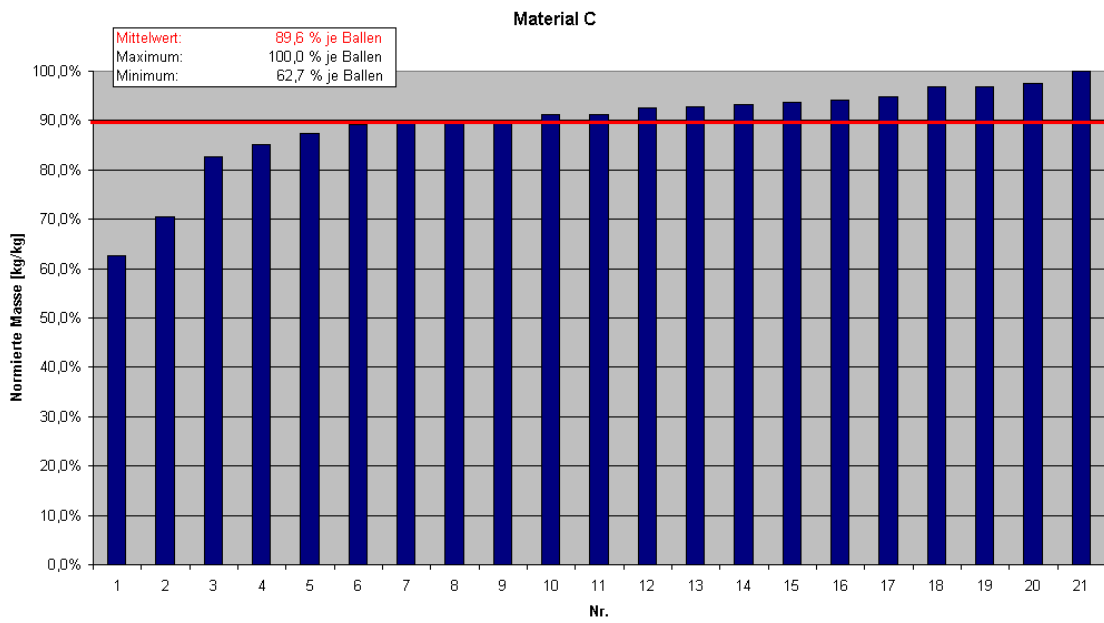


Bild 4.4: Ballenmassen Rohstoff C (lutro)

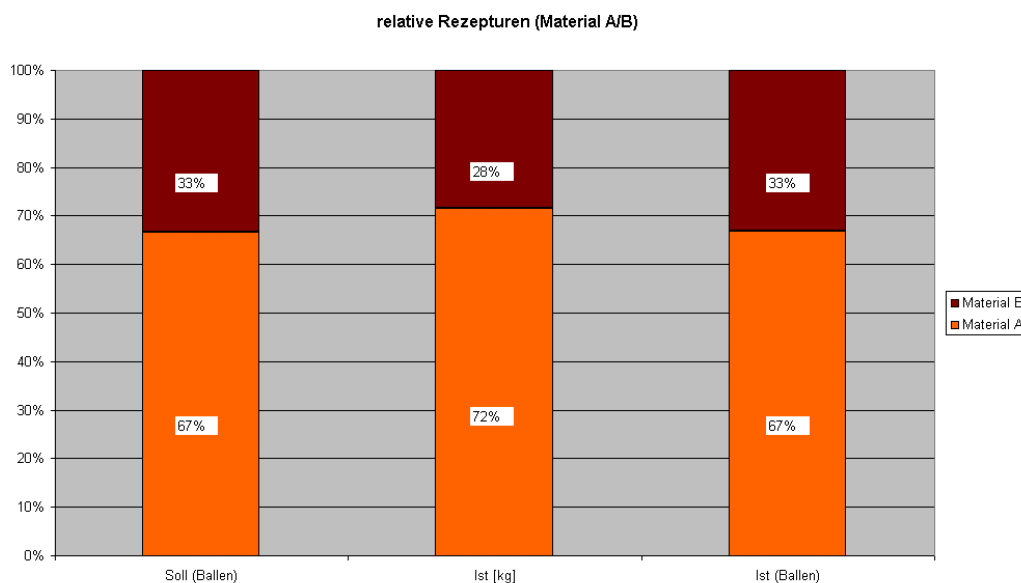


Bild 4.5: Rezeptur Pulper 11

Die technische Spezifikation TS STA – 07/05 (Tabelle 4.2) für Pulper 11 definiert die Verteilung der Rohstoffeinträge A:B für die Herstellung von GRU pigmentiert mit einer Grammatur von 550 g/m².

Aufgrund der Ballenzählung stimmt das Verhältnis bei der Messkampagne am 09.03.2001 sehr genau. Die Verwiegung zeigt allerdings, dass mehr Rohstoff A eingesetzt wird, als nach Rezeptur vorgeschrieben wurde, und entsprechend weniger Rohstoff B.

Im Pulper 13 sollte im wesentlichen Rohstoff C eingetragen werden. Die Rezepturvorschrift verlangt zusätzlich bei Bedarf Rohstoff D. Ein genaues Verhältnis ist nicht angegeben. Während der Messkampagne wurde zu 100 % Rohstoff C eingesetzt.

4.4.2 Papierfeuchte

Zusätzliche Ungenauigkeit wird durch die Papierfeuchtigkeit hervorgerufen. Zur Ermittlung der Feuchte der verschiedenen Altpapiersorten wurden über den Messkampagnentag jeweils zwei sortenreine Mischproben genommen. Um einen repräsentativen Feuchtegehalt für jede Altpapiersorte zu erhalten, wurde ca. jeder dritte Ballen einer Sorte zerlegt, damit sowohl aus dem Rand- als auch aus dem Kernbereich etwa 1-2 kg Material für die Analyse entnommen werden konnten.

Nach Bestimmung des Feuchtgewichtes wurde die Papiermischung getrocknet und erneut gewogen, um die mittlere Feuchte der eingesetzten Sorten zu messen. Für die Modellierung wurde über die beiden Feuchtwerte jeder Sorte gemittelt. Bild 4.6 zeigt die ermittelten Feuchten der eingesetzten Rohstoffe im Vergleich zu den diskreten Messwerten.

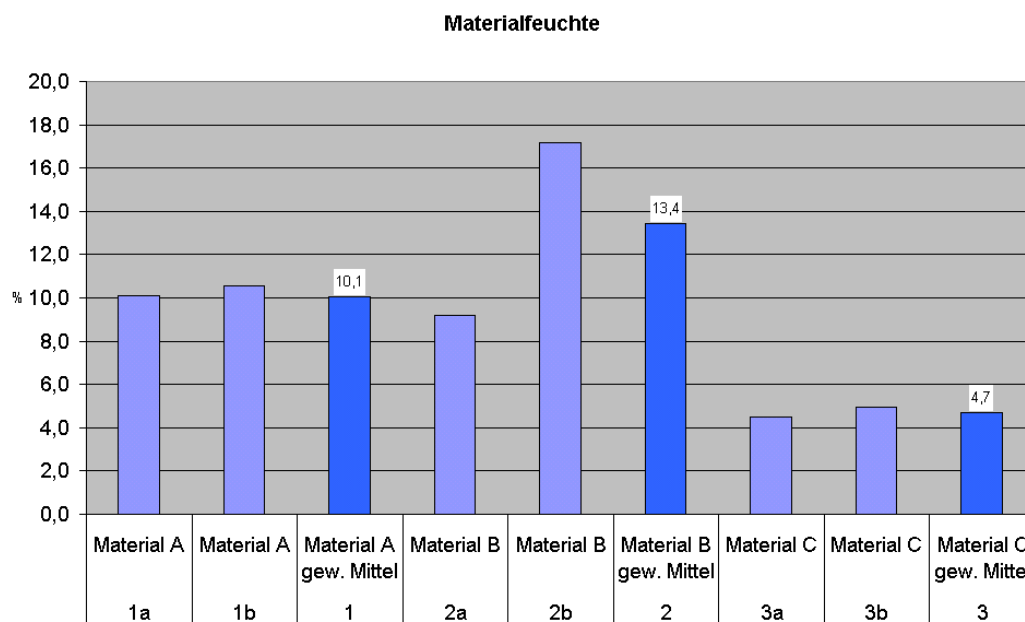


Bild 4.6: Altpapierfeuchte (Messkampagne 09.03.2001)

Insgesamt kann die Feuchte der verschiedenen Ballen sehr unterschiedlich sein (siehe auch Messkampagne GD2 vom 05.03.2001 in Kapitel Materialbilanz Weißware). Die Feuchte einzelner Ballen kann je nach Lagerung und Witterung deutlich variieren. Für eine exakte Bestimmung des Wasseranteils, der mit den Ballen in die Produktion eingetragen wird, müsste die Feuchtigkeit jedes eingetragenen Ballens oder zumindest die Feuchtigkeit jeder Ballenart (Lagerposition, wie z.B. Bodennähe, liefernder Kunde etc.) bestimmt werden.

4.4.3 Palettenleergewichte

Für die Messkampagne am 09.03.2001 wurden am Vorabend die Leergewichte der Paletten ermittelt, die während der Messkampagnen zum Einsatz gekommen sind. Der Vergleich der tatsächlichen Verwiegung mit den Daten aus der Betriebsdatenerfassung zeigen einen Unterschied, der darauf zurückzuführen ist, dass in der Betriebsdatenerfassung für eine Palettenart ein festes Gewicht eingestellt wird, obwohl das Einzelgewicht innerhalb jeder Palettenart deutlich schwanken kann.

Der Vergleich der tatsächlich gemessenen Palettenleergewichte mit den in der Betriebsdatenerfassung hinterlegten zeigte eine Differenz von mehr als 300 kg zu Ungunsten von Kappa BADENKARTON innerhalb von 9 Stunden. Die Differenz musste durch Fertigware ausgeglichen werden. An den Kunden wurde mehr Ware ausgeliefert als berechnet.

4.4.4 Modellierung des Sollzustandes

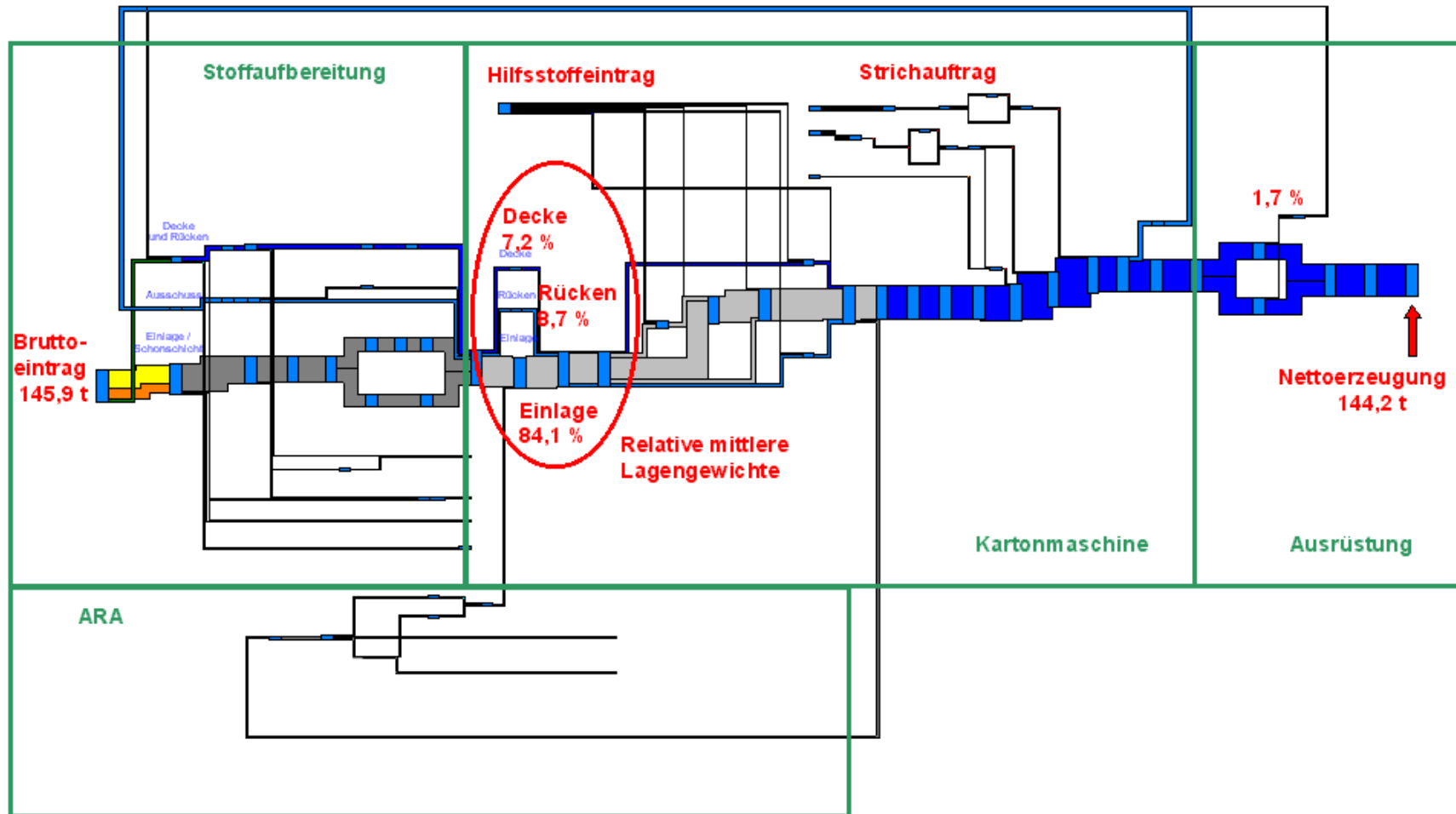


Bild 4.7: Massenbilanz GRU pigmentiert (Soll-Modell)

Auf der Basis der oben aufgeführten Daten wurde das Sollmodell (Bild 4.7) für die Produktion von GRU pigmentiert von der Stoffaufbereitung über die Kartonmaschine inklusive Strich bis hin zur Ausrüstung erstellt.

Das Soll-Modell ist so aufgebaut, dass die Nettoproduktion vorgegeben wird. Der Stoffeintrag an Roh- und Hilfsstoffen sowie an Strich wird automatisch berechnet. Dies ist möglich, da die zentralen Prozessschritte durch Prozessvorschriften beschrieben werden.

Um das Soll-Modell der Produktion von GRU pigmentiert mit der Tagesproduktion vom 09.03.2001 vergleichen zu können, wurde die gleiche Nettoproduktion als Basis für die Modellberechnungen eingestellt, wie sie auch in den neun Stunden der Messkampagne ermittelt wurde.

Für Decke und Rücken wird Rohstoff besserer Qualität benötigt als für die Einlage. Decke und Rücken werden aus den Rohstoffen A und D hergestellt. Das Modell wurde erstellt für die Produktion von GRU pigmentiert mit den mittleren Lagengewichten (Tabelle 4.3). Aus den relativen Lagengewichten folgen, die in Decke und Rücken eingetragenen Materialmengen.

Der gesamte Eintrag an den Rohstoffen B und C ist für die Einlage bestimmt. Die fehlende Menge zum Einlagengewicht wird mit dem Rohstoff D ausgeglichen.

Der Anteil des Strichs an der Bruttokartonproduktion liegt bei über 3 %, der Anteil der Hilfsstoffe über 0,5 %.

4.4.5 Modellierung des Ist-Zustandes

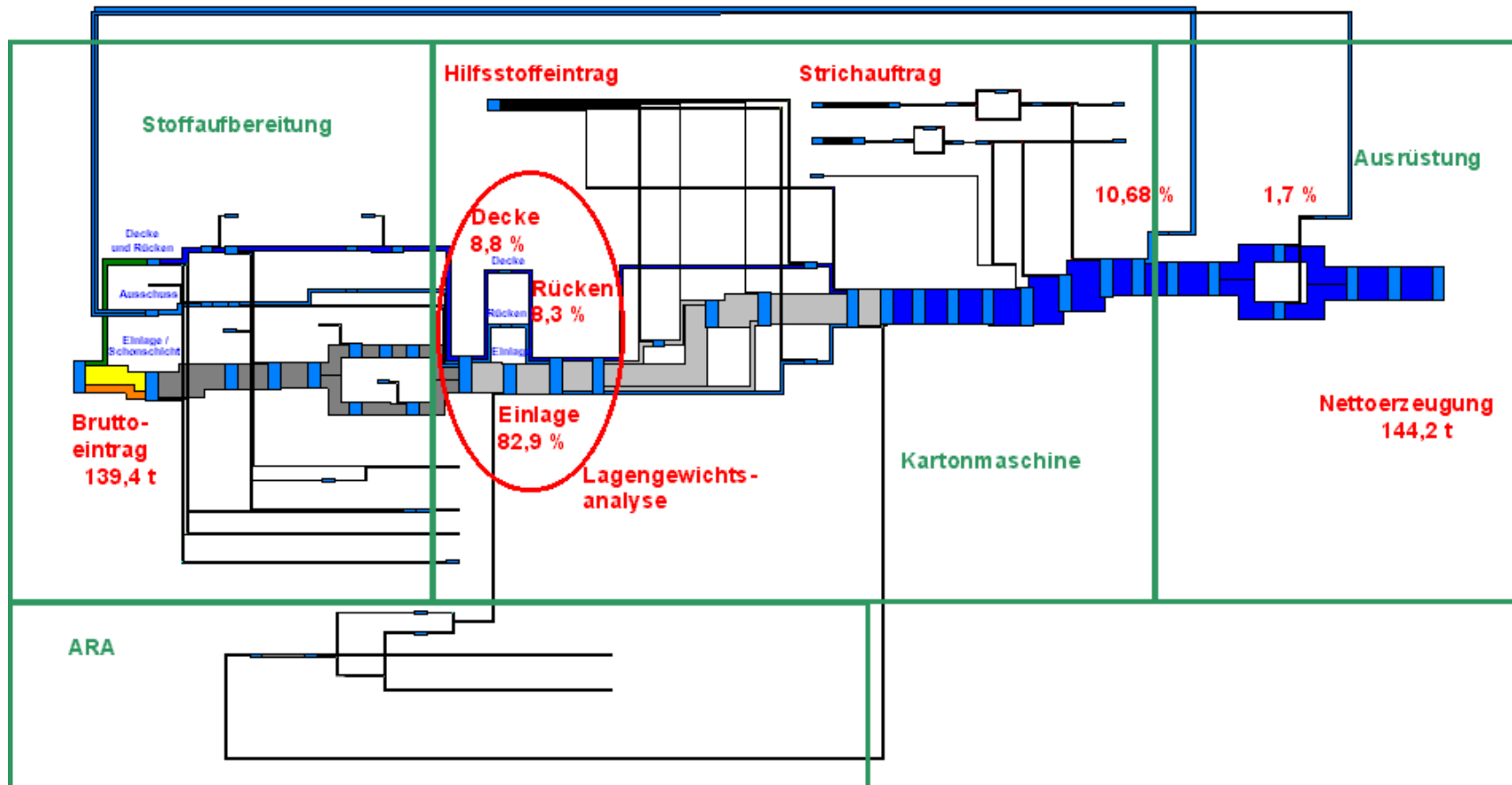


Bild 4.8: Massenbilanz GRU pigmentiert (Ist-Modell)

Das Ist-Modell (Bild 4.8) basiert auf den Daten, die bei der Messkampagne am 09.03.2001 ermittelt wurden und entspricht im Aufbau dem Soll-Modell. Netto wurden in neun Stunden etwa 144 t geschnittene Ware produziert.

Die Modellierung erfolgt in diesem Fall nicht rückwärts gerichtet, wie beim Soll-Modell, bei dem die Nettoproduktion vorgegeben wurde, um die übrigen Mengen aus der Bilanzierung zu ermitteln. Beim Ist-Modell wurden die Input-Mengen vorgegeben und daraus die erzeugte Produktmenge berechnet.

In der Stoffaufbereitung beschreiben die Prozessvorschriften den Zusammenhang zwischen den Inputmengen und den darin enthaltenen Grobschmutzmengen, die in den Auflösern bzw. in den Turboseparatoren (ATS) abgetrennt werden. Die Grobschmutzmengen je Tonne eingetragener Altpapier wurden unmittelbar aus den Wiegeungen am Messkampagnentag berechnet und in Prozessvorschriften für die einzelnen Prozessschritte umgesetzt.

Die Materialeinbringung in die verschiedenen Lagen des Kartons wurde auf der Basis einer Lagengewichtsbestimmung (Zerlegung einer Kartonprobe und Verwiegung) ermittelt.

Der Materialeintrag durch Hilfsstoffe und Strich wurden am Messtag direkt erfasst und ebenfalls in die Prozessvorschriften integriert:

Auch der Randbeschnitt und der Verschnitt der Ausrüstung wurden am Kampagnentag bestimmt und in das Modell integriert.

Insgesamt wurden 139,4 t Rohstoff für die 9-stündige Produktion in die Stoffaufbereitung eingetragen. Zusätzlich sind im Ist-Modell die Büttensstände berücksichtigt worden.

Der Randbeschnitt vor der Aufrollung der Tamboure und auch der Verschnitt der Ausrüstung wurden in die Produktion zurückgeführt.

Abzüglich der Rejekte wurden somit für die Produktion von brutto 164,3 t GRU pigmentiert 21,7 t Rohstoff A, 23,1 t Rohstoff D und 112 t des Gemisches B/C verbraucht. Die Differenz zur Fertigwarenmenge wird durch Hilfsstoffe, Strichauftrag, Büttensstände sowie den Materialverlust an die ARA ausgeglichen.

Die Lagengewichtsanalyse des Fertigproduktes zeigte, dass 13,8 t (8,8 %) Rohstoff in die Decke, dass 13,0 t (8,3 %) Rohstoff in den Rücken und dass 136,9 t (82,9 %) Rohmaterial in die Einlage eingetragen wurden. Um den Materialbedarf für die Einlage zu decken, wurden also über 20 t des Rohstoffes D eingesetzt, da der Stoffaufbereitung lediglich 116,1 t des Gemisches B/C zugeführt wurden.

4.4.6 Soll – Ist – Vergleich

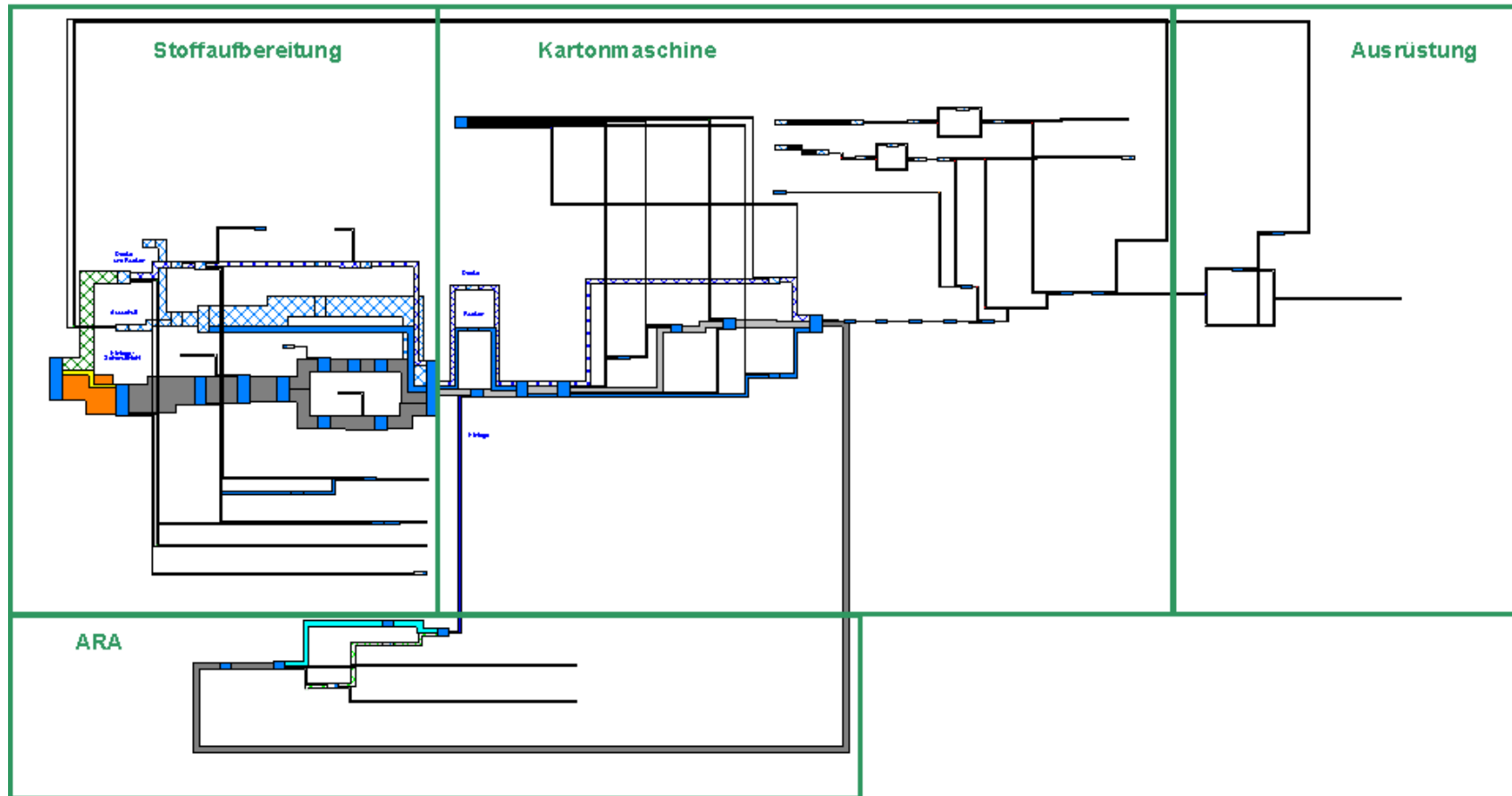


Bild 4.9: Differenz-Sankey-Darstellung GRU pigmentiert (Soll minus Ist (09.03.2001))

Der Soll-Ist-Vergleich (Bild 4.9) zeigt deutliche Unterschiede zwischen der geplanten Sollproduktion und der tatsächlichen Herstellung. Die schraffierten Ströme weisen auf einen Mehreinsatz des jeweiligen Stoffes in der Realität im Vergleich zu den Sollvorgaben hin. Die ausgefüllten Ströme zeigen, dass bei der tatsächlichen Produktion weniger dieses Materials eingesetzt wurde als es die Produktionsvorschrift verlangt.

Die markantesten Unterschiede sind im Bereich der Stoffaufbereitung zu erkennen, und zwar beim Stoffeintrag. Während der 9-stündigen Messkampagne wurden annähernd 5,4 t mehr Rohstoff B in die Stoffaufbereitung eingetragen als es der Sollangabe entsprechen würde. Zum Massenausgleich wurden dafür ca. 10,5 t weniger Rohstoff D und 1,4 t weniger Rohstoff A eingetragen (Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5: Altpapiereintrag

<i>Altpapiereintrag</i>	GRU pigmentiert					
	Soll		Ist		Abweichung Soll - Ist	
	t	%	t	%	t	%
Rohstoff A					1,4	-0,1%
Rohstoff B					10,5	6,8%
Rohstoff C					-5,4	-4,0%
A (Büttenniveau)					0,8	0,4%
B (Büttenniveau)					-0,9	-0,7%
C (Büttenniveau)					-0,4	-0,3%
D (Büttenniveau)					-3,1	-2,1%
Summe Papiereintrag					2,8	0,0%
Ausschuss (Ausrüstung)					0,0	
Ausschuss (Randbeschnitt)					0,0	

Außerdem wurden noch insgesamt 3,8 t Material, welches sich bereits bei Kampagnenbeginn in der Anlage befand, aus den Büten entnommen

Entsprechend der Sollvorgabe sollen ca. 70% der Rohstoffe A und D in der Produktion von Decke und Rücke Verwendung finden. Bei der Produktion am 09.03.2001 wurde diese Vorgabe nicht erreicht. Von der eingebrachten Menge der Komponenten A und D (inkl. Büttenniveaus) wurden nur etwa 60 % für Decke und Rücken verwendet, 40 % dieses Materials verschwinden in der Einlage.

Der Vergleich der in die verschiedenen Lagen des Kartons eingebrachten Mengen zeigt, dass eine Abweichung bei der realen Produktion von den mittleren Sollvorgaben auftritt. Während der Messkampagne sind Rücken und Einlage mit geringerem Lagengewicht produziert worden und entsprechend die Decke mit höherem (Bild 4.9).

4.4.7 Produktivitätskennzahlen

Tabelle 4.6: Produktivitätskennzahlen

Kennzahlen	GRU pigmentiert	
	Soll	Ist
<i>Kartonmaschine</i>		
Fertigware Netto KM / Bruttoproduktion	89,3%	89,3%
Randbeschnitt / Bruttoproduktion	10,7%	10,7%
Papiereintrag / Rohstoffeintrag	> 90%	> 90%
Hilfsstoffeintrag / Rohstoffeintrag	> 0,5%	> 0,5%
Stricheintrag / Rohstoffeintrag	> 3%	> 3%
Ausschussrückführung / Bruttoproduktion		
Grobschmutz / Altpapiereintrag		
Fangstoff ARA / Altpapiereintrag		
<i>Ausrüstung</i>		
Verschnitt / Rohstoffeinsatz Ausrüstung	1,7%	1,7%
Fertigware / Rohstoffeinsatz Ausrüstung	98,3%	98,3%

Besonders auffällig ist mit 10,7 % von der Bruttoproduktion der sehr hohe Wert des Randbeschnitts (von 3,28 m auf 2,93 m). Mit Reduktion des Randbeschnitts könnte unmittelbar die Produktivität der Kartonmaschine erhöht werden. Dabei ist zu unterscheiden, der unvermeidbare Randbeschnitt wegen der Kartonausfransung am Rand und der tatsächliche Fertigwarenverlust, da die geforderte Arbeitsbreite kleiner ist als die Produktionsbreite. Bei der Produktion von GD2 lag die Produktionsbreite bei 3,22 m und die Arbeitsbreite bei 3,08 m. Das zeigt, dass der Randbeschnitt nicht 0,35 m betragen muss, sondern wenigstens auf 0,14 m reduziert werden könnte. Die Änderungen müssen vor dem Hintergrund der Formatbedarfe der Kunden untersucht werden.

4.4.8 Materialeintrag im Vergleich SOLL- / IST- / SAP-Daten

Für die Planung und Kalkulation dienen bei Kappa BADENKARTON die im SAP-System hinterlegten Rezepturen. Aus diesem Grund wurde zusätzlich zu den Untersuchungen der Soll- und Ist-Situation auch noch eine Analyse auf Grundlage der SAP-Rezepturen durchgeführt. Vor dem Hintergrund der Soll-Vorgaben und des Soll-Ist-Vergleiches ergeben sich zu den festgelegten SAP-Rezepturen Differenzen.

4.5. Ergebniszusammenfassung der Materialbilanz Braunware

4.5.1 Altpapiereintrag und Rezepturen

Auf Grund großer Gewichtsunterschiede zwischen den Ballen einer Sorte (schwerster Ballen einer Sorte bis zu viermal so schwer wie leichtester Ballen) und auch zwischen den Ballen verschiedener Sorten ist ein gleicher Stoffeintrag für gleiche Produkte durch Ballenzählung nicht sicherzustellen. Abweichungen von der Rezeptur sind nicht zu vermeiden. Die Produktqualität kann nur garantiert werden, wenn ein gleichmäßiger Stoffeintrag durch Wiegung der eingetragenen Materialien durchgeführt wird. Alternativ würde die sortenreine Auflösung einzelner Inputmaterialien in eigenen Auflösern diese Fehlerquelle ausschließen. Die Rezepturen müssten dann von den Ballenverhältnissen umgestellt werden auf Durchflussmengen aus den Auflösern in Mischbehälter.

4.5.2 Feuchte der eingetragenen Materialien

Zur exakten Bestimmung des Materialeintrages muss der Einfluss der Feuchte eliminiert werden. Extreme Schwankungen der Ballenfeuchten zwischen 5,5 % und 42 % erfordern die Messung der Wassergehaltes der eingetragenen Papiersorten.

4.5.3 Palettenleergewicht

Die konsequente Ermittlung des Palettengewichtes und dessen Weitergabe an die BDE erweist sich als unbedingt erforderlich, da die Paletteneinzelgewichte stark variieren. Bislang ergibt sich zwischen den in der BDE hinterlegten und den gemessenen Tara-Gewichten eine deutliche Differenz, die darauf zurückzuführen ist, dass in der BDE feste Werte der Palettengewichte für längere Zeiträume eingegeben sind.

Zur Behebung dieser Ungenauigkeit müsste das Tara-Gewicht jeder einzelnen Palette bei Verwendung ermittelt und automatisch an die Betriebsdatenerfassung übertragen werden.

4.5.4 Randbeschnitt

Bei der Produktion der Braunware am Kampagnentag lag der Randbeschnitt über 10 %. Der Randbeschnitt über das mindestens erforderliche Maß sollte unbedingt vermieden werden, da sich die Rückführung eines Teils der Fertigware (Ausschuss aus vermeidbarem Randbeschnitt) kapazitätsmindernd auswirkt. Diese Kapazitätsminderung wirkt sich merklich auf die spezifischen Herstellungskosten aus. Eine Reduktion des Randbeschnittes müsste möglich sein, da er bei der Produktion der Weißware GD2 wesentlich geringer ausfiel.

4.5.5 Einhaltung von Rezepturen

Für eine sichere Kalkulation und auch die Sicherstellung der Produktqualität ist die Einhaltung der Rezepturen zwingend erforderlich. Sowohl bei der Produktion als auch im SAP-System muss die Rezeptur (Sollvorgabe) als Basis eingehalten werden.

5. Materialbilanz Weißware (GD2 500 - 550 g/m²)

5.1. Soll-Datenbestandsaufnahme

Als Grundlage für die Modellierung der Weißwarenproduktion dienten ebenfalls die Verfahrensablaufpläne der Firma Kappa sowie die im Rahmen des Workshops „Materialbilanz“ am 12./13. Februar 2001 erarbeiteten Modifikationen. Auf dieser Basis wurde das Grundschema für die Modellierung der Produktion von GD2 mit der Software AUDIT erstellt.

Zur Elimination des Einflusses von Dichten, Feststoffkonzentrationen etc. wurde auch die GD2 Bilanz wasserfrei (ofentrockene Materialien) durchgeführt.

Als Datenbasis für die Modellierung der GD2-Produktion nach Sollvorgaben dienten die von der Firma Kappa Badenkarton zur Verfügung gestellten technischen Spezifikationen (Tabelle 5.1) und die Angaben vom Messtag selbst. Es wurde sichergestellt, dass der Stoffeintrag über den gesamten Messtag gleich blieb, auch bei Grammaturrechsel. Im Laufe des Tages wurde die Grammaturre nach zwölf produzierten Tambouren von 550 g/m² auf 500 g/m² für die letzten drei Tamboure reduziert.

Tabelle 5.1 Stoffaufbereitung, Technische Spezifikationen

Technische Spezifikation	Auflöser	Material	Mengenverhältnis (Ballenverhältnis)
Angaben vom Messtag in Anlehnung an: (TS STA – 04/10)	Auflöser 11	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur
Vom 14.11.2000	Auflöser 12	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur
	Auflöser 13	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur
	Auflöser 14	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur
TS STA – 12/07	Decke	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur
Vom 14.11.2000	Schonschicht	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur
	Einlage	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur
	Rücken	Gemäß Rezeptur	Gemäß Rezeptur

Die Spezifikation TS STA – 04/10 liefert die Sollvorgabe für den Materialeintrag in die Stoffaufbereitung. Die Spezifikation TS STA – 12/07 legt den spezifischen Stoffeintrag in die einzelnen Lagen des Kartons fest. Aus diesen beiden Angaben ergibt sich die Stoffführung innerhalb der Stoffaufbereitung.

Tabelle 5.2: Soll-Lagengewichte 550 g/m²

Technische Spezifikation	Lage	Lagengewicht [g/m ²]	Mittleres Lagengewicht [g/m ²]
Sollvorgabe Mitteilung Kappa	Decke inkl. Strich	Gemäß Vorgaben	
	davon Strich		
	Schonschicht		
	Einlage		
	Rücken inkl. Rückseitenpräparation		
	Davon Rückseitenpräparation		
	Gesamtgewicht		

Tabelle 5.3: Soll-Lagengewichte 500 g/m²

Technische Spezifikation	Lage	Lagengewicht [g/m ²]	Mittleres Lagengewicht [g/m ²]
Sollvorgabe Mitteilung Kappa	Decke inkl. Strich	Gemäß Vorgaben	
	davon Strich		
	Schonschicht		
	Einlage		
	Rücken inkl. Rückseitenpräparation		
	Davon Rückseitenpräparation		
	Gesamtgewicht		

Die Lagengewichte dienen zur Festlegung der Materialmenge, die letztendlich in den einzelnen Lagen des fertigen Kartons enthalten sein muss.

Neben den in Tabelle 5.1 genannten Papierrohstoffen werden für die Produktion als Hilfsstoffe auch Stabilisatoren, Leim, Retentionsmittel und Sprühstärke eingesetzt. Vorgegeben wurden der gesamte Eintrag je Hilfsstoff sowie die Orte des Hilfsstoffeintrages.

Die Strichrezepturen wurden vom Auftraggeber für die Modellierung zur Verfügung gestellt.

Die Rezepturen auf Grundlage der Handelswarenmengen wurden auf wasserfreie (ofentrocken, otro) Einträge umgerechnet. Ebenso wurde die Verteilung der Farben und Hilfsstoffe auf die verschiedenen Aggregate auf ofentrockene Bedingungen umgerechnet.

Vor der Aufrollung des fertigen Produktes wird der Randbeschnitt von 3,22 m auf 3,08 m vorgenommen. Der Verschnitt wird dann als Rohstoff der Produktion wieder zugeführt.

Auf der Grundlage der oben genannten Datenquellen konnte die vollständige Massenbilanz für die Produktion des Kartons GD2 durchgeführt werden.

5.2. Ist-Datenermittlung (Messkampagne)

Zur Überprüfung der Materialbilanz und zum Vergleich der tatsächlichen Produktion mit den Sollvorgaben wurde für die Herstellung von GD2 eine Messkampagne durchgeführt.

Im Workshop vom 13.02.2001 wurden die erforderlichen Maßnahmen für die Vorbereitung und Durchführung der Messkampagnen sowohl für die Produktion von GRU pigmentiert, der meistproduzierten Braunware, als auch für GD2, der wichtigsten Weißware, festgelegt. Außerdem wurden die Verantwortlichen für die Durchführung benannt.

Die Messkampagne für die Produktion von GD2 wurde auf den 05.03.2001 datiert. Als Messzeitraum wurden die 9 Stunden zwischen 8:00 und 17:00 Uhr bestimmt.

Für die Ermittlung von Ballengewichten mussten für die Messtage eine Waage und für Durchflussmessungen ein Ultraschallmessgerät ausgeliehen werden.

Vor Kampagnenbeginn wurde das Strichgewicht ermittelt, indem die Coater einzeln abgefahren wurden.

Als Rahmenbedingungen wurde festgelegt, dass am Messtag ein Produkt mit gleicher Grammaturo produziert werden sollte. Falls ein Grammaturowechsel unvermeidbar sei, sollte zumindest der gleiche Stoffeintrag (Vermeidung eines Rezepturwechsels) sichergestellt werden. Um die Materialbilanz vollständig zu betrachten, wurden sämtliche zwischen 8:00 und 17:00 Uhr von der Kartonmaschine produzierten Tamboure auch über diesen Zeitraum hinaus geschnitten. Somit konnte sichergestellt werden, dass sämtliches Material, welches während der Kampagne zur Kartonproduktion eingesetzt wurde, auch am Ende des Tages als geschnittene Fertigware vorlag.

Die in der Ausrüstung geschnittene Menge und auch die verwendeten Paletten für die Fertigwarenverpackung wurden während des gesamten Tages gewogen.

Zu Beginn der jeweiligen Messkampagne wurden sämtliche Container für die Aufnahme von Rejekten, Grobschmutz sowie Fangstoff aus der ARA gegen leere, tarierte Container ausgetauscht. Von den innerhalb der Zeit der Messkampagne darin erfassten Abfällen wurden Nass- und Trockengewichte ermittelt.

Ebenfalls wurden die Büttenniveaus zu Kampagnenbeginn und –ende gemessen.

Zur Ermittlung des Stoffeintrages wurden sämtliche Altpapierballen, die in die Auflöser der Stoffaufbereitung eingetragen wurden, gezählt und verwogen. Während des Tages wurden mehrere Proben jeder Papiersorte genommen, um die Feuchte des eingebrachten Papiers zu bestimmen.

Die Flussmengen vor den Maschinenbüetten für Decke, Rücken und die Kurzformer wurden ebenfalls gemessen.

Während des gesamten Tages wurden die Kartonbahnbreite (Stoffauflauf und Poperoller), die Geschwindigkeit sowie das Flächengewicht protokolliert. Zur Überprüfung der daraus ermittelten Produktionsmenge, wurden zusätzlich alle produzierten Tamboure gewogen sowie Feuchtemessungen an jedem Tambour vorgenommen. Die ausführlichen Tambourprotokolle wurden bereitgestellt. Um die Produktionsmenge möglichst genau zu erfassen, erfolgten um 8:00 Uhr und um 17:00 Uhr Tambourwechsel.

Zur Erfassung der Strichmengen wurden die Volumina der Ansatzbehälter sowie die Anzahl der Ansätze ermittelt. Von den eingesetzten Hilfsstoffen wurden die Feststoffgehalte und Mengen mehrmals am Tag gemessen.

Die Zulaufmenge an Rohwasser zur ARA wurde während der Messkampagne stündlich über Zählerwerte bestimmt. Die Klarwassermenge, die zurück zum Betrieb gelangte, wurde aus der Differenz zwischen Rohwasserzulauf und dem Zulauf zur ersten Stufe der biologischen Abwasserbehandlung (induktive Durchflussmessung) berechnet. Die Feststoffgehalte wurden im Labor aus Wasserproben bestimmt. Die Wasserproben wurden zeitgleich mit der Durchflussbestimmung genommen. Der ARA-Fangstoff wurde verwogen (Tara-Gewichtsbestimmung vor Messkampagnenbeginn, Bruttowiegung bei Messende).

Zur ersten Überprüfung der Bilanz wurden die Messdaten mittels Excel aufbereitet.

Die Datenaufnahme bei der Produktion des Produktes GD2 dient als Grundlage für die Erstellung des simulationsfähigen Ist-Modells mit der Software AUDIT.

Die Lagengewichte des Produktes GD2 vom 05.03.2001 wurden mittels Zerlegung der Fertigung in seine einzelnen Lagen (Decke, Rücken, Schonschicht und Einlage) bestimmt. Die Analyse ergab für das Produkt mit dem Sollflächengewicht von 550 g/m² (Tambour 165, gemessenes durchschnittliches Flächengewicht 554,1 g/m²) eine Gewichtsverteilung von 69 g/m² für die Decke, 36 g/m² für den Rücken, 51 g/m² für die Schonschicht und 398,1 g/m² für die Einlage. Die Lagengewichte für das Produkt mit dem Sollflächengewicht von 500 g/m² (Tambour 168, gemessenes durchschnittliches Flächengewicht 505,4 g/m²) betragen 69 g/m² für die Decke, 40 g/m² für den Rücken, 51 g/m² für die Schonschicht und 345,4 g/m² für die Einlage.

5.3. Auswertung

5.3.1 Ballengewichte

Bei der Kartonproduktion der Qualität GD2 kommen die in Tabelle 5.4 aufgezählten Altpapiersorten zum Einsatz. Zur Einhaltung der Rezepturen auf Ballenbasis wäre ein möglichst gleichmäßiges Ballengewicht erforderlich. Es zeigt sich jedoch eine sehr große Bandbreite zwischen den leichtesten und schwersten Ballen einer Sorte und auch zwischen den Sorten (siehe Tabelle 5.4: Altpapiergewichtsverteilung und Bild 5.1: Balleneinzelmassen Rohstoff A bis Bild 5.3: Ballenmassen).

Tabelle 5.4: Altpapiergewichtsverteilung

Altpapiersorte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Rohstoff A	498 kg	918 kg	1958 kg
Rohstoff B	454 kg	550 kg	784 kg
Rohstoff C	447 kg	793 kg	1339 kg
Rohstoff D	574 kg	589 kg	608 kg
Rohstoff E	542 kg	551 kg	566 kg
Rohstoff F	822 kg	917 kg	1025 kg
Rohstoff G	393 kg	542 kg	653 kg
Rohstoff H	618 kg	747 kg	867 kg
Rohstoff I	263 kg	271 kg	289 kg
Rohstoff J	439 kg	759 kg	1039 kg

Die Ballen der Rohstoffsorte A wiegen zwischen 498 kg und 1958 kg, also dem nahezu 4-fachen des Minimalgewichtes. Beim Rohstoff C ist die Bandbreite etwas geringer, die Ballen

wiegen zwischen 447 kg und 1339 kg, also dem 3-fachen. Die Ballengewichte des Rohstoffs J liegen zwischen 439 kg und 1039 kg, dies entspricht immerhin noch dem 2,4-fachen des leichtesten Ballens. Bei den übrigen eingesetzten Altpapiersorten war die Bandbreite deutlich geringer, aber nicht zu vernachlässigen.

Aus Sicht der Qualitätssicherung ist es somit zu empfehlen, den stets gleichen Stoffeintrag sicherzustellen, um die Produktqualität bei gleichen Prozessparametern zu garantieren.

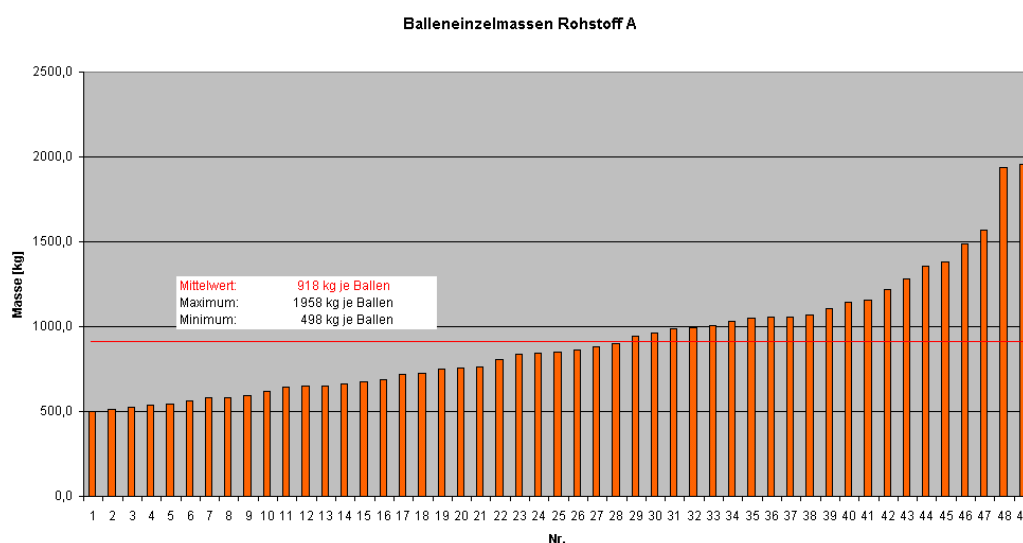


Bild 5.1: Balleneinzelmassen Rohstoff A

Bild 5.1 zeigt die verschiedenen eingetragenen Ballen des Rohstoffs A. In der Darstellung sind die Ballen aufsteigend nach Gewicht sortiert. Der Eintrag der Ballen erfolgte willkürlich. Dasselbe gilt auch für die in Bild 5.2 dargestellten Ballenmassen des Rohstoffs C und die in Bild 5.3 gezeigten Ballenmassen des Materials J.

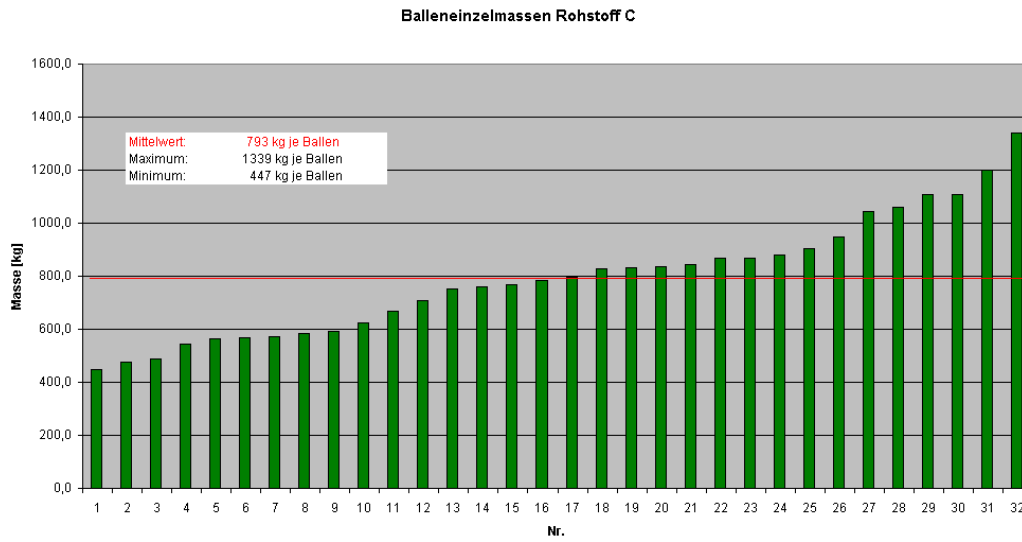


Bild 5.2: Ballenmassen Rohstoff C

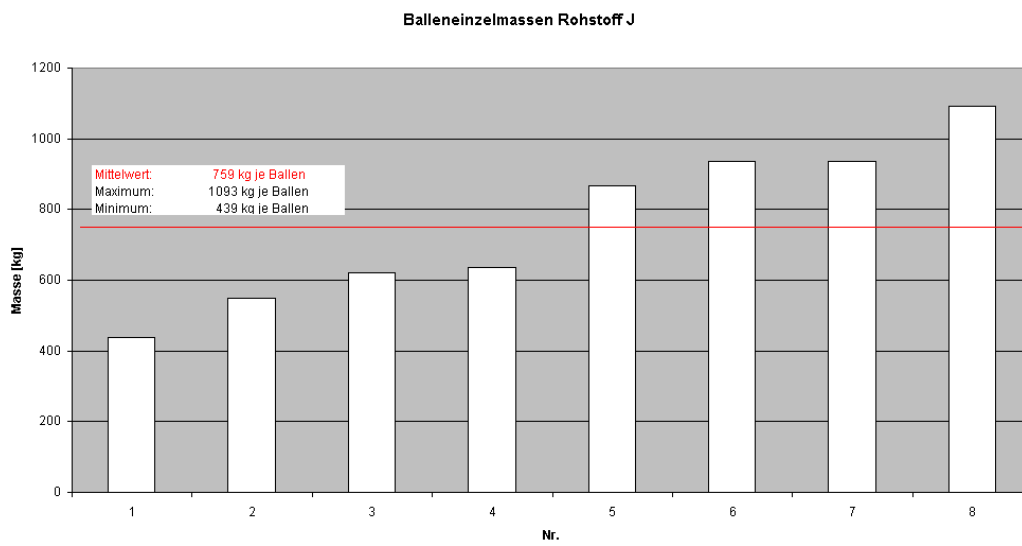


Bild 5.3: Ballenmassen Rohstoff J

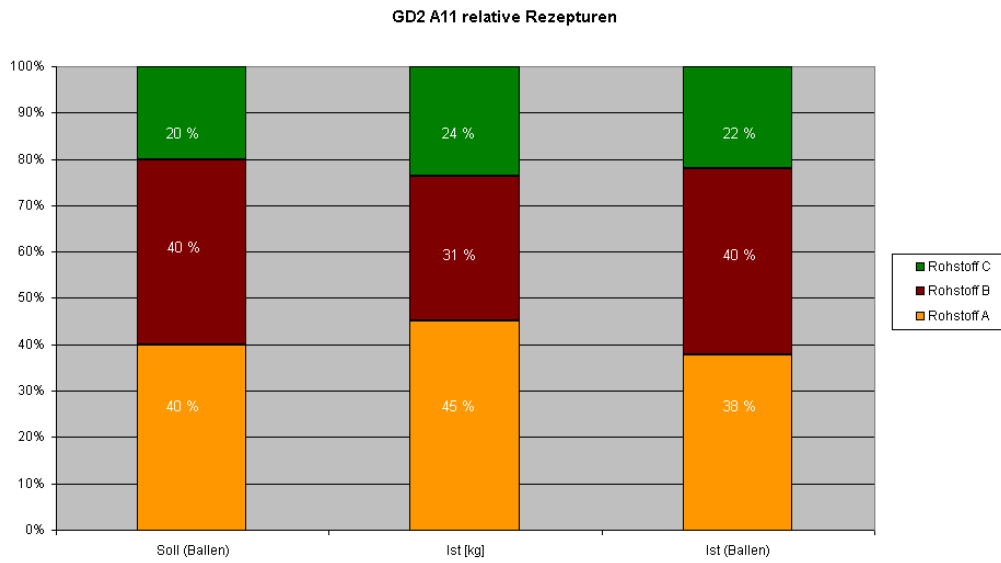


Bild 5.4: Rezeptur Pulver 11

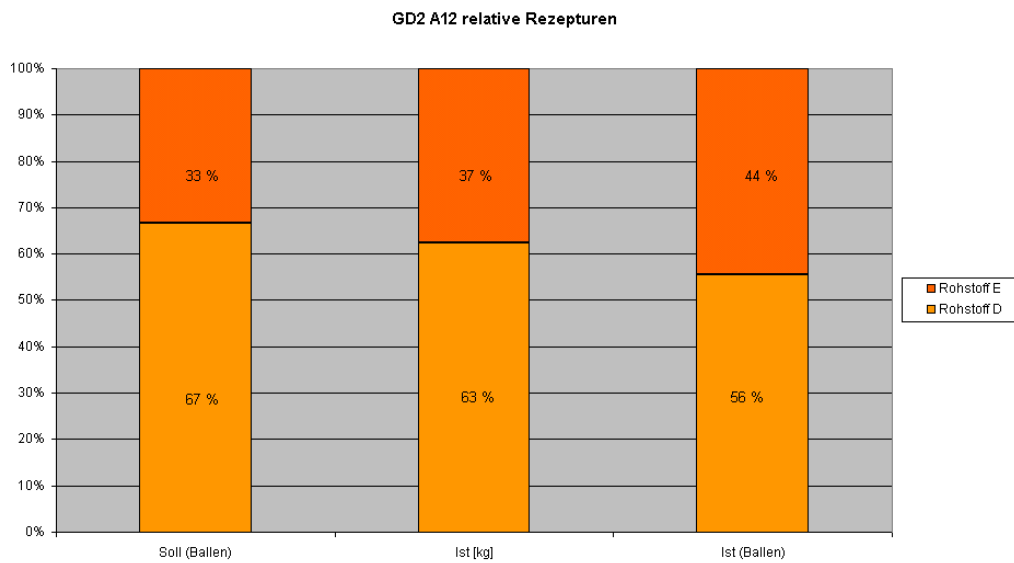


Bild 5.5: Rezeptur Pulver 12

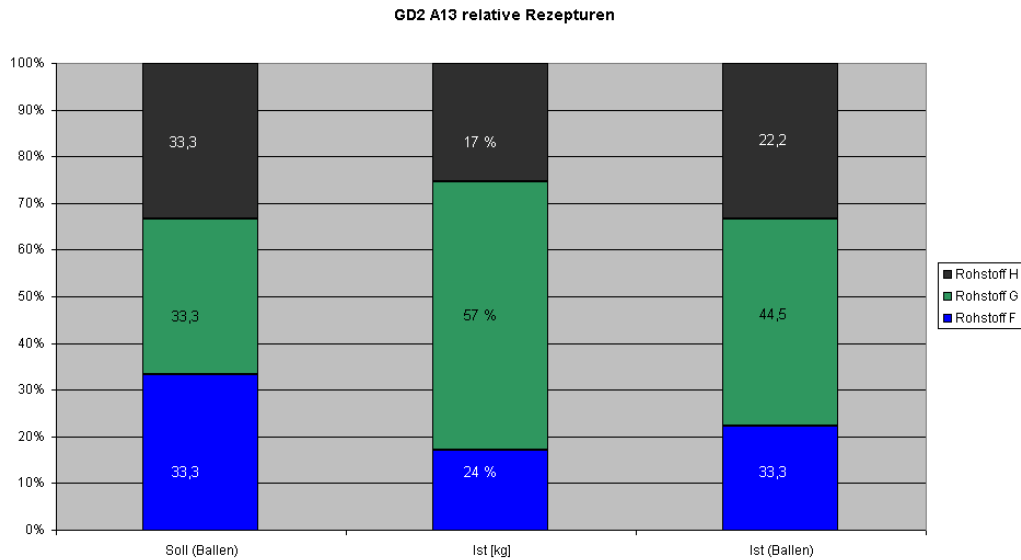


Bild 5.6: Rezeptur Pulper 13

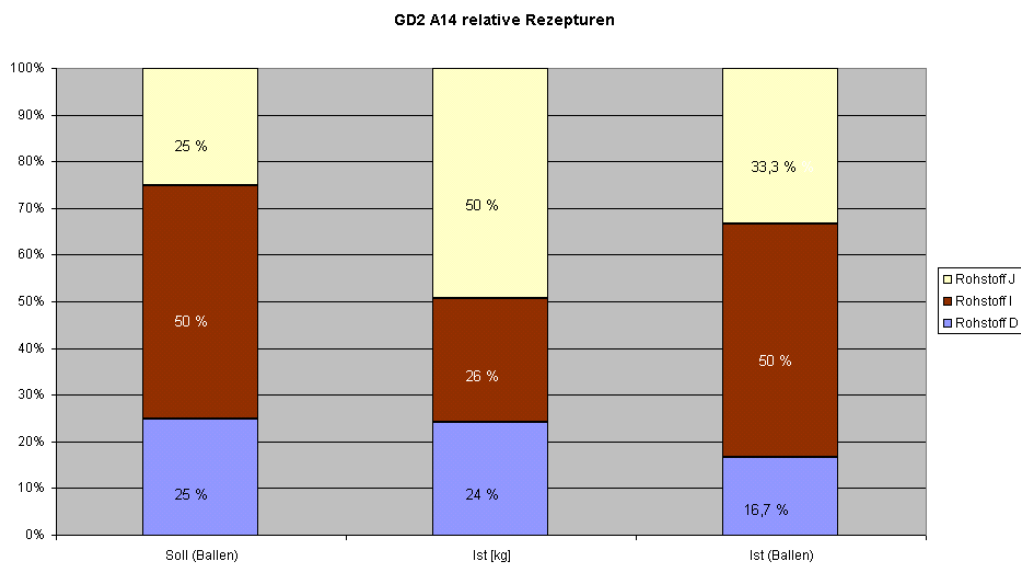


Bild 5.7: Rezeptur Pulper 14

Die technische Spezifikation TS STA – 04/10 (Tabelle 5.1) für Pulper 11 verlangt eine definierte Verteilung der Rohstoffe A : B : C für die Herstellung von GD2 am Messtag mit den Lagengewichten von 500 g/m² und 550 g/m² (Bild 5.4).

Aufgrund der Ballenzählung stimmt das Verhältnis bei der Messkampagne am 09.03.2001 recht gut überein. Die Verwiegung zeigt allerdings, dass mehr Rohstoff A eingesetzt wird, als nach Rezeptur vorgeschrieben ist. Ähnliches gilt für Rohstoff B und C.

In Pulper 12 sollten die Rohstoffe D und E in definiertem Verhältnis eingesetzt werden. Bild 5.5 zeigt, dass die Abweichungen von den Sollvorgaben hier deutlicher ausfallen als bei Pulper 11.

Die Grafiken Bild 5.6 und Bild 5.7 belegen, dass auch in den Pulpern 13 und 14 Abweichungen zu beobachten sind.

5.3.2 Papierfeuchte

Ungenauigkeiten werden auch durch die Papierfeuchtigkeit hervorgerufen.

Zur Ermittlung der Feuchte der verschiedenen Altpapiersorten wurden über den Messkampagnentag jeweils mehrere sortenreine Proben genommen. Nach Bestimmung des Feuchtgewichtes wurden die Altpapiersorten getrocknet und erneut gewogen, um die Feuchte der Proben zu messen. Für die Modellierung wurde über die verschiedenen Feuchtwerte jeder Sorte gemittelt. Bild 5.8: Altpapierfeuchte (Messkampagne 05.03.2001) zeigt die Feuchtemesswerte für die eingesetzten Altpapiersorten als blaue Säulen und die daraus berechneten gewichteten Mittelwerte als orangefarbene Säulen.

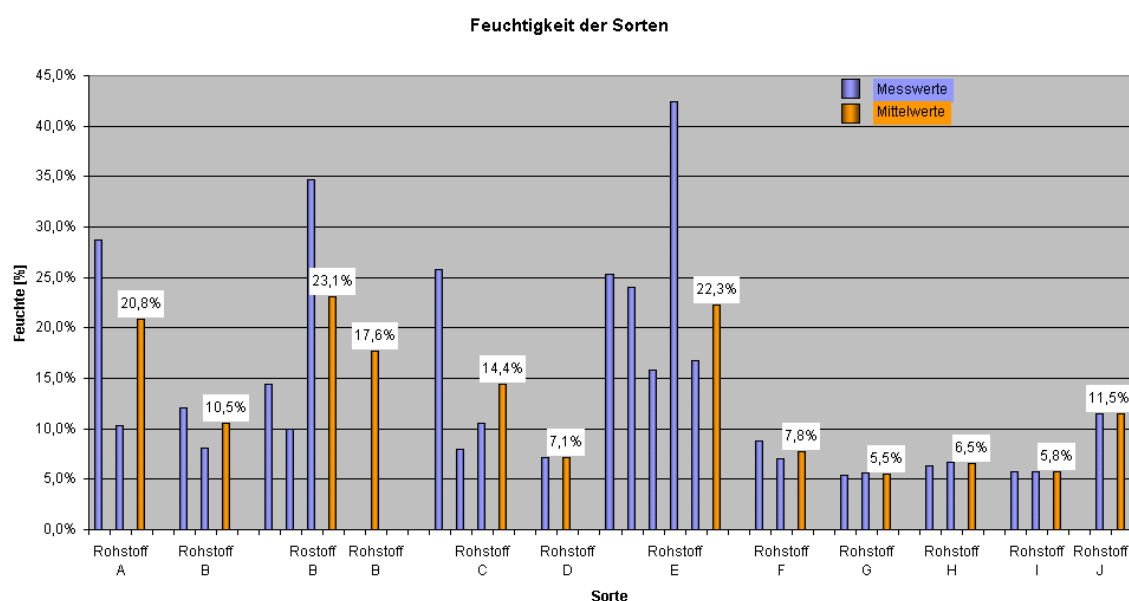


Bild 5.8: Altpapierfeuchte (Messkampagne 05.03.2001)

Einzelne Ballen können je nach Lagerung und Witterung sehr unterschiedlich feucht sein. Für eine exakte Bestimmung des Wasseranteils, der mit den Ballen in die Produktion eingetragen wird, müsste die Feuchtigkeit jedes eingetragenen Ballens oder zumindest die Feuchtigkeit jeder Ballenart (Lagerposition, wie z.B. Bodennähe, liefernder Kunde etc.) bestimmt werden.

5.3.3 Palettenleergewichte

Für die Messkampagne am 05.03.2001 wurden während des gesamten Tages die Leergewichte der Paletten ermittelt, die während der Messkampagne zum Einsatz gekommen sind. Der Vergleich der tatsächlichen Verwiegung mit den Daten aus der Betriebsdatenerfassung zeigen einen Unterschied, der darauf zurückzuführen ist, dass für die Betriebsdatenerfassung für eine Palettensorte ein festes Gewicht eingestellt wird, obwohl das Gewicht jeder Palettensorte deutlich schwanken kann.

Der Vergleich der während der Messkampagne tatsächlich ermittelten Palettengewichte und den Gewichten, die in der Betriebsdatenerfassung hinterlegt wurden, zeigt eine Differenz von mehr als 300 kg in 9 Stunden auf. Die Differenz muss durch Fertigware ausgeglichen werden, wird dem Kunden aber nicht in Rechnung gestellt.

5.3.4 Modellierung des Sollzustandes

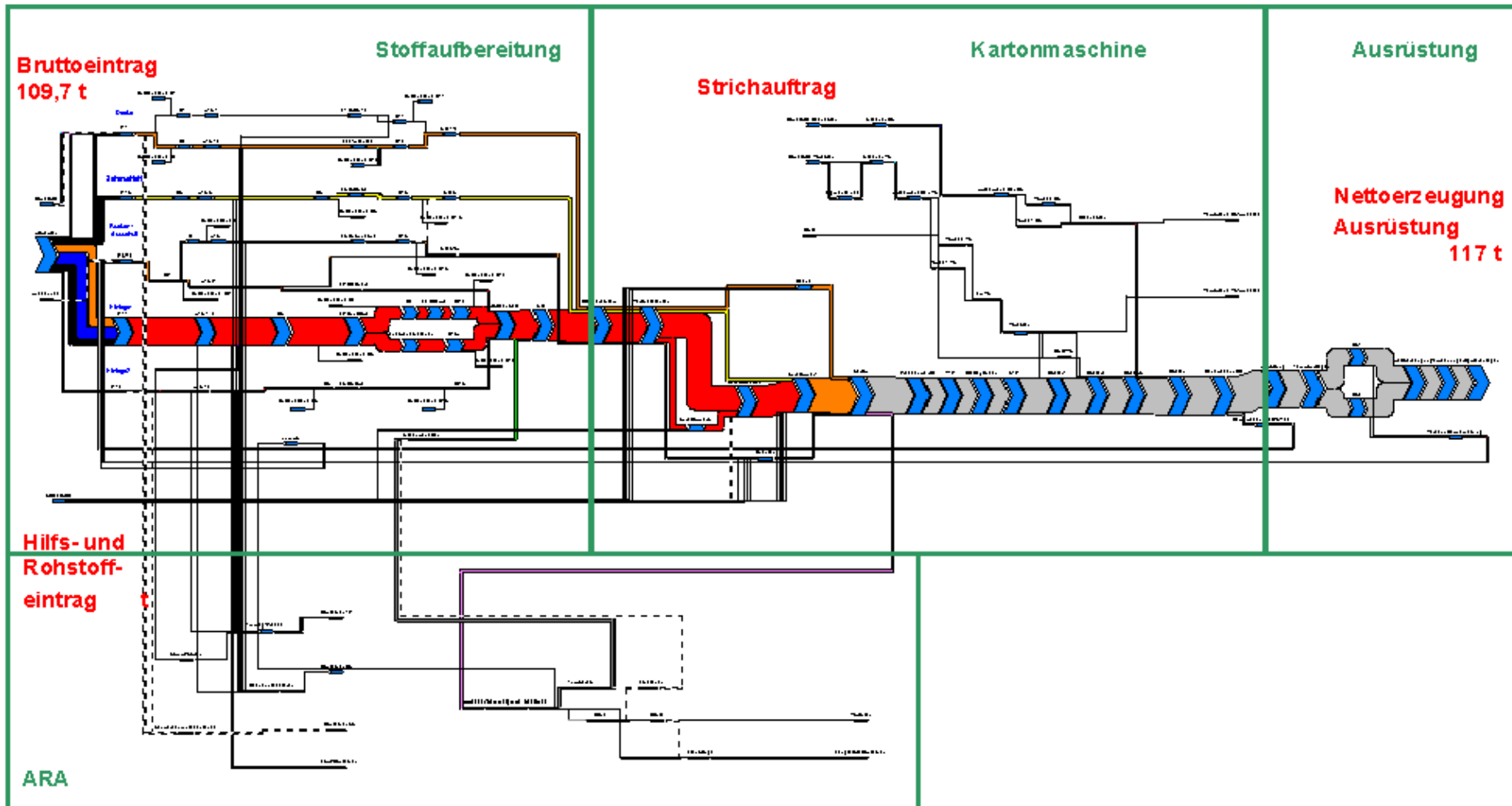


Bild 5.9: Massenbilanz GD2 (Soll-Modell)

Auf der Basis der oben aufgeführten Daten wurde das Sollmodell (Bild 4.7) für die Produktion von GD2 von der Stoffaufbereitung über die Kartonmaschine inklusive Strich bis hin zur Ausrüstung erstellt.

Die in der Spezifikation TS STA – 04/10 (Tabelle 5.1) beschriebenen Materialien werden in die Stoffaufbereitung eingetragen und dort für die weitere Produktion vorbereitet. Aus der Stoffaufbereitung gelangt das Material über verschiedene Cleanerstufen und Vertikalsichter zum Stoffauflauf. Hier werden dem Kartonbrei Hilfsstoffe zugesetzt und die einzelnen Lagen des Kartons erzeugt. Nach Zusammenfügen der Lagen passiert der entstandene Karton die Pressenpartie, die Vortrockenpartie, die Glätzzylinder und die Nachtrockenpartie, um anschließend in den Coatern mit Strich versehen zu werden. Vor der Aufrollung der fertigen Kartonbahn wird noch der Rand beschnitten. Bei GD2 liegt die Arbeitsbreite bei etwa 3,22 m und wird auf die Nettoarbeitsbreite von ca. 3,08 m vor der Aufrollung reduziert. Es werden also 0,14 m (4,35 %) der fertigen Ware abgeschnitten und als eigener Ausschuss in die Stoffaufbereitung zurückgeführt

Die fertigen Tamboure werden in der Ausrüstung zu den gewünschten Formaten zugeschnitten und dann eingelagert bzw. ausgeliefert.

Das Soll-Modell ist so aufgebaut, dass die Nettoproduktion vorgegeben wird. Der Stoffeintrag an Roh- und Hilfsstoffen sowie an Strich wird automatisch berechnet. Dies ist möglich, da die zentralen Prozessschritte durch Prozessvorschriften beschrieben werden.

Um das Soll-Modell der Produktion von GD2 mit der Tagesproduktion vom 09.03.2001 vergleichen zu können, wurde die gleiche Nettoproduktion als Basis für die Modellberechnungen eingestellt, wie sie auch in den neun Stunden der Messkampagne ermittelt wurde.

Bei Vorgabe einer Nettoerzeugung von 126,9 t ergibt die Bilanzierung einen Altpapiereintrag von insgesamt 109,7 t in die Stoffaufbereitung. Vom Papiereintrag wird ein Bruchteil als Grobschmutz entsorgt. Zusätzlich werden Hilfsstoffe unmittelbar in die Stoffaufbereitung und über den Stoffauflauf zugeführt sowie mittels der Coater Strich auf die Kartonbahn aufgetragen. Die verbleibende Differenz zwischen Input und Output geht über die ARA in den Fangstoffcontainer und wird von dort entsorgt.

5.3.5 Modellierung des Ist-Zustandes

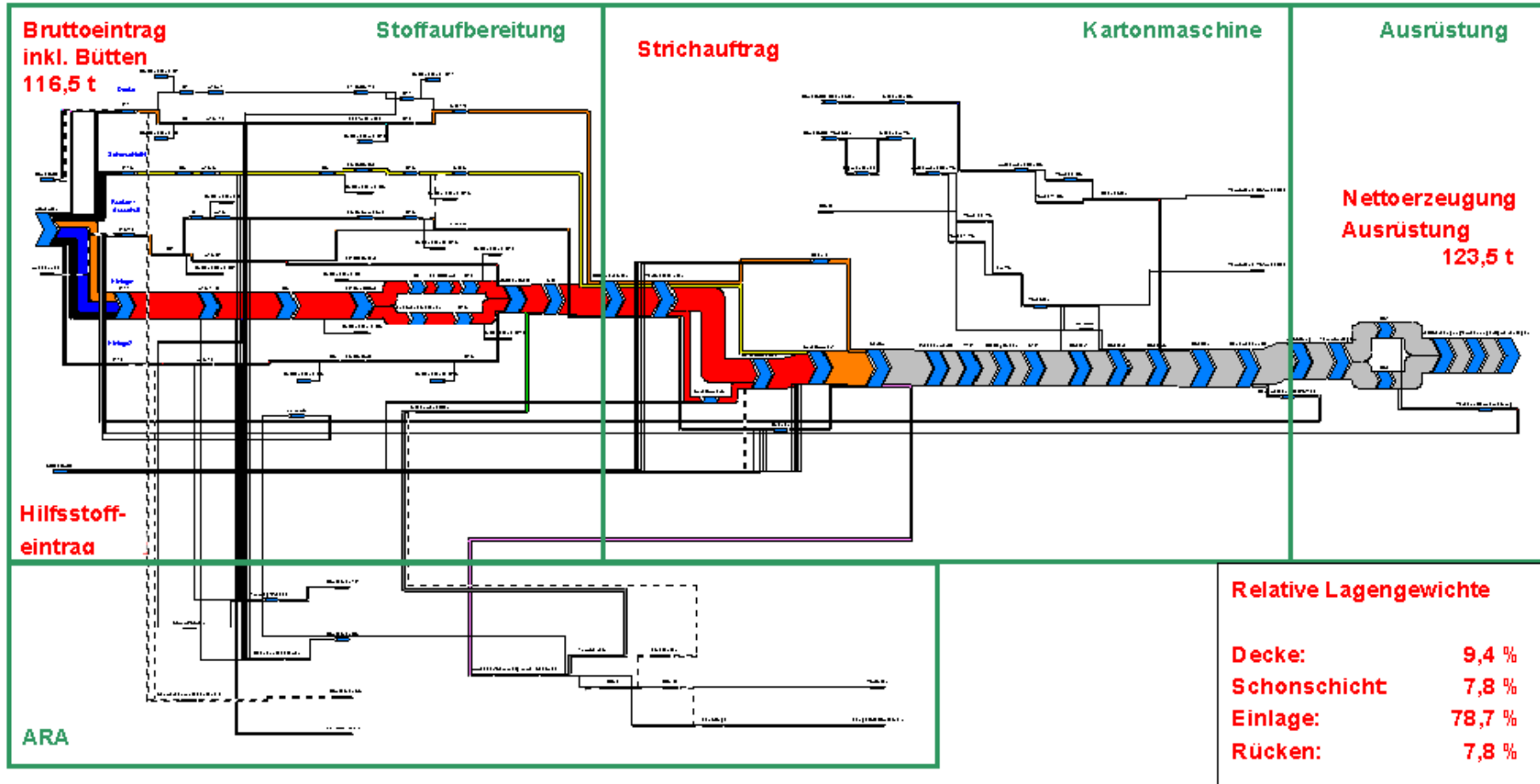


Bild 5.10: Massenbilanz GD2 (Ist-Modell)

Das Ist-Modell (Bild 4.8) basiert auf den Daten, die bei der Messkampagne am 09.03.2001 ermittelt wurden und entspricht im Aufbau dem Soll-Modell. Netto wurden etwa 123,5 t geschnittene Ware in neun Stunden produziert.

Die Modellierung erfolgt in diesem Fall nicht rückwärts gerichtet, wie beim Soll-Modell, bei dem die Nettoproduktion vorgegeben wurde, um die übrigen Mengen aus der Bilanzierung zu ermitteln. Beim Ist-Modell wurden die Input-Mengen vorgegeben und daraus die erzeugte Produktmenge berechnet.

In der Stoffaufbereitung beschreiben die Prozessvorschriften den Zusammenhang zwischen den Inputmengen und den darin enthaltenen Grobschmutzmengen, die in den Auflösern bzw. in den Turboseparatoren (ATS) abgetrennt werden. Die Grobschmutzmengen je t eingebrachtem Altpapier wurden unmittelbar aus den Wiegungen am Messkampagnentag berechnet.

Die Materialeinbringung in die verschiedenen Lagen des Kartons wurde auf der Basis einer Lagengewichtsbestimmung (Zerlegung einer Kartonprobe und Verwiegung) bestimmt.

Der Materialeintrag durch Hilfsstoffe und Strich wurde am Messtag direkt erfasst und in die Prozessvorschriften integriert.

Auch der Randbeschnitt von 4,94 % vor der Aufrollung und der Verschnitt der Ausrüstung von 2,6 % wurden am Kampagnentag ermittelt.

Zusätzlich sind im Ist-Modell die Büttenstände berücksichtigt worden. Vom Rohstoff für die Decke werden der Stoffaufbereitung 0,71 t für die Produktion entnommen. Für die Einlage 2 werden 1,09 t aus den Bütten entnommen. Von den übrigen Materialien verbleiben jeweils Mengen in den Bütten zurück, und zwar 0,47 t vom Schonschichtmaterial, 2,37 t in den Rücken/Ausschuss-Bütten und 1,93 t in den Bütten für die Einlage 1.

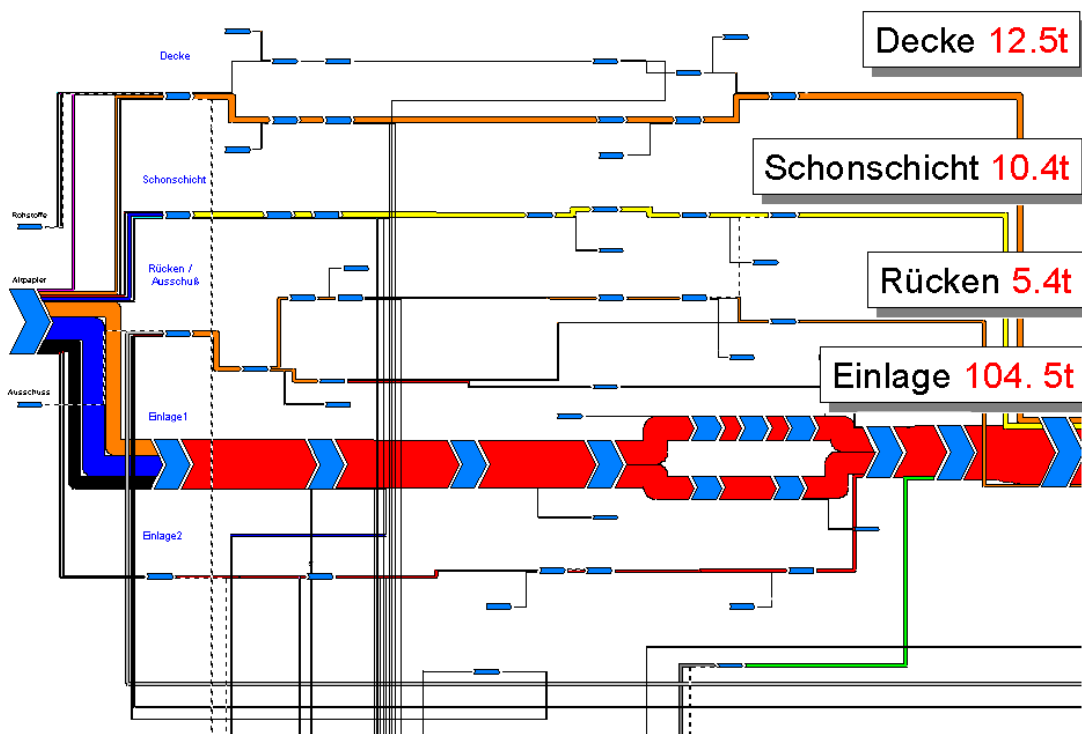


Bild 5.11: Materialverwendung für die verschiedenen Kartonlagen

Nach der Stoffaufbereitung wird das von groben Verschmutzungen befreite Material für die verschiedenen Kartonlagen (Bild 5.11) über Cleanerstufen und Vertikalsichter zum Stoffauflauf gefördert.

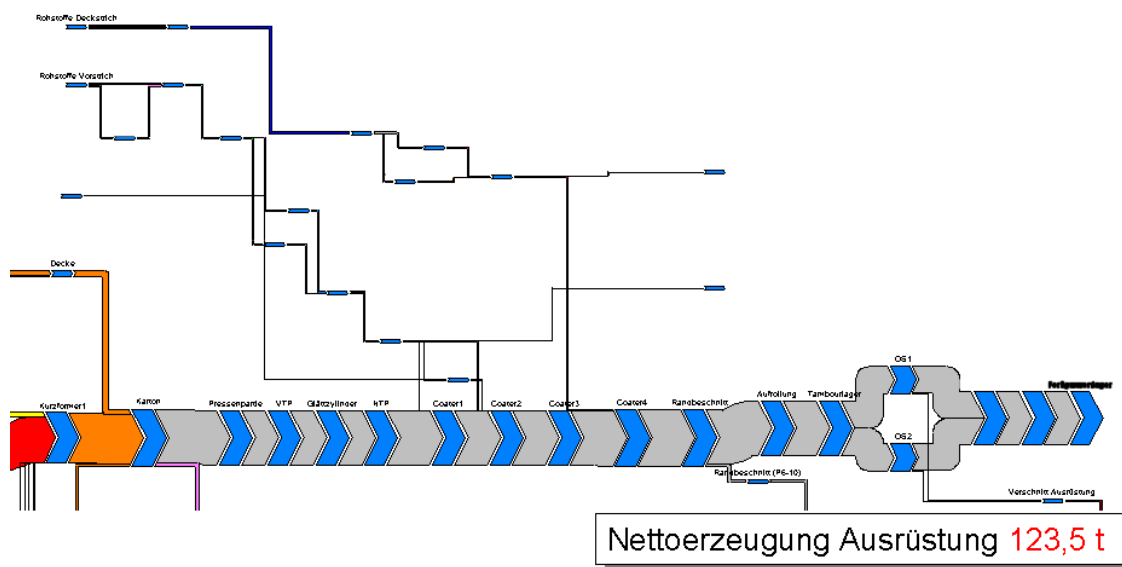


Bild 5.12: Strichauftrag und Nettoerzeugung

Anschließend erfolgt der Auftrag von Vor- und Deckstrich sowie die Rückseitenpräparation.

Der Randbeschnitt vor der Aufrollung der Tamboure und auch der Verschnitt der Ausrüstung wurden in die Ausschusspulper P6-9 zurückgeführt.

Die Lagengewichtsanalyse des Fertigproduktes zeigte, dass 12,5 t (9,4 %) Rohstoff in die Decke, dass 5,4 t (4,1 %) Rohstoff in den Rücken, dass 10,4 t (7,8%) in die Schonschicht und dass 104,5 t (78,7 %) Rohmaterial in die Einlage eingetragen wurden.

5.3.6 Produktivitätskennzahlen

Tabelle 5.5: Produktivitätskennzahlen

Kennzahlen	GD2 Soll	Ist
<i>Kartonmaschine</i>		
Fertigware Netto KM / Bruttoproduktion	95,1%	95,1%
Randbeschnitt / Bruttoproduktion	4,9%	4,9%
Papiereintrag / Rohstoffeintrag	> 90%	> 90%
Hilfsstoffeintrag / Rohstoffeintrag	>0,5%	>0,5%
Stricheintrag / Rohstoffeintrag	>3%	>3%
Ausschussrückführung / Bruttoproduktion	12,3%	7,4%
Grobschmutz / Altpapiereintrag	1,0%	4,3%
Fangstoff ARA / Altpapiereintrag	1,8%	1,7%
<i>Ausrüstung</i>		
Verschnitt / Rohstoffeinsatz Ausrüstung	7,8%	2,6%
Fertigware / Rohstoffeinsatz Ausrüstung	92,2%	97,4%

Bei der Produktion von GD2 fällt auf, dass wesentlich weniger Randbeschnitt als bei der Produktion von GRU pigmentiert angefallen ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Bruttoproduktionsbreite mit 3,22 m um 6 cm schmaler und gleichzeitig die verwendete Arbeitsbreite mit 3,08 m um ca. 15 cm breiter ausfiel als bei der Herstellung von GRU pigmentiert. Somit wurde bei der GD2-Produktion 21 cm weniger Ausschuss aus Randbeschnitt produziert.

Während der Messkampagne wurde Fertigware produziert, die außergewöhnlich wenig Verschnitt verursachte. 2,6 % Verschnitt wird sich im Durchschnitt nicht erreichen lassen. Der Wert von 7,8 % entspricht dem vergangenen Jahresdurchschnitt.

5.3.7 Materialeintrag im Vergleich SOLL- / IST- / SAP-Daten

Für die Planung und Kalkulation dienen bei Kappa Baden Karton die im SAP-System hinterlegten Rezepturen. Aus diesem Grund wurde zusätzlich zu den Untersuchungen der Soll- und Ist-Situation auch noch eine Analyse auf Grundlage der SAP-Rezepturen durchgeführt.

Vor dem Hintergrund der Soll-Vorgaben und dem Soll-Ist-Vergleich ergeben sich zu den festgelegten SAP-Rezepturen Differenzen.

5.4. Weitere Ergebnisse

5.4.1 Stumpen

In der Ausrüstung werden aus den abgerollten Tambouren Formate zugeschnitten. Dabei war zu beobachten, dass die Tamboure nicht vollständig abgewickelt wurden, da das sehr eng gewickelte Material mit den verfügbaren Schneidvorrichtungen nicht exakt zugeschnitten werden können. Der Grund dafür ist die Krümmung des auf der Schneidmaschine liegenden Kartons. Auf jedem Tambour bleiben ca. 200 m Fertigware zurück, die nicht zugeschnitten werden können. Bei einem durchschnittlichen Tambour von etwa 5.500 m entspricht das einem Anteil von etwa 3,6 %, der vom Personal abgewickelt werden muss und als Ausschuss zurück in die Ausschussbüten eingebracht wird.

Zur Behebung dieses Problems sind zwei kostengünstige Alternativen möglich:

Vergrößerung des Durchmessers des Tambourzylinders, um die Krümmung der inneren Kartonwicklungen zu reduzieren. Die einfachste Möglichkeit um diese zu erreichen besteht darin, die Stumpen einfach nicht abzuwickeln, sondern diesen direkt für die Aufrollung neuer Fertigware einzusetzen. Alternativ könnte auch eine Verdickung durch ein anderes Material erreicht werden (Kunststoff o.ä.).

Führung des Kartons über eine Walze (Rolle), die der Krümmung des Kartons nach seiner Abwicklung entgegenwirkt (Biegung des Kartons entgegen seiner Krümmung).

5.4.2 Verschmutzung eines geringerwertigen Rohstoffs

Bei Betrachtung des Grobrejekttaufkommens im Zusammenhang mit dem Einsatz eines geringerwertigen Altpapiers über die Jahre 1999 und 2000 ergibt sich ab Dezember 1999 eine

sehr enge Korrelation zwischen der Einsatzmenge dieser Sorte und dem gesamten Grobrejektanfall.

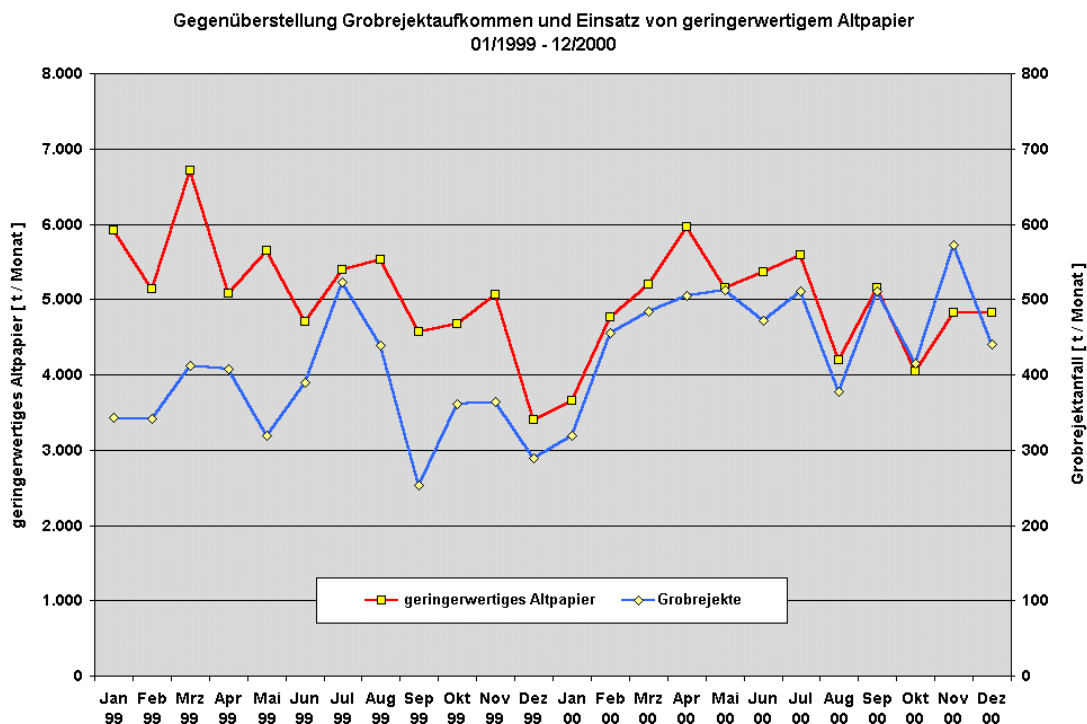


Bild 5.13: Gesamtes Grobrejektanfall und Einsatz eines geringerwertigen Altpapiers

Diese enge Korrelation legt die Vermutung nahe, dass der Hauptbestandteil der Rejekte aus dem Eintrag dieses geringerwertigen Altpapiers resultiert.

Unter Einberechnung der Entsorgungskosten für den mit dem Altpapier eingekauften Schmutzanteil ergeben sich veränderte effektive Kosten je Tonne. Dabei sind die Kosten für Containermieten und Handling des Materials noch nicht berücksichtigt. Nach Korrektur liegt der über dem einer wesentlich saubereren Sorte.

Es ist also zu prüfen, ob es nicht möglich ist, wesentliche Anteile des geringerwertigen Altpapiers durch das weniger verunreinigte zu ersetzen. Dabei ist neben der Eignung der Qualität der Sorte auch dessen Verfügbarkeit am Markt zu prüfen.

5.5. Ergebniszusammenfassung der Materialbilanz Weißware

5.5.1 Altpapiereintrag und Rezepturen

Auf Grund großer Gewichtsunterschiede zwischen den Ballen einer Sorte (schwerster Ballen einer Sorte bis zu viermal so schwer wie leichtester Ballen) und auch zwischen den Ballen verschiedener Sorten ist ein gleicher Stoffeintrag für gleiche Produkte durch Ballenzählung nicht sicherzustellen. Abweichungen von der Rezeptur sind nicht zu vermeiden. Die Produktqualität kann nur garantiert werden, wenn ein gleichmäßiger Stoffeintrag durch Wiegung der eingetragenen Materialien durchgeführt wird. Alternativ würde die sortenreine Auflösung einzelner Inputmaterialien in eigenen Auflösern diese Fehlerquelle ausschließen. Die Rezepturen müssten dann von den Ballenverhältnissen auf Durchflussmengen aus den Auflösern in Mischbehälter umgestellt werden.

5.5.2 Feuchte der eingetragenen Materialien

Zur exakten Bestimmung des Materialeintrages muss der Einfluss der Feuchte eliminiert werden. Extreme Schwankungen der Ballenfeuchten zwischen 5,5 % und 42 % erfordern die Messung der Wassergehalte der eingetragenen Papiersorten.

5.5.3 Palettenleergewicht

Die konsequente Ermittlung des Palettengewichtes und dessen Weitergabe an die BDE erweist sich als unbedingt erforderlich, da die Paletteneinzelgewichte stark variieren. Bisher ergibt sich zwischen den in der BDE hinterlegten und den gemessenen Tara-Gewichten eine deutliche Differenz, die darauf zurückzuführen ist, dass in der BDE feste Werte der Palettengewichte für längere Zeiträume eingegeben sind.

Zur Behebung dieser Ungenauigkeit müsste das Tara-Gewicht jeder einzelnen Palette bei Verwendung ermittelt und automatisch an die Betriebsdatenerfassung übertragen werden.

5.5.4 Einhaltung von Rezepturen

Für eine sichere Kalkulation und auch die Sicherstellung der Produktqualität ist die Einhaltung der Rezepturen zwingend erforderlich. Sowohl bei der Produktion als auch im SAP-System muss die Rezeptur (Sollvorgabe) als Basis eingehalten werden.

5.5.5 Stumpfen

Die Prüfung, ob eine Reduzierung der Stumpfen durch Verringerung der Krümmung des abgerollten Kartons möglich ist, ist angezeigt. In den Stumpfen steckt ein Einsparpotential an Material, das im Kreislauf geführt wird von etwa 3,6 %. Zur Vermeidung kann der Tambourzylinder verdickt werden oder der abgerollte Karton entgegen seiner Krümmung über eine Rolle geführt werden.

5.5.6 Gemischtes Altpapier B12 und Grobrejekte

Eine der eingekauften Altpapiersorten enthält einen relativ hohen Grobschmutzanteil, der mitgekauft und zusätzlich entsorgt werden muss. Es ist zu prüfen, ob dieses Altpapier nicht weitgehend durch ein alternatives ersetzt werden kann. Unter Einrechnung der Entsorgungskosten und unter Berücksichtigung der effektiv verfügbaren Rohstoffmenge nach Abzug der Schmutzmenge ergibt sich ein Preisvorteil.

6. Energieverbrauch

6.1. Beschreibung der Ist-Situation

6.1.1 Einführung

Kappa-Badenkarton bezieht als Energieträger elektrische Energie, Erdgas und Heizöl. Die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt aus dem Netz der EnBW Regional AG, der Stromlieferant ist die EnBW Energievertriebsgesellschaft mbH. Die Versorgung erfolgt aus dem Mittelspannungsnetz (20 kV) der EnBW Regional AG.

Die Gasversorgung erfolgt durch die Gasbetriebe Emmendingen GmbH. Bis Anfang der 90er Jahre wurde als Energieträger zur Wärmeerzeugung Kohle eingesetzt. Erst im Anschluss daran wurde eine Umstellung auf Erdgas vorgenommen. Von untergeordneter Bedeutung ist der Einsatz von Diesel (Heizöl). Diesel wird bei Kappa-Badenkarton in einem BHKW eingesetzt, wenn technische Probleme beim Betrieb des Abhitzekessels bzw. der Gasturbine auftreten.

Als Endenergieträger in der Produktion werden bei Kappa-Badenkarton elektrische Energie, Dampf, Erdgas und Druckluft eingesetzt. Elektrische Energie dient zum Antrieb von Elektromotoren sowie für Beleuchtung und Belüftung. Nutzelektrizität zur Anwendung in Elektrolysebädern bzw. für galvanische Zwecke erfolgt nicht. Dampf wird für die Konditionierung der Prozessluft in der Trockenpartie der Kartonmaschine und für Raumheizung verwendet. Erdgas dient als Energieträger für die Infrarotstrahler an der Kartonmaschine im Bereich der Strichtrocknung (Coater). Druckluft wird sowohl als Arbeitsluft sowie als Steuerluft an der Kartonmaschine und in der Stoffaufbereitung eingesetzt.

Kappa-Badenkarton betreibt zu Bereitstellung von Wärme (Dampf) und elektrischer Energie ein GuD-Heizkraftwerk, welches im Jahr 1994 umgebaut wurde. Die Auslegung des GuD-Heizkraftwerks erfolgte unter der Maßgabe, die vorher bestehende Entnahme-Kondensationsdampfturbinenanlage zu integrieren. Hierzu musste die Dampfturbine auf die neuen Dampfparameter umgebaut werden. Dadurch bedingt ist jedoch, dass die elektrische Leistung des GuD-Heizkraftwerks die unternehmensinterne Verbrauchsleistung an elektrischer Energie übersteigt. Dies bewirkt, dass Kappa-Badenkarton im Normalbetrieb eine elektrische Leistung von rd. 1,6 MW in das Netz der EnBW Regional AG zurückleistet. In der Betriebsführung ergibt sich dadurch der Vorteil, dass bei einem drohenden Netzausfall oder Spannungsschwankungen (z. B. bei Gewitter) der Übergabetransformator zum Netzbetreiber

leistungsfrei geschaltet werden kann. Bei einem tatsächlich eintretenden Netzausfall kann die im Unternehmen erforderliche elektrische Leistung ohne Produktionsausfall und ohne Auslösen von Sicherungseinrichtungen zur Schnellabschaltung im GuD-Heizkraftwerk bereitgestellt werden.

Die Konfiguration des GuD-Heizkraftwerks mit Kondensationsbetrieb der Dampfturbine bewirkt jedoch auch, dass eine relativ hohe Wärmemenge im Kondensator an die Umgebung abgegeben werden muss. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Strompreiserlöse für „eingespeisten Strom“ seit der Liberalisierung des Energiemarkts erheblich gesunken sind. Grundsätzlich ist aus heutiger Sicht der Kondensationsbetrieb der Dampfturbine aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus zu überprüfen.

Zur Berechnung von Wärmebilanzen bzw. des Dampfverbrauchs an der Kartonmaschine wird der Kesselwirkungsgrad durch Kappa-Badenkarton auf 93 % festgelegt. Ausgehend von der eingesetzten bzw. vom Erdgasversorger in Rechnung gestellten Erdgasmenge werden dann über den Kesselwirkungsgrad die Dampferzeugung, der Dampfverbrauch und alle weiteren nachgeschalteten Wärmeverbrauche berechnet.

Kappa-Badenkarton ist ein Unternehmen mit „gewachsenen Strukturen“. Dies bedeutet, dass die Konfiguration von energietechnischen Einrichtungen, Verschaltungen etc. nur teilweise dokumentiert sind und/oder aus energietechnischer Sicht nicht optimal eingerichtet wurden. Dies betrifft alle untersuchten Bereiche. So ist z. B. die verfügbare Liste mit den wesentlichen elektrischen Energieverbrauchern unvollständig. Bei der Druckluftanwendung (Druckluftverbrauch) sind die Leitungsführungen unvollständig dokumentiert und eine Aufstellung der wesentlichen Verbraucher ist nicht verfügbar. Die technischen Daten zur Prozessluftbereitstellung mit Hallenbe- und -entlüftung sind nicht ausreichend dokumentiert. Dadurch bedingt sind Einschränkungen bei der Auflösung des Druckluftverbrauchs, der Erstellung von Massen- und Energiebilanzen bei der Prozessluftbereitstellung sowie bei der Hallenbe- und -entlüftung.

Spezifische Werte und Kennzahlen mit der Bezugsbasis „pro Masse produzierten Karton (X/tKarton)“ werden in diesem Kapitel grundsätzlich auf die Bruttoerzeugung der Kartonmaschine bezogen.

6.1.2 Verbrauch an Energieträgern

In Bild 6.1 ist der absolute Verbrauch an Erdgas und elektrischer Energie im Jahr 2000 aufgeteilt nach Monaten dargestellt. In Bild 6.2 ist der spezifische Wärmeverbrauch, der spezifische Dampfverbrauch sowie der spezifische Verbrauch an elektrischer Energie, aufgeteilt nach Monaten für das Jahr 2000, dargestellt.

Der Verbrauch an Druckluft im Zeitraum 27.03. bis 02.04.2001 ist in Bild 6.3 dargestellt.

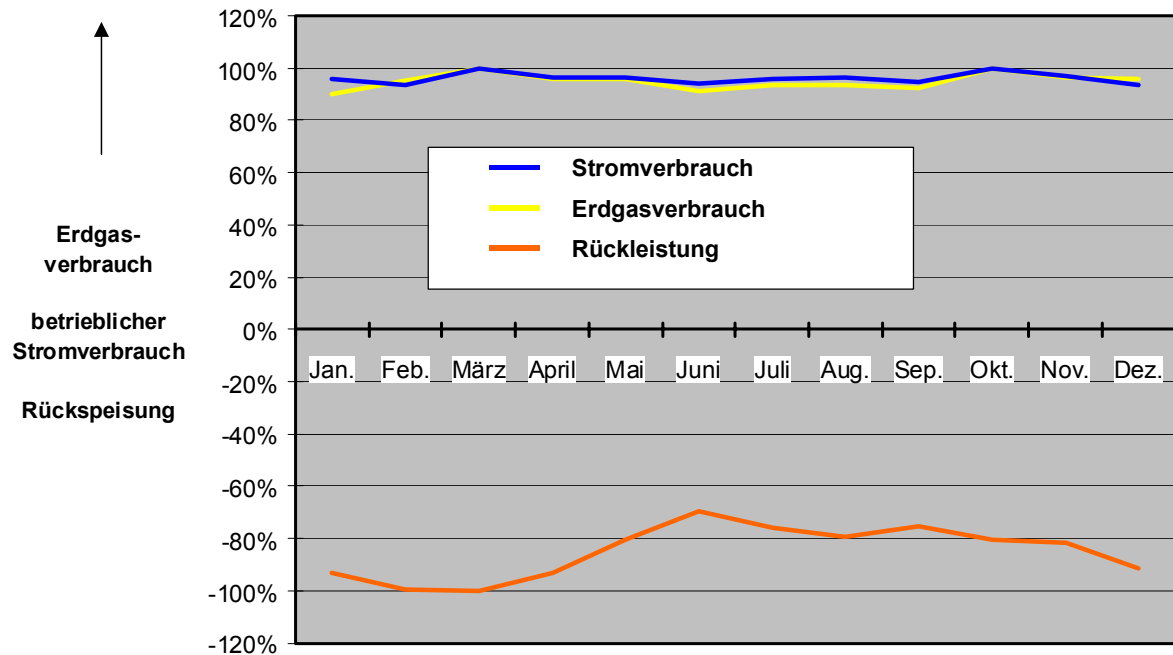


Bild 6.1: Jahreszeitlicher Verlauf des absoluten Verbrauchs an Erdgas und elektrischer Energie der Kappa-Badenkarton im Jahr 2000

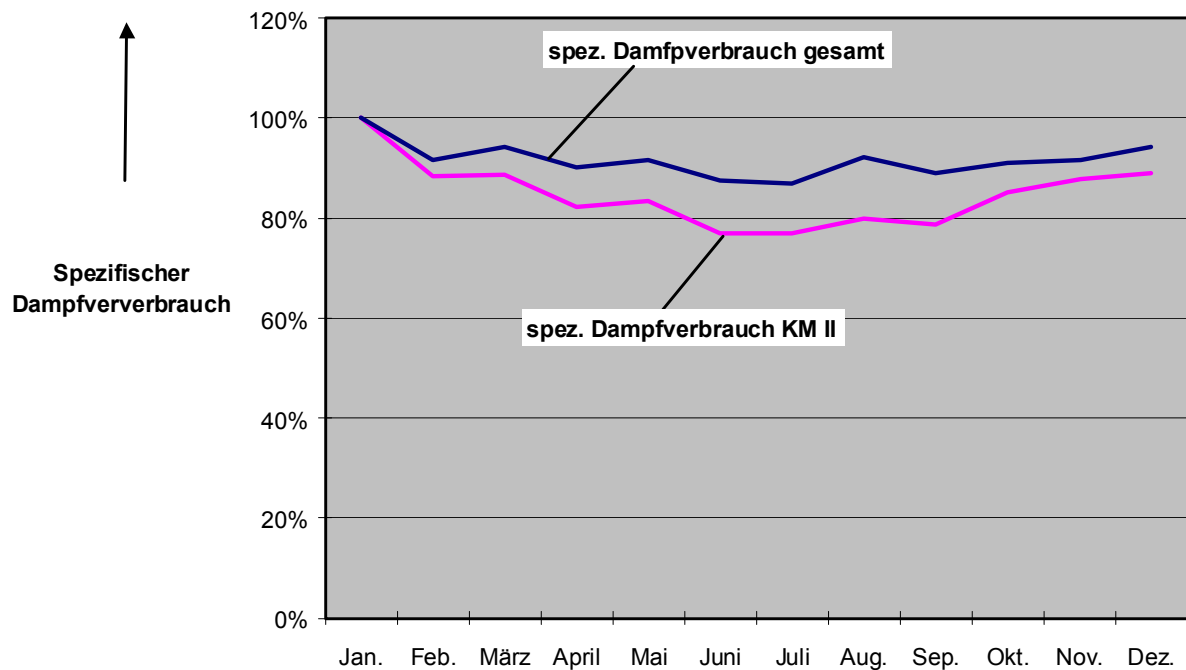


Bild 6.2: Jahreszeitlicher Verlauf von spez. Dampfverbrauchskennwerten der Kappa-Badenkarton im Jahr 2000

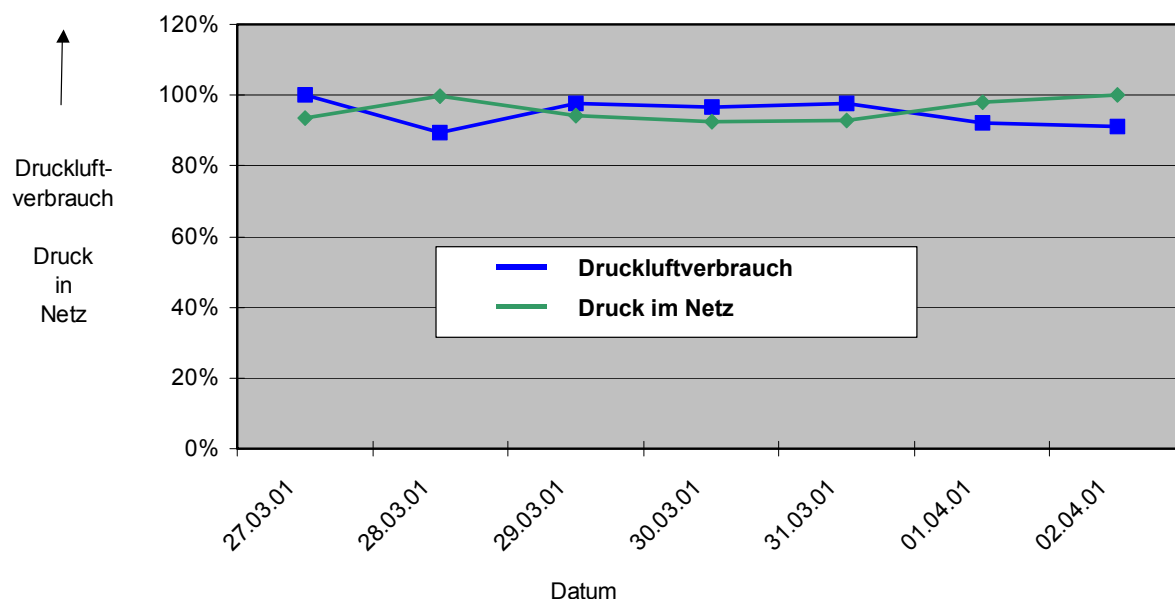


Bild 6.3: Gemessene Daten zum Druckluftverbrauch bei Kappa-Badenkarton vom 27.03 bis 02.04.2001

6.1.3 Technische Einrichtungen zur Energiewandlung

6.1.3.1 Betrieblicher Dampfverbrauch

Der wesentliche betriebliche Dampfverbraucher bei Kappa-Badenkarton ist die Kartonmaschine II. Die Verschaltung der einzelnen Frischdampfverbraucher an der Kartonmaschine II ist in Bild 6.4 schematisch dargestellt. Am Eintritt des Kartons in die Trockenpartie befinden sich zwei Dampfblaskästen. Anschließend läuft der Karton über eine Heißpresse bzw. Thermopresse.

Die weiteren Zylinder in der Trockenpartie werden teilweise mit Frischdampf, teilweise mit Brügendampf und teilweise sowohl mit Brüden- als auch mit Frischdampf beheizt. Das Entwässerungssystem der Trockenzylinder ist ein Schöpfsystem. Der Gegendruck zur Entwässerung wird nach den Trockenzylinder über Stufendüsen auf einen festen Wert eingestellt. Das die Zylinder verlassene Kondensat wird an acht Kondensatsammlern zusammengeführt und das Kondensat vom Brügendampf getrennt. Die acht Kondensatsammler besitzen zwei unterschiedliche Druckniveaus. Der Teil des Brüendampfes, der nicht mehr in den Trockenzylindern eingesetzt werden kann, wird über die beiden Blasanlagen zur Vorwärmung der Blasluft eingesetzt und anschließend in den Hilfskondensatoren endgültig niedergeschlagen bzw. unterkühlt.

Zwischenmessungen bezüglich des Dampfverbrauchs in einzelnen Bereichen der Kartonmaschine II sind nicht vorhanden. Eine Auflösung des Dampfverbrauchs und damit des Energie-

verbrauchs auf einzelne Anlagenteile, z. B. Trockenzyylinder, Frischdampf in der Blasluftaufbereitung, ist damit nicht möglich.

Weitere betriebliche Dampfverbraucher sind in der Stoffaufbereitung die Zerkfasererschnecke an Linie 7 (Direktbeheizung) und die Wasservorwärmung (Indirektbeheizung) vor dem Disperger ebenfalls in der Linie 7. Darüber hinaus werden alle Raumheizeinrichtungen und der Stärkekocher in der Streichküche mit Frischdampf versorgt.

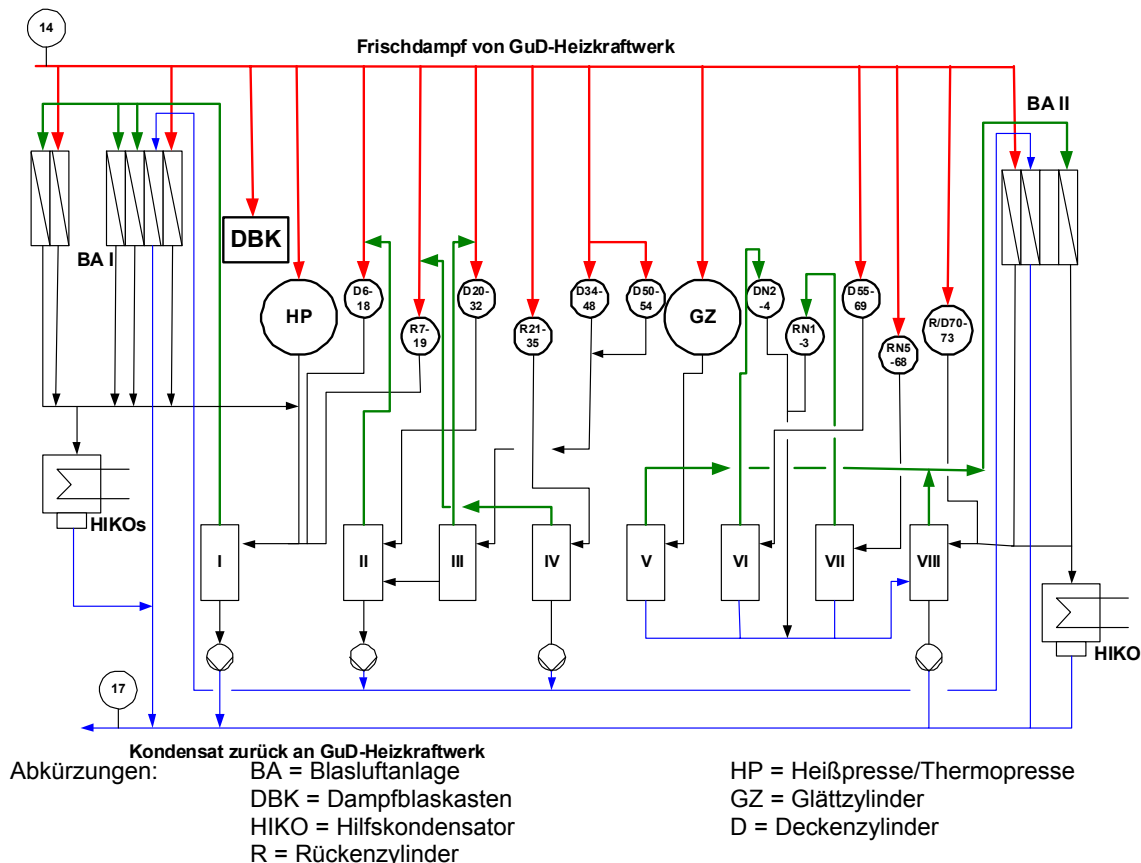


Bild 6.4: Schematische Darstellung des Dampf- und Kondensatkreislaufs der Kartonmaschine II (KM II) bei Kappa-Badenkarton

6.1.3.2 Prozessluft mit Hallenbe- und -entlüftung

Die Bereitstellung von Prozessluft (Blasluft für die Trocknungspartie) ist schematisch in Bild 6.5 dargestellt. Die angesaugte Frischluft wird über eine Wärmerückgewinnung einem Frischdampfheizregister zugeführt. Anschließend gelangt diese erwärmte Prozessluft in die Trockenpartie. Die Abluft aus der Trockenpartie wird über die Wärmerückgewinnung zurückgekühlt und anschließend ins Freie abgesaugt.

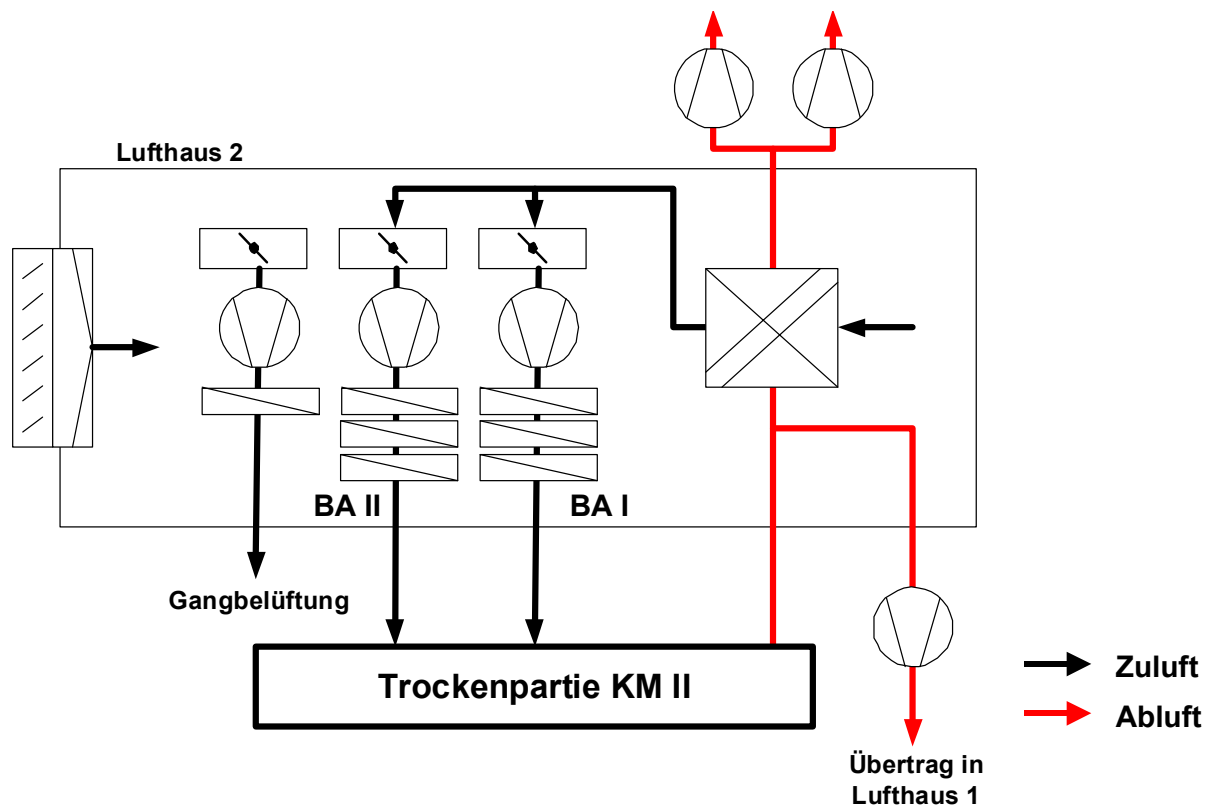


Bild 6.5: Schematische Darstellung der Prozessluftbereitstellung (Blasluft für Trockenpartie KM II)

6.1.3.3 Elektrischer Energieverbrauch

Im Bereich des elektrischen Energieverbrauchs wird über Zwischenzähler der Verbrauch von einzelnen Verbrauchergruppen gemessen. In Bild 6.6 ist die Zählerhierarchie mit den wesentlichen elektrischen Verbrauchern bzw. Verbrauchergruppen dargestellt.

Durch Umbaumaßnahmen im Jahr 2001 wurden einige Verbrauchergruppen vor der Durchführung der Energiemessung umgeschlossen. Da die Vergleichbarkeit mit den ermittelten Messwerten der Energiemessung nicht gegeben ist, wird auf eine explizite Darstellung der bisher von Kappa-Badenkarton ermittelten Verbrauchswerte an den einzelnen Zählern verzichtet.

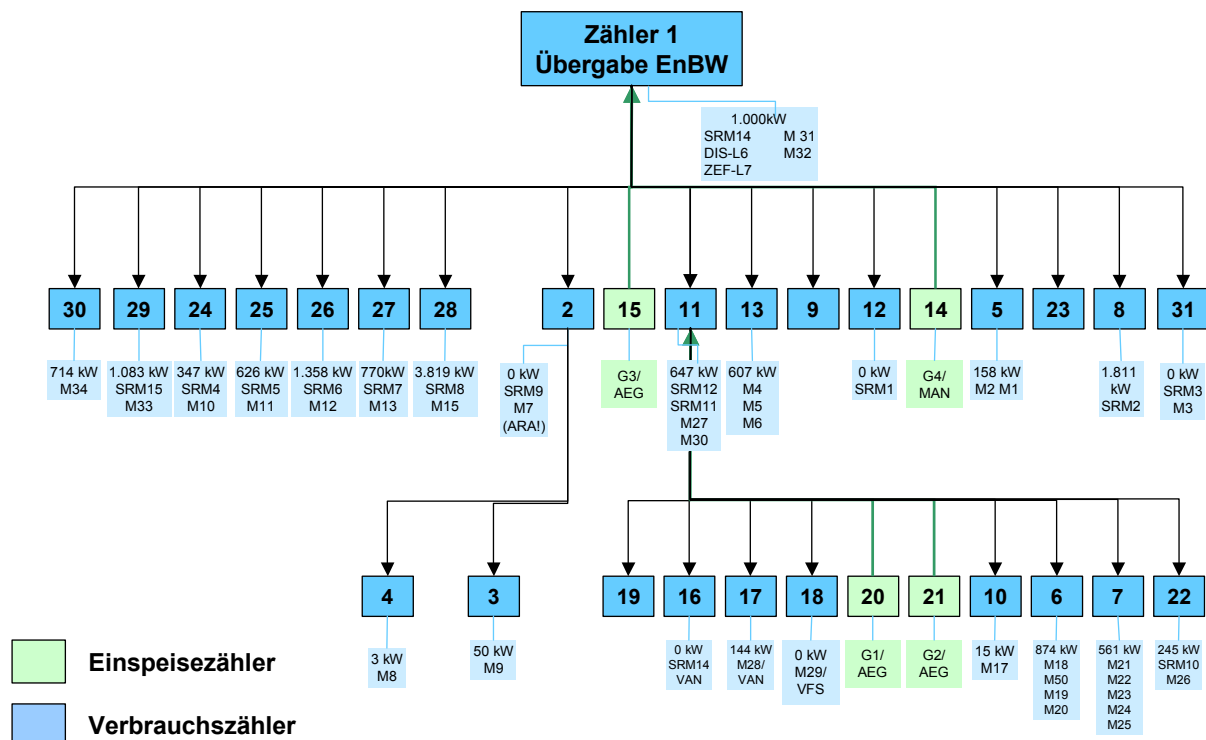


Bild 6.6: Hierarchie der Zähler von elektrischer Energie bei Kappa-Badenkarton mit den Kurzbezeichnungen der dazugehörigen Verbrauchergruppen

Im Anhang ist eine Aufstellung der bisher erfassten elektrischen Antriebe und Verbraucher unter den jeweiligen Netzabgängen bzw. Zählern enthalten. Diese Aufstellung ist nach Angaben von Kappa-Badenkarton, bedingt durch die gewachsenen Strukturen im Unternehmen, unvollständig. Die Liste wird derzeit durch Kappa-Badenkarton laufend ergänzt.

6.1.3.4 Druckluftbereitstellung

Die Druckbereitstellung erfolgt über sechs Kompressoren. Der Netzdruck beträgt ca. 7 bar und ist abhängig vom aktuellen Druckluftverbrauch. Die installierten sechs Kompressoren besitzen eine Nennleistung von zusammen rd. 70 m³/min. In Tabelle 6.1 sind die wesentlichen technischen Daten der eingesetzten Kompressoren zusammengefasst. Die Kompressoren arbeiten in zwei Druckluftbehälter, aus denen die Druckluft wieder entnommen, aufbereitet (getrocknet und entölt) und anschließend den einzelnen Verbrauchern zugeführt wird.

Tabelle 6.1: Technische Daten der Kompressoren zur Druckluftherzeugung

Kompressor	Hersteller	Typ	Baujahr	Nennleistung m ³ /min
1	CompAir Demag	MA 251 A	1998	22,00
2	Ecoair	SDL 180A 110	1986	18,20
3	Flottmann	SL 52	1980	4,29
4	Flottmann	ME 130	1973	13,00
5	Ecoair	D60 / 500V 50 Hz	1992	6,27
6	Flottmann	STL 75 B 45	1987	6,27

6.2. Vorhandene Daten und Unterlagen

6.2.1 Erdgasverbrauch

Bei Kappa-Badenkarton werden lediglich drei große Erdgasverbraucher eingesetzt. Für jeden einzelnen Verbraucher sind Zählerinrichtungen vorhanden. Die Zählerstände werden kontinuierlich fortgeschrieben und dokumentiert. Die jeweiligen Zählerstände werden in die monatlichen Energiebilanzen eingesetzt.

Bezüglich des Erdgasverbrauchs standen folgende Daten und Unterlagen zur Verfügung:

- monatliche Energiebilanz des GuD-Heizkraftwerks mit
- Auflösung des monatlichen Verbrauchs an den einzelnen Erdgasverbraucher.

Eine Auflösung des Erdgasverbrauchs in Abhängigkeit des Produktionsprogramms stand nicht zur Verfügung.

Die Datenlage beim Erdgasverbrauch ist insgesamt als gut zu bezeichnen. In einem Messprogramm sind zu den vorhandenen monatlichen Durchschnittsverbräuchen zusätzlich der tatsächliche Erdgasverbrauch bei einem bestimmten Produktionsprogramm zu ermitteln. Die spez. Einkaufspreise für Erdgas wurden von Kappa-Badenkarton nicht zur Verfügung gestellt.

6.2.2 Betrieblicher Dampfverbrauch

Zur Ermittlung des Dampfverbrauchs werden von der Kappa-Badenkarton monatliche Energiebilanzen erstellt bzw. berechnet. Diese Energiebilanzen bzw. Dampfverbräuche werden auf der Grundlage des eingesetzten Erdgases im GuD-Heizkraftwerk und einem Kesselwirkungsgrad im Abhitzeessel von 93 % berechnet. Die einzelnen vorhandenen Messeinrichtungen bzgl. Dampfmassenstrom werden dabei teilweise nicht berücksichtigt.

Bezüglich des betrieblichen Dampfverbrauchs standen folgende Daten und Unterlagen zur Verfügung:

- monatliche Energiebilanzen des GuD-Heizkraftwerks.

Daten über den Dampfverbrauch von einzelnen Dampfverbraucher sind bei Kappa-Badenkarton nicht vorhanden bzw. werden nicht erhoben.

Die Zuführung des Prozessdampfs an die Kartonmaschine erfolgt über zwei Dampfleitungen. In jeder dieser Dampfleitung befindet sich eine Messeinrichtung. Für die Ermittlung des betrieblichen Dampfverbrauchs werden diese Messwerte nicht verwendet.

Weitere Zwischenmessungen zum betrieblichen Dampfverbrauch sind nicht vorhanden. Insbesondere der Dampfverbrauch in der Stoffaufbereitung und der Dampfverbrauch für Heizzwecke werden lediglich über Erfahrungswerte in den berechneten Energiebilanzen festgelegt.

Die Datenlage bezüglich des Dampfverbrauchs ist insgesamt als nicht ausreichend zu bezeichnen, so dass Messungen bzw. Messdatenaufnahmen erforderlich sind. Kurzfristig sind jedoch ohne eine Öffnung des Dampfkreislaufs bzw. der Dampfleitungen keine Messwerte bezüglich Dampfmassenströme messbar. Die Ermittlung des betrieblichen Dampfverbrauchs kann daher nur auf rechnerischem Wege erfolgen, wobei im wesentlichen vorhandene Messwerte und plausible physikalische Abschätzungen über den Wärmebedarf einzelner Verbrauchsstellen Verwendung finden müssen.

6.2.3 Prozessluft mit Hallenbe- und -entlüftung

Zur Untersuchung bzw. Bewertung der Prozessluftbereitstellung (und Abführung) sowie zur Hallenbe- und -entlüftung standen folgende Daten und Unterlagen zur Verfügung:

- Liste der erfassten Ventilatoren mit technischen Daten,
- grobes Schema der Luftführung (Hallenbe- und -entlüftung) mit Messwerten für Volumenströme und Temperaturen,

- grobes Schema der Prozessluftführung und
- Messung der Fa. Wiesner vom Juli 1999 mit den wesentlichen Volumen- und Massenströmen, den Temperaturen und dem Wassergehalt der einzelnen Prozessluftströme.

Die von der Fa. Wiesner ermittelten Messwerte bezüglich der Prozessluftströme sind in einer Zeichnung enthalten. Mit den lesbaren Daten wurde die Massen- und Energiebilanz im Lufthaus 2 erstellt.

Nach Prüfung der vorhandenen Daten zur Hallenbe- und -entlüftung musste zusammen mit Kappa-Badenkarton festgestellt werden, dass vor einer Verwendung der vorhandenen Daten eine weitere Aufnahme von noch fehlenden Daten bzw. eine Überprüfung der vorhandenen Daten vorgenommen werden muss. Insbesondere sind die Luftvolumenströme und die technischen Daten der eingesetzten Ventilatoren zu ermitteln bzw. zu überprüfen, da nach den vorliegenden Messdaten insgesamt sehr hohe Volumenströme für die Hallenbe- und -entlüftung ermittelt wurden. Diese gemessenen Luftvolumenströme können mit den bekannten technischen Daten der Ventilatoren nicht erreicht werden. Eine nähere Betrachtung der Hallenbe- und -entlüftung im Rahmen von diesem Projekt wurde daher nicht durchgeführt.

Grundsätzlich ist die Datenlage bei der Hallenbe- und -entlüftung sowie bei der Prozessluftbereitstellung als nicht ausreichend zu bezeichnen. Hier sind grundsätzlich weitere Datenaufnahmen erforderlich.

6.2.4 Stromverbrauch

Die vorhandenen Daten und Unterlagen bzgl. elektrischen Energieverbrauchs sind:

- Liste der Zähler,
- Netzplan mit Abgängen,
- Aufzeichnung der Zählerstände von den Zählern,
- Liste an wesentlichen elektrischen Verbräuchen, teilweise mit Zuordnung zu den Abgängen im Netzplan,
- Leistungsdaten aus dem PLS für die Stoffaufbereitung der einzelnen Linien.

Die Datenlage für den Stromverbrauch ist insgesamt als sehr gut zu bezeichnen. Lediglich die Liste der einzelnen Verbraucher ist nicht mehr auf dem aktuellen Stand. Hierzu wurde von der Instandhaltung handschriftlich eine aktuelle Zählerliste bzw. Verbraucherliste nachgereicht.

Die spez. Einkaufspreise für elektrische Energie wurden von Kappa-Badenkarton nicht zur Verfügung gestellt.

6.2.5 Druckluftherzeugung

Bzgl. der Druckluftherzeugung und des Druckluftverbrauchs wurde von Kappa-Badenkarton eine aktuelle Messung (Ende März 2001) durchgeführt. Die Messung beinhaltet dabei sowohl die Volumenstrommessung an Druckluft, den Druck im Netz und die elektrische Leistungsaufnahme bzw. Energieverbrauch der einzelnen Kompressoren.

Folgende Daten und Unterlagen standen zur Bewertung der Druckluftherzeugung zur Verfügung:

- Aufstellungsschema der Druckluftaggregate in der Druckluftzentrale Ebene 2,68
- Tagesmessdaten (vom 27.03. bis 02.04.2001) bezüglich Netzdruck,
- Tagesmessdaten (vom 27.03. bis 02.04.2001) des Druckluftgesamtverbrauchs und
- Tagesmessdaten (vom 27.03. bis 02.04.2001) für die elektrische Arbeitsaufnahme der Kompressoren.

Die Datenlage im Bereich der Druckluftherzeugung ist daher als sehr gut zu bezeichnen. Für den Bereich des Druckluftverbrauchs (Aufteilung des Verbrauchs auf einzelne Verbraucher bzw. Verbrauchergruppen) sind hingegen keine Daten verfügbar. Eine Bewertung des Druckluftverbrauchs kann daher nicht vorgenommen werden.

6.2.6 Bewertung der Datenlage

Nach Sichtung der vorhandenen Daten und Unterlagen sind Dokumentation und die Datenlage in einigen Teilbereichen als sehr gut, in einigen Bereichen allerdings als nicht ausreichend zu bezeichnen.

Eine sehr gute Datenlage besteht im Bereich des elektrischen Stromverbrauchs bzw. der elektrischen Energieerzeugung. Dort kann anhand der vorhandenen Zähler eine sehr gute Abbildung der Erzeugung und des Verbrauchs an den einzelnen Verbrauchsstellen erzielt werden. Leider ist die Dokumentation der einzelnen tatsächlichen Maschinen und Aggregate in Bezug auf den Netzabgang nicht auf dem aktuellen Stand. Die Aussagen können daher nur für die einzelnen Zähler getroffen, nicht jedoch auf die einzelnen elektrischen Verbraucher bezogen werden. Kappa-Badenkarton kann jedoch mit den ermittelten Messwerten bei einer Aktualisierung der Liste der elektrischen Verbraucher eine rasche Zuordnung des elektrischen Verbrauchs auf einzelne Verbrauchergruppen und Maschinen durchführen.

Die vorhandenen Daten und Unterlagen bzgl. des Dampfverbrauchs werfen die Frage auf, ob die berechneten Energiebilanzen aus energietechnischer Sicht stimmen können. Zur Überprüfung der berechneten Energiebilanzen ist eine Bilanzierung von einzelnen Teilaggregaten, z.B. der Dampfturbine bzw. des Kondensators, sehr hilfreich. Durch die berechneten Energiebilanzen sind insgesamt die Daten bzgl. Dampfverbrauch an der Kartonmaschine und sonstigen betrieblichen Dampfverbrauchern nur mit Vorbehalt zu verwenden. Eine Erfassung von relevanten Daten ist daher in einer Messung zwingend erforderlich. Insbesondere ist die Massenbilanz im GuD-Heizkraftwerk zu erstellen, um alle notwendigen Dampfmassenströme, auch den Dampfmassenstrom an die Kartonmaschine II, zumindest berechnen zu können.

Die vorhanden Daten bzgl. der Ablufführung in der Trockenpartie der Kartonmaschine II sind mit einigen Widersprüchen in der Massenbilanz behaftet (vgl. Kapitel Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II auf Seite 92). Eine Auflösung dieser Widersprüche wird nur durch genaue Messungen der erforderlichen Größen möglich sein. Im Rahmen dieses Projekts können lediglich Hinweise gegeben werden, an welchen Stellen Probleme bestehen und welchen Einfluss diese auf den Energieverbrauch besitzen. Bezüglich der Hallenbe- und -entlüftung sind auf Grund der vorhandenen Datenlage keine Aussagen möglich. Insgesamt sind die gemessenen Luftvolumenströme zur Hallenbe- und -entlüftung als sehr hoch zu bezeichnen.

Zur Bewertung der Druckluftbereitstellung wurden Ende März 2001 Messungen durchgeführt. Die vorhandene Daten zu Druckluftbereitstellung sind daher als sehr gut zu bezeichnen. Bedingt durch die gewachsenen Strukturen bei Kappa-Badenkarton sind jedoch keine Daten und Unterlagen bezüglich des Druckluftverbrauchs vorhanden. Dementsprechend konnte auch keine genauere Untersuchung des Druckluftverbrauchs durchgeführt werden.

6.3. Ist-Datenermittlung (Messkampagne)

6.3.1 Aufgaben des Messprogramms

In einem Messprogramm bei Kappa-Badenkarton sollte eine Momentaufnahme der Energiesituation im Unternehmen abgebildet werden. Die wesentlichen Aufgaben eines Messprogramms bestanden darin,

- den betriebliche Dampfverbrauch an der Kartonmaschine II und in der Stoffaufbereitung festzustellen und
- den Stromverbrauch an den einzelnen Netzabgängen festzustellen.

Nicht in die Messung mit aufgenommen werden konnten

- die innere Energiebilanz der Kartonmaschine II (keine Massenstrommessung an Dampf bzw. Kondensat möglich),
- der Druckluftverbrauch (Leitungsführung und wesentliche Verbraucher nicht bekannt),
- die Hallenbe- und -entlüftung sowie
- die Energie- und Massenbilanz der Prozessluftbereitstellung.

Für diese Bereiche sind eigene Messungen erforderlich, die im Rahmen von diesem Projekt nicht durchgeführt werden können.

Zur Durchführung des Messprogramms wurden überwiegend bereits vorhandene Messstellen und Messwertgeber verwendet. Eine regelmäßige Kalibrierung der Messwertgeber und Messstellen findet bei Kappa-Badenkarton nicht statt. Bei der Datenermittlung bzw. Bewertung der Messdaten wurde daher berücksichtigt, inwieweit diese einzelnen Messwertgeber „vertrauenswürdig“ nach Erfahrung der Mitarbeiter von Kappa-Badenkarton sind. Darüber hinaus wurden punktuell Volumenströme an Kondensat bzw. Wasser mit einem Ultraschallmessgerät gemessen, um einen Vergleich mit den vorhandenen Messwertgebern zu erhalten.

6.3.2 Durchführung der Messungen und Messstellen

Die Durchführung der Messung erfolgte am 15.05.2001. Während der Messung wurde GRU PIG mit einem Flächengewicht von rd. 500 g/m² produziert. Die Messwernerfassung erfolgte insgesamt mit 6 Personen. Die Messung begann um 10:00 Uhr und endete um 16:00 Uhr. Insgesamt wurden 7 Messwerte je Messstelle erfasst.

Die festgelegten Messstellen sind in Tabelle 6.2 bis Tabelle 6.5 enthalten. Insgesamt wurden Messwerte an rd. 100 Messstellen erfasst. Bei der Messung des Verbrauchs an elektrischer Energie einzelner Verbraucher (Messstellen nach Tabelle 6.4) wurde neben der Stromaufnahme auch der Nennstrom und der Leistungsfaktor der Elektromotoren erfasst. Nicht erfasst werden konnte dabei der tatsächliche Leistungsfaktor ($\cos \phi$) der elektrischen Antriebe im gemessenen Betriebspunkt.

Während der Messung wurden die Stellschieber der Dampfleitungen zu den Raumheizrichtungen bei der „Weiterverarbeitung“, „Werkstatt“ und „Stoffaufbereitung“ zugedreht, so dass eine Frischdampfahme nicht stattfinden konnten. Nach Prüfung der Anzeige der Dampfleitungen zur Kartonmaschine II wurde festgestellt, dass ein Messwertgeber keine plausiblen Messwerte anzeigt. Daher wurde eine Dampfleitung abgesperrt und die Kartonmaschine II nur über eine Dampfleitung versorgt.

Während der Durchführung der Messung trat keine die Messung beeinflussende Störung an der Kartonmaschine II auf.

Tabelle 6.2: Messstellen zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz Kartonmaschine II und Stoffaufbereitung

Messprotokoll:		"Energiebilanz"			
Datum: 15.05.01					
lfd. Nr.	Schema Nummer	Bezeichnung	Einheit	Art	Zählerkonstante
2	Q2	Erdgasverbrauch Coater	Nm3	ZS	
16	6/10	Temperatur Dampf	°C	MW	
21	9	Temperatur Wassereinspritzung	°C	MW	
22	9	Massenstrom Wassereinsp.	t/h	MW	
25	12	Temperatur Entnahmedampf DT	°C	MW	
26	Q13	Temperatur Entgasungsdampf	°C	MW	
27	Q13	Druck Entgasungsdampf	bar	MW	
34	17a	Temperatur Betriebskond. KM II	°C	MW	
35	17a	Druck Betriebskondensat KM II	bar	MW	
36	17a	Massenstr. Betr.-Kondensat KM II	m3/h	US	
37	17b	Temperatur Betriebskond. Rest	°C	MW	
38	17b	Druck Betriebskondensat Rest	bar	MW	
39	17b	Massentr. Betriebskonsat Rest	m3/h	ZS	
43a	Q	Dampfverbrauch KM II	t	ZS	
43b	Q	Dampfverbrauch KM II	t/h	MW	

ZS = Zählerstand
 MW = Momentanwert
 US = Ultraschall

Tabelle 6.3: Messstellen „el. Zähler“ zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz Kartonmaschine II und Stoffaufbereitung

Messprotokoll: "el. Zähler"					
Datum: 15.05.01					
lfd. Nr.	Zähler Nr.	Zählerbezeichnung	Einheit	Art	Zählerkonstante
50	2	Kesselhaus	kWh	ZS	300
51	3	ARA	kWh	ZS	20
52	4	Werkstatt	kWh	ZS	100
53	5	Konst. Teil HV_VII	kWh	ZS	1000
54	6	Konst. Teil HV1A	kWh	ZS	500
55	7	Konst. Teil HV1B	kWh	ZS	540
56	8	Var. Teil Trafo 14	kWh	ZS	1000
57	9	Kraftwerk Trafo 16	kWh	ZS	1000
58	10	Verteilung 6	kWh	ZS	50
59	11	HV1 gesamt	kWh	ZS	1200
60	12	Duplex QS D2	kWh	ZS	7200
61	13	HV20	kWh	ZS	1000
62	16	Rollenschneider Vari-Dur	kWh	ZS	60
63	17	Auflöser 8	kWh	ZS	50
64	18	Auflöser 9	kWh	ZS	60
65	19	Ausrüstung Nord / Büros	kWh	ZS	60
66	20	Wasserturbine 1	kWh	ZS	120
67	21	Wasserturbine 2	kWh	ZS	80
68	22	Frischwasserpumpen	kWh	ZS	80
69	23	Beleuchtung HVX	kWh	ZS	1000
70	24	Konst. Teil Trafo 4	kWh	ZS	300
71	25	Stoffaufbereitung Trafo 5	kWh	ZS	300
72	26	Stoffaufbereitung Trafo 6	kWh	ZS	300
73	27	Stoffaufbereitung Trafo 6A	kWh	ZS	300
74	28	Stoffaufbereitung Trafo 6B	kWh	ZS	500
75	29	HV21	kWh	ZS	12600
76	30	HV22	kWh	ZS	12600
77	31	Verarbeitung	kWh	ZS	1000

MW = Momentanwert

ZS = Zählerstand

US = Ultraschallmessung

Tabelle 6.4: Messstellen „el. Verbraucher“ zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz Kartonmaschine II und Stoffaufbereitung

Messprotokoll: "el. Verbraucher"				
Datum: 15.05.01				
von Zähler	Abgang	Verbraucher	Einheit	Art
29	M33	Refiner Rücken	A	MW
29	M33	Refiner Decke	A	MW
28	M15	Entstipper Linie 4b	A	MW
28	M15	Entstipper Linie 4a	A	MW
28	M15	Entstipper Linie 2a	A	MW
28	M15	Entstipper Linie 2 b	A	MW
28	M15	Refiner Linie 2	A	MW
28	M15	Refiner Linie 1	A	MW
28	M15	1SD Refiner	A	MW
27	M13	Einwellenzerfaserer	A	MW
27	M13	Antrieb Auflöser 11	A	MW
26	M12	Rohwasserpumpe I	A	MW
26	M12	Flanschm. Aufl. 13 Antrieb	A	MW
26	M12	Flanschm. Aufl. 14 Antrieb	A	MW
25	M11	Ableerp.Auflöser 12	A	MW
25	M11	Refiner Linie9	A	MW
25	M11	Antrieb Auflöser 12	A	MW
25	M11	Refiner Linie 5	A	MW
24	M10	Abluftventilator II	A	MW
24	M10	Abluftventiltor I	A	MW
24	M10	Blasluft 1	A	MW
?	?	Blasluft 2	A	MW
13	M4	Belüftung Naßteil	A	MW
11	M27	Vakuumpumpe F	A	MW
11	M27	Vakuumpumpe E	A	MW
6	M20	Nassluftventilator I	A	MW
6	M50	Arbeitsluft Kompr. III	A	MW
5	M1	Frischwasserppe.M215 18 bar	A	MW
1	DIS-L6	Disperger	A	MW
1	ZEF-L7	Zerfaserer Linie 7	A	MW
ohne	0	Bremsluftgebläse II	A	MW
ohne	0	Füllwasserpumpe	A	MW
ohne	0	Kondensatp.1 Kesselhaus	A	MW
ohne	0	Kühlwasserp.1 Turbine 3	A	MW
ohne	0	Res.Kühlwasserp.Turbine 3	A	MW
ohne	0	Stoffauflaufpumpe Rücken	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Decke	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Schonschicht	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Einlage 3	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Einlage 4	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Einlage 5	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Einlage 6	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Einlage 7	A	MW
		Stoffauflaufpumpe Einlage 8	A	MW
ohne	0	Klarwasserpumpe KM II	A	MW
ohne	0	16-bar Spritzwasserpumpe	A	MW
ohne	0	Saugerpumpe	A	MW
ohne	0	Cleanerst.Einlage Pumpe 1	A	MW
ohne	0	Speisep.1 Kessel 4	A	MW
ohne	0	Speisep. 2 Kessel 4	A	MW

Tabelle 6.5: Messstellen zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz zum Dampfverbrauch an der Kartonmaschine II

lfd. Nr.	Bezeichnung	Einheit
101	Uhrzeit	-
102	Wassergehalt nach Heißpresse	%
103	Grammatur nach Heißpresse	g/m ²
104	Temperatur Heißpresse	°C
105	Wassergehalt nach Glättzylinder	%
106	Wassergehalt nach Coater	%
107	Grammatur nach Coater	g/m ²
108	Strich nach Coater	g/m ²
109	Geschwindigkeit	m/min
110	Bahnbreite	m
111	Bahntemperatur vor Dampfblaskasten	°C
112	Bahntemperatur nach Dampfblaskasten	°C
113	Bahntemperatur vor Coater	°C

6.4. Auswertung und Ergebnisse der Energiemessungen

6.4.1 Vorbemerkungen

Während der Durchführung der Messung wurden einige Dampfverbraucher, in denen nur Frischdampf für Raumheizung eingesetzt wird, abgestellt. Dies betrifft die Frischdampfabnahme von „Kappa Converting“, die Gebäudeheizung Stoffaufbereitung und die Heizung Werkstatt. Darüber hinaus wurde während der Durchführung der Messung in der Stärkeaufbereitung kein Dampf benötigt.

Die nachfolgend dargestellten Auswertungen und Ergebnisse sind stündliche Mittelwerte über den gesamten Messzeitraum von 6 Stunden. Die aufgenommenen 7 Messwerte von Momentanwerten (Flussgrößen) wurden zu einem Wert gemittelt. Bei den aufgenommenen Zählerstände wurden vom Endwert der Anfangswert abgezogen und dann über den Messzeitraum von 6 Stunden gemittelt.

Für einzelne berechnete Werte wurden darüber hinaus auch stündliche Bilanzen erstellt. Dort wurde die Änderung des Zählerstands über die betreffende Stunde mit dem Mittelwert von Flussgrößen zu Beginn und am Ende der betrachteten Stunde zur Berechnung der Massen- und Energiebilanzen herangezogen. Insgesamt ergeben sich jedoch keine genaueren Aussagen bei der stündlichen Betrachtung als bei der Mittelwertbetrachtung über die 6 Stunden Messdauer. Auf eine Darstellung der stündlichen Ergebnisse wird daher verzichtet.

Die Darstellung der berechneten Größen erfolgt als Mittelwert über eine Stunde Produktionszeitraum. Für den Energieverbrauch bedeutet dies, dass dieser als Energiemenge pro Stunde dargestellt ist. Bei der gewählten Energieeinheit kWh ergeben die ermittelten Werte somit auch die gemittelten („Stunden“-) Leistungen.

Energetische Berechnungen und Kennzahlen werden im folgenden immer auf den unteren Heizwert H_u von Erdgas bezogen.

In Tabelle 6.6 sind wesentliche Parameter der Produktion während der Durchführung der Energiemessung zusammengefasst.

Tabelle 6.6: Rahmendaten der Produktion während der Durchführung der Energiemessungen

Bezeichnung	Einheit	Wert
Kartonprodukt	-	GRU Pig
Durchschnittliche Geschwindigkeit	m/min	bekannt
Bahnbreite	m	bekannt
Wassergehalt nach Coater	%	bekannt
Grammatur nach Coater	g/m ²	505
Bruttoproduktion Karton	t/h	bekannt
Wasserverdampfung Trockenpartie	t/h	bekannt

Bedeutung der Farben:

Messwert
vorgegebener Wert
feststehender Wert
berechneter Wert

6.4.2 Betrieblicher Dampfverbrauch

Für das Dampf- und Kondensatsystem der Kartonmaschine kann keine innere Energiebilanz erstellt werden, da Zwischenmesseinrichtungen fehlen. Anhand der gemessenen Feuchte der Kartonbahn in der Kartonmaschine wurde ein mindestens erforderlicher Energiebedarf zu Trocknung in der Trockenpartie ermittelt. In Tabelle 6.7 ist die Massenbilanz für den Dampfverbrauch an der Kartonmaschine II und die Stoffaufbereitung dargestellt. Ausgehend von der verdampften Wassermasse in der Trockenpartie wurde der notwendige Energiebedarf berechnet. Nicht berücksichtigt in der Betrachtung ist ein Energieeintrag in die Trockenpartie durch die Blasluft (Wärmerückgewinnung Prozessluftbereitstellung). Bei einer vollständigen Nutzung des Energieinhalts des Dampfes in den Trockenzylindern könnte eine Einsparung beim Dampfverbrauch von rd. 20 % erreicht werden.

Tabelle 6.7: Massenbilanz des Dampfverbrauchs an der Kartonmaschine II und in der Stoffaufbereitung

lfd. Nr.	Schema Nummer	Bezeichnung	Einheit	Wert
Massenbilanz Gesamt				
43a	Q	Dampfverbrauch KM II	t/h	gemessen
-	i	Stärkeaufbereitung	t/h	0,0
-	a, f, i	Heizung	t/h	0,0
-	b	Wassererwärmung Stoffaufbereitung	t/h	bekannt
-	b	Direktverbrauch Stoffaufbereitung	t/h	bekannt
		SUMME		bekannt
Massenbilanz KM II soll				
		(Wasserverdampfung)	t/h	bekannt
		(Karton gesamt)	t/h	bekannt
		min. Dampfbedarf	t/h	bekannt
		Dampfverbrauch KM II	t/h	bekannt
		Dampfverbrauch Dampfblaskasten	t/h	bekannt
		Dampfverbrauch Trockenpartie	t/h	bekannt
		SUMME IST	t/h	bekannt
		SUMME SOLL*	t/h	bekannt
		max. Einsparpotenzial absolut*	t/h	bekannt
		max. Einsparpotenzial relativ*	%	19,4%
		"Wirkungsgrad" Dampfnutzung*	%	bekannt
		spez. Dampfverbrauch IST pro t Wasser	t/t	bekannt
		spez. Dampfverbrauch IST pro t Aufgabe	t/t	bekannt
		spez. Dampfverbrauch IST pro t Karton	t/t	bekannt
Massenbilanz KM II ist				
43a	Q	Dampfverbrauch KM II	t/h	bekannt
36	17a	Massenstr. Betr.-Kondensat KM II	t/h	bekannt
-	-	Dampfblaskasten	t/h	bekannt
-	-	Differenz Messwert	t/h	bekannt
		Differenz	%	bekannt
		* ohne Berücksichtigung einer Wärmerückgewinnung !!		

Bedeutung der Farben:

Messwert
vorgegebener Wert
feststehender Wert
berechneter Wert

Die Energiebilanz Trockenpartie an der Kartonmaschine II ist in Tabelle 6.8 dargestellt. Mit den Messwerten und den angenommenen Daten ergibt sich ein theoretischer Dampfbedarf für die Dampfblaskästen von zusammen 2,7 t/h. Bei den bisherigen Berechnungen wurde von einem „Erfahrungswert“ von 2,6 t/h ausgegangen.

Tabelle 6.8: Energiebilanz der Trockenpartie an der Kartonmaschine II

lfd. Nr.	Bezeichnung	Einheit	Wert	Wert
114	Grammatur nach Coater ohne Strich	g/m ²	bekannt	bekannt
115	Durchsatz	m ² /s	bekannt	bekannt
116	Wasserverdampfung	g/m ²	bekannt	bekannt
117	Wasserverdampfung	kg/s	bekannt	bekannt
118	Wassererwärmung	g/m ²	bekannt	bekannt
119	Wassererwärmung	kg/s	bekannt	bekannt
120	Grammatur Papier	g/m ²	bekannt	bekannt
121	Papierdurchsatz	kg/s	bekannt	bekannt
122	spez. Wärmekapazität Karton (trocken)	kJ/kg	1,5	1,5
123	spez. Enthalpie Wasser vor Dampfblaskasten	kJ/kg	147	147
124	spez. Enthalpie Dampf nach Trockenpartie	kJ/kg	2676	2676
125	spez. Energiebedarf Wasserverdampfung	kJ/kg	bekannt	bekannt
126	spez. Enthalpie Wasser nach Trockenpartie	kJ/kg	419	419
127	spez. Energiebedarf Wassererwärmung	kJ/kg	bekannt	bekannt
128	Energiebedarf Wasser (Erwärmen + Vedampfen)	kW	bekannt	bekannt
130	Energiebedarf Karton (trocken)	kW	bekannt	bekannt
131	min. Dampfbedarf	t/h	bekannt	bekannt
132	Energiebedarf Dampfblaskasten	kW	bekannt	bekannt
133	min. Dampfbedarf Dampfblaskasten	t/h	bekannt	bekannt
134	Energiebedarf Rest	kW	bekannt	bekannt
135	min. Dampfbedarf Rest	t/h	bekannt	bekannt
136	Energieabfuhr HIKOs	kW		bekannt
137	Dampfverlust HIKOs	t/h		bekannt
138	Dampfverlust HIKOs	%		bekannt

Bedeutung der Farben:

Messwert
vorgegebener Wert
feststehender Wert
berechneter Wert

Der Gegendruck bei der Entwässerung der einzelnen Trockenzylinder an der Kartonmaschine II wird über Stufendüsen für jeden Trockenzylinder auf einen festen Wert eingestellt. Dies hat zum Nachteil, dass das Druckgefälle über die Trockenzylinder nicht geregelt bzw. nicht innerhalb einer festgelegten Druckdifferenz gehalten werden kann. Ebenso ist eine Aussage über die tatsächlich anliegende Druckdifferenz nicht möglich, da der Druck nach den

Trockenzylindern nicht gemessen werden kann. Bei einem Schöpfsystem wäre eine Druckdifferenz über die Trockenzylinder von 0,1 bar zur Entwässerung ausreichend. Höhere Druckdifferenzen bewirken ein „Durchblasen“ des Dampfes durch das Entwässerungssystem, ohne dass eine Energienutzung des verbrauchten Dampfes im Trockenzylinder erfolgt. Hier sollte eine Überprüfung der Druckdifferenz erfolgen und evtl. ein Umbau der Entwässerungsregelung hin zu einem druckdifferenzgeregelten Verfahren erfolgen.

In Tabelle 6.9 ist der berechnete Dampfbedarf in der Stoffaufbereitung dargestellt. Die Werte für aufzuwärmenden die Massenströme an Wasser bzw. Stoff wurde dabei in einer Momentaufnahme aus dem PLS der Stoffaufbereitung ausgelesen. Die Berechnung zeigt, dass in der Stoffaufbereitung am Messtag bei der Produktion von GRU Pig rd. 5 t/h Direktampf in der Linie 7 benötigt wird. Darüber hinaus ist die Vorwärmung des Brauwassers vor der Zugabe vor dem Disperger, ebenfalls Linie 7, mit einem indirekten Dampfverbrauch von rd. 1,6 t/h verbunden.

Tabelle 6.9: Berechnung des Dampfbedarfs in der Stoffaufbereitung

Bezeichnung	Einheit	Wert
1. Dampfverbrauch Stoffaufbereitung (Direktdampf)		
1.1 Energiebedarf		
Massenstrom	kg/min	bekannt
Anteil Wasser	-	bekannt
Anteil "Papier"	-	bekannt
Spez. Wärmekapazität	kJ/(kg K)	bekannt
Eingangstemperatur	°C	bekannt
Austrittstemperatur	°C	bekannt
Energiebedarf	kJ/s	bekannt
1.2 Dampfbedarf (Frischdampf)		
Eintrittstemperatur Dampf	°C	154
Druck Dampf	bar (abs)	4,1
Energieinhalt Dampf	kJ/kg	2.759,2
Energieinhalt Kondensat	kJ/kg	427,6
nutzbare Energie	kWh/t	647,67
Dampfbedarf	t/h	bekannt
2. Dampfverbrauch Stoffaufbereitung (Wasservorwärmung)		
2.1 Energiebedarf		
Massenstrom	kg/min	bekannt
spez. Wärmekapazität	kJ/(kg K)	4,19
Eingangstemperatur	°C	bekannt
Austrittstemperatur	°C	bekannt
Energiebedarf	kJ/s	bekannt
2.2 Dampfbedarf		
Eintrittstemperatur Dampf	°C	bekannt
Druck Dampf	bar (abs)	bekannt
Energieinhalt Dampf	kJ/kg	bekannt
Energieinhalt Kondensat	kJ/kg	bekannt
nutzbare Energie	kWh/t	bekannt
Wirkungsgrad WT	-	bekannt
Dampfbedarf	t/h	bekannt

Bedeutung der Farben:

Messwert
vorgegebener Wert
feststehender Wert
berechneter Wert

6.4.3 Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II

In Tabelle 6.10 ist die Massenbilanz der Prozessluftbereitstellung (inkl. Haube der Trockenpartie) mit den zur Verfügung stehenden Daten aus der Messung der Fa. Wiessner dargestellt.

Tabelle 6.10: Massenbilanz der Prozessluftbereitstellung (Lufthaus 2 und Haube Trockenpartie), aufgeteilt nach trockenen Luftströmen und in den Luftströmen enthaltenen Wasserdampf und berechneten Enthalpiewerten

Schema Nummer	Bezeichnung	Luftmassenstrom trocken kg/h	Temperatur °C	Enthalpie kJ/kg
relevante Luftströme				
	Aussenluft gesamt	bekannt	17,3	bekannt
3	Haubenbelüftung	bekannt	22,0	bekannt
1	Blasluft 1 nach WRG	bekannt	66,5	bekannt
2	Blasluft 2 nach WRG	bekannt	64,3	bekannt
	Blasluft 1 zu TP	bekannt	127,9	bekannt
	Blasluft 2 zu TP	bekannt	113,4	bekannt
4 + 5	Abluft Haubenkanal	bekannt	90,5	bekannt
4 + 5	Fortluft	bekannt	79,0	bekannt
Massenbilanz Lufthaus 2				
	Zuströmende Luft	bekannt		
	Abströmende Luft	bekannt		
	Verlust Lufthaus	bekannt		
Massenbilanz Haube Trockenpartie				
	Zuströmende Blasluft	bekannt	120,7	bekannt
	Wasserdampf	0	100,0	bekannt
	Abströmende Luft	bekannt	90,5	bekannt
	Differenz	bekannt	-	bekannt

Bedeutung der Farben:

Messwert
vorgegebener Wert
feststehender Wert
berechneter Wert

Die Auswertung der vorhandenen Messwerte und der verfügbaren Daten zeigt, dass innerhalb der Luftführung noch Optimierungen durchgeführt werden können.

6.4.4 Elektrischer Energieverbrauch

Bei der Auswertung der einzelnen Verbräuche an elektrischer Energie an den erfassten Zählern ist zu beachten, dass durch die Hintereinanderschaltung von einigen Zählern der Verbrauch an elektrischer Energie an einigen Zählern noch korrigiert werden muss. Darüber hinaus ist das Stromnetz nach den Zählern 24 bis 26 und die Zähler 27 und 28 zusammengefasst. Hier kann somit nur der Gesamtverbrauch an den entsprechenden Netzabgängen ermittelt werden. In Tabelle 6.11 ist der korrigierte absolute Stromverbrauch und der spezifische Stromverbrauch aufgeteilt nach einzelnen Stromabgängen dargestellt.

Tabelle 6.11: Absoluter und spez. Verbrauch an elektrischer Energie der einzelnen Verbraucher bzw. Verbrauchergruppen an den gemessenen Netzabgängen bzw. Zählern

Zähler Nr.	Bezeichnung	Verbrauch (absolut) kWh/h	spez. Verbrauch kWh/t _{Karton}
1a	Strom gesamt Bezug	bekannt	bekannt
1b	Verbrauch an Zähler 1	bekannt	bekannt
1b	Strom gesamt Rückspeisung	bekannt	bekannt
2	Kesselhaus	bekannt	bekannt
3	ARA	bekannt	bekannt
4	Werkstatt	bekannt	bekannt
5	Konst. Teil HV VII	bekannt	bekannt
6	Konst. Teil HV1A	bekannt	bekannt
7	Konst. Teil HV1B	bekannt	bekannt
8	Var. Teil Trafo 14	bekannt	bekannt
9	Kraftwerk Trafo 16	bekannt	bekannt
10	Verteilung 6	bekannt	bekannt
11	HV1 gesamt	bekannt	bekannt
12	Duplex QS D2	bekannt	bekannt
13	HV20	bekannt	bekannt
14	Stromproduktion Gasturbine	bekannt	bekannt
15	Stromproduktion Dampfturbine	bekannt	bekannt
16	Rollenschneider Vari-Dur	bekannt	bekannt
17	Auflöser 8	bekannt	bekannt
18	Auflöser 9	bekannt	bekannt
19	Ausrüstung Nord / Büros	bekannt	bekannt
20	Wasserturbine 1	bekannt	bekannt
21	Wasserturbine 2	bekannt	bekannt
22	Frischwasserpumpen	bekannt	bekannt
23	Beleuchtung HVX	bekannt	bekannt
24	Konst. Teil Trafo 4	in 26	
25	Stoffaufbereitung Trafo 5	in 26	
26	Stoffaufbereitung Trafo 6	bekannt	bekannt
27	Stoffaufbereitung Trafo 6A	in 28	
28	Stoffaufbereitung Trafo 6B	bekannt	bekannt
29	HV21	bekannt	bekannt
30	HV22	bekannt	bekannt

Bedeutung der Farben:
Messwert
berechneter Wert
Eigenerzeugung
Rückleistung

6.4.5 Druckluftbereitstellung

In Bild 6.7 ist die Auswertung der vorhandenen Messwerte für die Druckluftbereitstellung dargestellt. Nicht in der Betrachtung enthalten ist der Energiebedarf für die Druckluftaufbereitung.

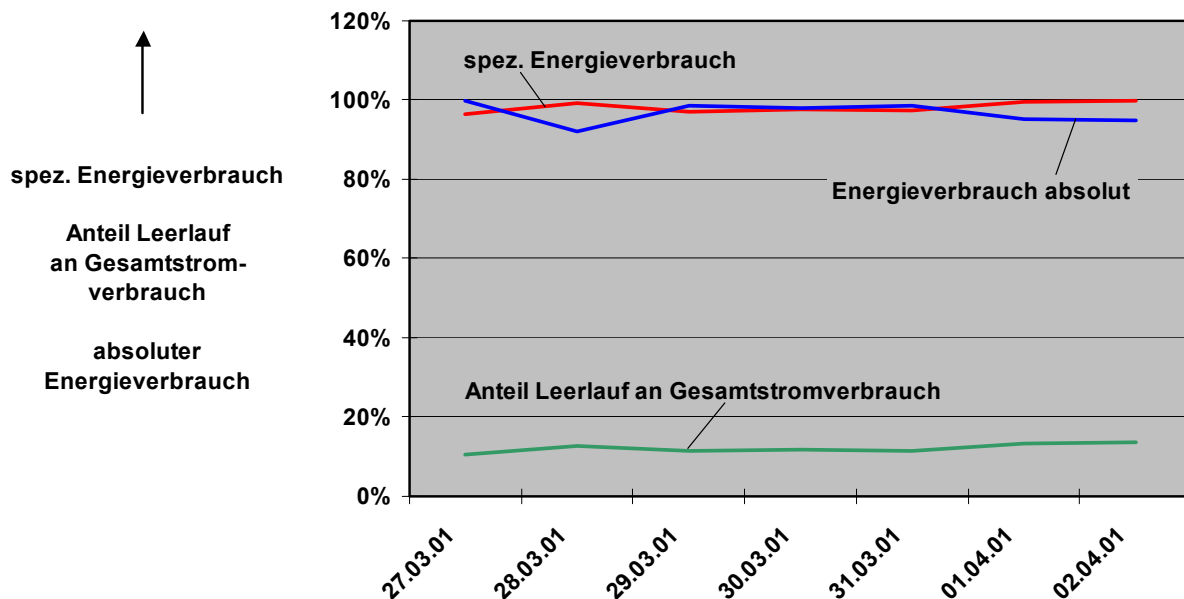


Bild 6.7: Absoluter Energieverbrauch, spez. Energieverbrauch und Anteil Energieverbrauch in Leerlaufstellung der Kompressoren zur Druckluftherzeugung

6.5. Schwachstellenanalyse und Verbesserungsmaßnahmen

6.5.1 Betrieblicher Dampfverbrauch

Beim Dampf- und Kondensatsystem an der Kartonmaschine II ist zu prüfen, ob mit einem Umbau der Stufendüsenregelung beim Entwässerungssystem der Trockenzylinder auf variable Steuerventile der Dampfverlust durch „Überblasen“ des Entwässerungssystems eingeschränkt werden kann. Da keine Messwerte für die tatsächliche Differenz zwischen Druck beim Dampfeintritt in die Zylinder und Druck nach Austritt des Kondensats aus den Zylindern vorliegt, ist eine Quantifizierung des dadurch erreichbaren Einsparpotenzials nicht möglich.

In der Stoffaufbereitung ist zu prüfen, ob auf eine Anhebung der Temperatur des Brauwassers möglich ist bzw. ob Wasser mit höherer Temperatur vor dem Disperger Linie 7 eingesetzt werden kann. Damit könnte auf eine Vorwärmung des Brauwassers verzichtet werden. Die Einsparung an Dampf würde beim untersuchten Produkt GRU Pig rd. 1,6 t/h betragen. Bezogen auf einen Produktionsanteil von rd. 40 % im Monat würde diese Massnahme eine Dampfeinsparung von rd. 0,6 t/h in der monatlichen Dampfbilanz bewirken.

6.5.2 Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II

Die Auswertung der Massen- und Energiebilanzen zur Prozessluftbereitstellung (Blasluft und Abluft Haube Trockenpartie) sowie die Auswertung der Energiebilanz der Kartonmaschine II deuten auf ein Potenzial zur Einsparung an Dampf von rd. 4,4 t/h hin. Dieses Potenzial kann durch eine Kapselung der Trockenpartie der Kartonmaschine und einer Optimierung der Prozessluftführung erschlossen werden.

Der erforderliche Erdgasbezug würde um 3,1 MWth sinken. Bezogen auf den Ist-Zustand beim Erdgasverbrauch bedeutet dies eine Einsparung von rd. 7,4 %. Damit verbunden ist eine geringere elektrische Energieerzeugung im Hochdruckteil der Dampfturbine, da der Dampfmassenstrom sinkt. Die elektrische Energieerzeugung über den Hochdruckteil der Dampfturbine würde um rd. 900 kWel nach Durchführung der Maßnahme abnehmen.

6.6. Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

6.6.1 Betrieblicher Dampfverbrauch

Die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen im Bereich „Energie“ beim betrieblichen Dampfverbrauch sind:

- Bei der Produktion von GRU pigmentiert wird in der Stoffaufbereitung rd. 1,6 t/h Frischdampf zur Wassererwärmung und rd. 5 t/h Frischdampf für Direktheizung benötigt.
- Die Regelung des Kondensatauslasses an den Trockenzyklindern sollte von den vorhandenen Stufendüsen auf regelbare Ventile umgebaut werden, um eine definierte Druckdifferenz zwischen Frischdampfeinlass und „Gegendruck“ nach dem Entwässerungssystem einstellen zu können.

6.6.2 Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II

Die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen im Bereich „Energie“ bei der betrieblichen Prozessluftbereitstellung (Blasluft Trockenpartie) sind:

- Bei einer Kapselung der Trockenpartie und einer Optimierung der Luftführung kann ein Minderungspotenzial beim Dampfverbrauch von rd. 4,4 t/h erschlossen werden.
- Die Erdgaseinsparung durch eine Kapselung und Optimierung der Luftführung beträgt 7,4 % bezogen auf den derzeitigen Erdgasverbrauch.

6.6.3 Elektrischer Energieverbrauch

Die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen im Bereich „Energie“ beim Verbrauch elektrischer Energie sind:

- Zur Ermittlung von Einsparpotenzialen ist eine genaue Zuordnung der Verbraucher auf die einzelnen Abgänge im Netz erforderlich.
- Mit der Produktion sind anschließend Einsparpotenziale zu erarbeiten.

6.6.4 Druckluftbereitstellung

Die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen im Bereich „Energie“ bei der Druckluftbereitstellung sind:

- Eine Bewertung des Druckluftverbrauchs kann nicht vorgenommen werden, da die wesentlichen Verbraucher und die Druckluftleitungsführungen nicht ausreichend dokumentiert sind.
- Der Leerluftverlust bei den Kompressoren beträgt rd. 12 %.
- Insgesamt beträgt der Energieverbrauch für die Druckluftbereitstellung am Gesamtverbrauch an elektrischer Energie ca. 3,8 %.
- Eine nähere Untersuchung sollte erst erfolgen, wenn ein Einsparpotenzial beim elektrischen Energieverbrauch in der Stoffaufbereitung erschlossen worden ist.

6.6.5 Gesamtes Einsparpotenzial

Die vorgeschlagenen Maßnahmen im Bereich „Energie“ bewirken eine Senkung des Erdgasverbrauchs um rd.

7,4 %,

bezogen auf den derzeitigen Gesamtverbrauch.

Der spez. Dampfverbrauch an der Kartonmaschine verringert sich mit den vorgeschlagenen Maßnahmen um

rd. 13 %,

Weiteres Einsparpotenzial beim Dampfverbrauch ist durch einen Umbau der Regelung beim Entwässerungssystem der Trockenzylinder zu erwarten.

Beim Verbrauch an elektrischer Energie sind Einsparmaßnahmen mit den weiteren vorgeschlagenen Maßnahmen im Gesamtprojekt und mit der Produktion abzustimmen.

6.7. Empfehlung für das weitere Vorgehen

Für das weitere Vorgehen werden aus energietechnischer Sicht folgende Maßnahmen empfohlen:

1. Eine Kapselung der Trockenpartie und die Optimierung der Luftführung bei der Prozessluft ist empfehlenswert.
2. In der Stoffaufbereitung ist zu prüfen, ob durch die Erkenntnisse in den Materialbilanzen eine andere Prozessführung u. U. die Einsparung von Verfahrensschritten bzw. die Betriebsdauer von einzelnen Aggregaten reduzieren kann.
3. Grundsätzliche Überprüfung der Hallenbe- und -entlüftung. Nach den vorliegenden Erkenntnissen wird ein hoher Volumenstrom aus der Halle über die Entlüftung abgesaugt, der nicht durch die Belüftungen zugeführt wird.

7. Wasserbilanz

7.1. Erfassungsrahmen

Der im Projektrahmen vorgesehene Erfassungsrahmen für die Aufnahme der relevanten Abläufe und Daten im Rahmen des Wassermanagements umfasste in der ersten Phase des Projektes eine Grobanalyse (summarische Betrachtung) des gesamten Wassersystems sowie eine Feinanalyse der Produktionsabläufe hinsichtlich Wassernutzung und Abwasseranfall sowie eine nachfolgende technologisch-ökologische Bewertung auf Basis der erhaltenen Ergebnisse. Die Einbindung / Verknüpfung der peripheren Anlagen und infrastrukturellen Prozesse (Frischwasserbereitstellung, Abwasserreinigungsanlage und Energieerzeugung) in das Gesamtsystem sollten hierbei nur allgemein in Form einer „Blackbox“-Sicht dargestellt werden. Die zur Erstellung einer Gesamtübersicht / Wasserbilanz notwendigen Rückkopplungen bzw. Auswirkungen der peripheren Prozesse / Anlagen auf den Produktionsprozess (z.B. die Kreislaufführung des Klarwassers I aus dem Sedimaten) bzw. das Gesamtwassersystem waren aufzuzeigen und in die Auswertungen einzubinden.

Im Zuge der Datenaufnahme und Systemanalyse wurde festgestellt, dass der oben beschriebene Projektrahmen wesentliche Einsparungs- und Optimierungsmöglichkeiten nicht erfasst bzw. nicht bewertbar macht. Ein gutes Beispiel stellen die an unterschiedlichen Stellen im Produktionsprozess anfallenden Stoffverluste dar, die in das Abwassersystem gelangen, im sog. „Rohwasser“ zur ARA geleitet werden, dort sedimentieren und als „Fangstoff Sedimat“ in den Produktionskreislauf rückgeführt werden. Im Jahr 1999 wurden nahezu 6 % der für die Produktion eingesetzten Stoffmengen über diesen „By-pass“ des Wassersystems geführt.

Die mit der LfU (Landesanstalt für Umweltschutz - Baden Württemberg) und Kappa (Kappa Badenkarton GmbH) gemeinsam vereinbarte Projekterweiterung beinhaltet die umfassende Feinanalyse der betrieblichen Wasser- und Abwasserströme unter Berücksichtigung und Einbindung aller relevanten peripheren Prozesse.

7.2. Datenbestandsaufnahme

Im Zuge der Systemanalyse und Datenbestandsaufnahme wurden über systematische Befragungen (Leitung Kläranlage, Abfallbeauftragter, Produktionsleitung, Betriebsingenieur etc.), ausführliche Betriebsbegehungen und umfassende Datenakquisitionen die Bereiche Frischwasserbereitstellung, Wassernutzung, sowie Abwasserführung und -behandlung soweit wie möglich im Detail aufgenommen. Über die Auswertung eines vorliegenden Gutachten (bspw. Bericht No. 00-181 der Firma MERI vom April 2000) und einer von Kappa Badenkarton in der Vergangenheit bereits durchgeführten Messkampagne zu Wasserverbräuchen und Schmutzwasserbelastungen (aus dem März / April 1999) in den Bereichen Stoffaufbereitung und Kartonmaschine wurden wichtige ergänzende Informationen gewonnen.

Zusätzlich wurde ein eintägiger „Wasserbilanz“-Workshop unter Beteiligung aller relevanten Betriebsabteilungen durchgeführt, um mit Hilfe einer „interdisziplinären Übersicht“ die im Vorfeld bereits gesammelten Daten und Erkenntnisse zu diskutieren und zu validieren sowie den notwendigen Erfassungsaufwand zur Schließung von Datenlücken zu erarbeiten. Als ein Ergebnis des Workshops wurde ein Messprogramm zur möglichst umfassenden Erfassung des Frischwasser-Systems (Verbraucher, Mengenströme, Temperaturen und CSB-Belastung) verabschiedet.

Die Aufnahme der im System vorhandenen Frischwasserverbraucher und ihrer Bedarfsmengen war notwendig, da für diesen Bereich nahezu keine Daten vorlagen und nur über die exakte Erfassung der aktuellen Bedarfssituation eine Bewertung der Ist-Situation und ihrer Optimierungs-/Entwicklungsmöglichkeiten hinsichtlich des durch die IVU-Richtlinie implizierten Einsatzes von besten verfügbaren Techniken (BVT) vorgenommen werden kann.

7.2.1 Frischwasserbereitstellung / Frischwassernutzung

Als einzige Frischwasserquelle für Produktions- und Kühlzwecke dient bei Kappa Badenkarton Oberflächenwasser, welches direkt aus der Murg (dem anliegendem Fluss) gewonnen wird. Das in geringen Mengen benötigte Trinkwasser wird hingegen aus dem kommunalen Trinkwassernetz bezogen. Das zunächst über Grobrechen, ein Absetzbecken und die sog. „Vorkläre“ gereinigte Frischwasser fließt in die „Zisterne“, die den zentralen Wasserpuffer darstellt. Aus der Vorkläre wird über unterschiedliche Pumpen Frischwasser als Kühlwasser zu den im Kraftwerk vorhandenen Wärmetauschern (z.B. Luftkühler und Ölkühler Gasturbine) bzw. in den Produktionsbereich gefördert. Ein Teil des Wassers aus der Zisterne wird über Kiesfilter gereinigt und danach im Produktionsbereich als Sperr-, Reinigungs- und Ansatzwasser etc. genutzt. Ein sehr hoher Anteil des Zisternenwassers (ca. 900 m³/h) wird als Kühlwasser für das Kraftwerk (Kondensator DT, Luft-/Ölkühler GT etc.) ständig im Kreislauf

gefahren. Ein weiterer von der Zisterne ausgehender Frischwasserstrom versorgt z.B. direkt die Bereiche Stoffaufbereitung, Kartonmaschine sowie Ausrüstung (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Das hier bereitgestellte Wasser wird hauptsächlich für Spritz- und Kühlwasserzwecke eingesetzt.

Frishwasserbereitstellung Kappa Badenkarton Board Mill

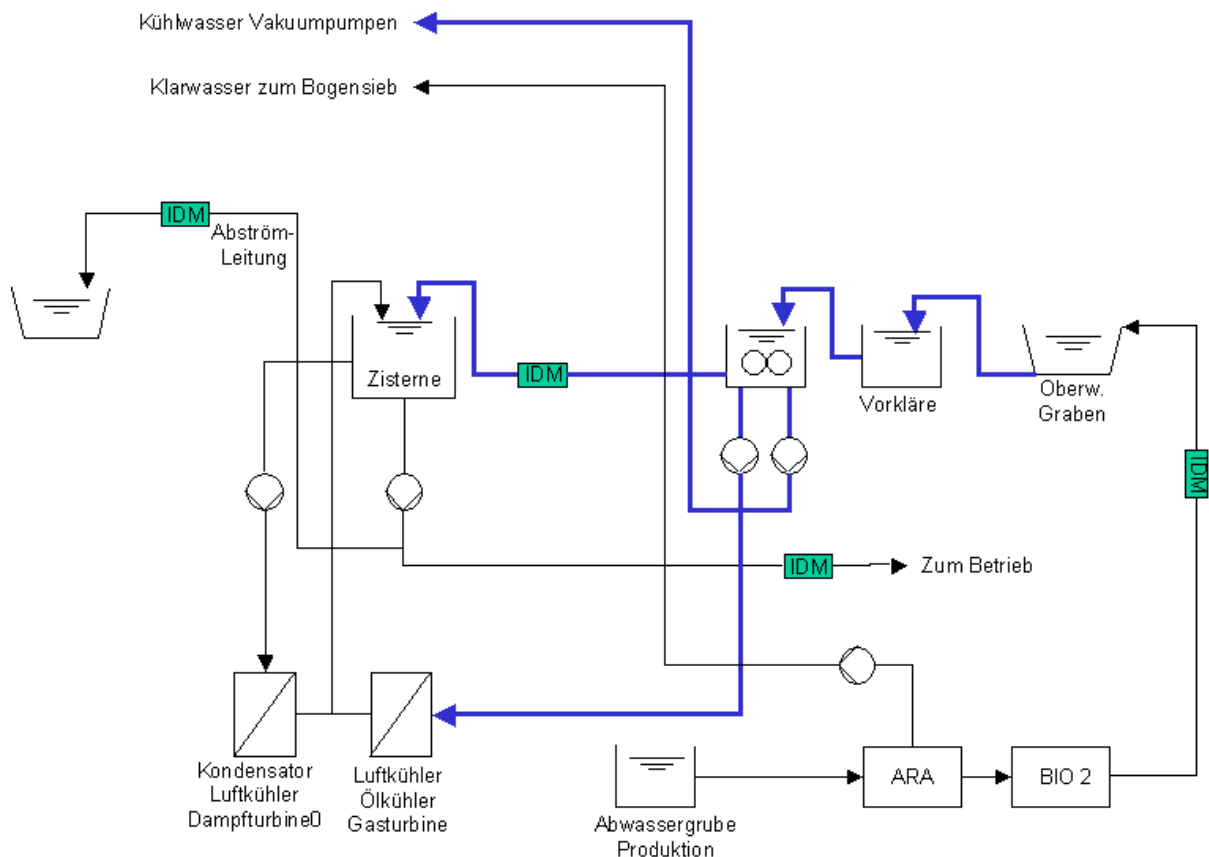


Bild 7.1: Schematische Darstellung der Frishwasserbereitstellung

Neben dem aus dem Vorfluter bezogenen Frishwasser wird die Produktion mit gereinigtem Abwasser („sekundärem“ Frishwasser), dem Klarwasser 1 aus der ARA versorgt. Das Klarwasser 1 wird über ein Bogensieb geführt und findet vor allem als Verdünnungs-, Spritz- und Abschlagswasser in der Stoffaufbereitung Verwendung. Das Wassersystem der Kappa Badenkarton Board Mill ist damit als ein Ein-Loop-System anzusprechen, da das im Bereich der Kartonmaschine anfallende Prozesswasser (hauptsächlich Siebwasser) über Pufferbehälter und Rückführungen mit der Stoffaufbereitung verbunden ist.

Das in den Kompartimenten Stoffaufbereitung, Konstantteil und Kartonmaschine jeweils ausgeschleuste Prozesswasser (Filtrate, Rejekte, Spritz-, Abschlags- und Siebwasser, Pressenabwasser etc.) wird keiner direkten internen Reinigung oder Entstoffung unterzogen.

Erst im Bereich der ARA wird das gesamte Prozesswasser (Rohwasser) im Sedimenten entstofft und der daraus gewonnene Fangstoff wieder in den Bereich Stoffaufbereitung zurückgeführt.

An der Kartonmaschine wird das Siebwasser Rücken, Schonschicht und Einlage getrennt aufgefangen und von dort über eine Wasserverteilstation in die Puffertanks „holzfrei“ (qualitativ hochwertiges Wasser), „holzhaltig“ und „braun“ (qualitativ minderwertiges Wasser) gegeben. Das Siebwasser Decke wird je nach Sortenproduktion (holzfrei bei Produktion von weißen Sorten, holzhaltig bei grauen Sorten) alternierend in den holzhaltigen bzw. holzfreien Puffertank geführt. Das Siebwasser Rücken wie auch das Siebwasser Schonschicht wird hingegen immer direkt in die holzhaltige Pufferbütte geschleust.

Die an der Kartonmaschine anfallenden Siebwässer werden über drei kleine Puffer-Standrohre zu den Pufferbehältern geführt. Über die Standrohre werden die Stoffaufbereitungs-Pulper mit Ansatzwasser versorgt. Die übrigen Stoffaufbereitungsanlagen werden direkt von den Pufferbehältern aus beschickt. Die Pufferbehälter sind kaskadenartig miteinander verbunden und laufen ausgehend vom holzfreien über den holzhaltigen Pufferbehälter zum sog. „Jumbo“-Behälter. Vom hier aus wird das gesammelte Siebwasser weitergeleitet in den Braunwasserbehälter. Der Jumbo, wie auch der Braunwasserbehälter besitzen einen Überlauf in das Schmutzwasser-Kanalsystem (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

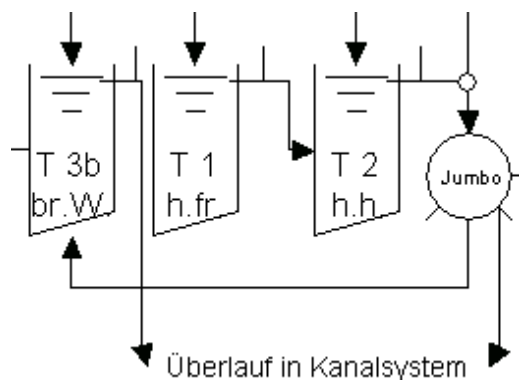


Bild 7.2: Pufferbehältersystem

7.2.2 Schmutzwassersystem / Abwasserbehandlung

Alle Abwasser-Teilströme der Bereiche Stoffaufbereitung, Kartonmaschine und Ausrüstung werden über das Schmutzwasser-Kanalsystem der Abwassersammelgrube zugeführt und von hier aus als sog. Rohwasser zur ARA gepumpt. Im Bereich Produktion existieren zur Zeit keine eigenen Schmutzwasser-Reinigungsanlagen oder Stoff-Fängersysteme. So werden z.B. auch die Siebwassermengen, die über das Formerschiff ablaufen, die Filtrate der Pressen und

Rechenklassierer etc. im Bereich der Stoffaufbereitung ohne Behandlung direkt dem Abwasserstrom zugeführt. Da die betriebliche ARA damit die einzige Schmutzwasser-Behandlungsanlage darstellt, wird ihre Funktion nachfolgend etwas ausführlicher beschrieben.

Kurzbeschreibung der Abwasserbehandlungsanlage (ARA):

Das gesamte Produktionsabwasser, sog. Rohwasser wird zur Abwasserbehandlungsanlage (kurz: ARA) gepumpt. Das in geringen Mengen anfallende Sanitärwasser wird derzeit direkt über Pumpwerke in die Biologie II geleitet. Die ARA gliedert sich in drei aufeinanderfolgende Behandlungsstufen (siehe dazu auch **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**):

- **(1) Cyclator (Sedimat):** physikalisch-chemische Behandlung, Pufferbecken mit 1.413 m³ Volumen, Sedimentationszone mit 1.114 m³ Volumen
- **(2) Aeroaccelator (Bio I):** aerobe biologische Behandlung, Belebungszone mit 2.060 m³ Volumen, Nachklärzone mit 3.800 m³ Volumen
- **(3) Biologie 2 (Bio II):** aerobe biologische Behandlung, Belebungsbecken mit 1.260 m³ Volumen, Nachklärbecken 2 mit 1.815 m³ Volumen

Der **Sedimat** teilt sich in ein Pufferbecken und eine äußere Sedimentationszone. In der Sedimentationszone sinken die im Rohwasser enthaltenen Faser- und sonstigen Feststoffe ab und bilden einen Faserschlamm, der über eine Räumbrücke abgesaugt und als „Fangstoff Sedimat“ nach Teilentwässerung über einen Turbodrain in die Produktion (Stoffaufbereitung) zurückgeführt wird. Das von Schweb- und Feststoffen weitgehend gereinigte Rohwasser fließt über Zackenrinnen in das innenliegende Pufferbecken ab. Von hier aus wird ein Anteil des physikalisch-chemisch vorgereinigten Wassers über Pumpen als sog. „Klarwasser 1“ wieder in den Produktionskreislauf als Frischwasserersatz eingebracht - der Großteil wird jedoch als sog. „Klarwasser 2“ der Belebungsstufe der Bio I zugeleitet.

Die **Bio I** teilt sich in eine innenliegende Belebungszone und die äußere Nachklärzone auf. In der Belebungszone wird das zugeführte Klarwasser 2 mittels eines Rührwerks intensiv mit der vorhandenen Biomasse (Bakterien) vermischt und zusätzlich über das Einblasen von Frischluft belüftet. Hier findet über biologische Stoffwechselprozesse der mit einer Sauerstoffzehrung verbundene Abbau (Umwandlung, Degradation) all jener chemischen Wasserinhaltsstoffe statt, die als globale Summen-Schadstoffparameter (CSB, BSB₅ etc.) im Abwasser bestimmt werden können.

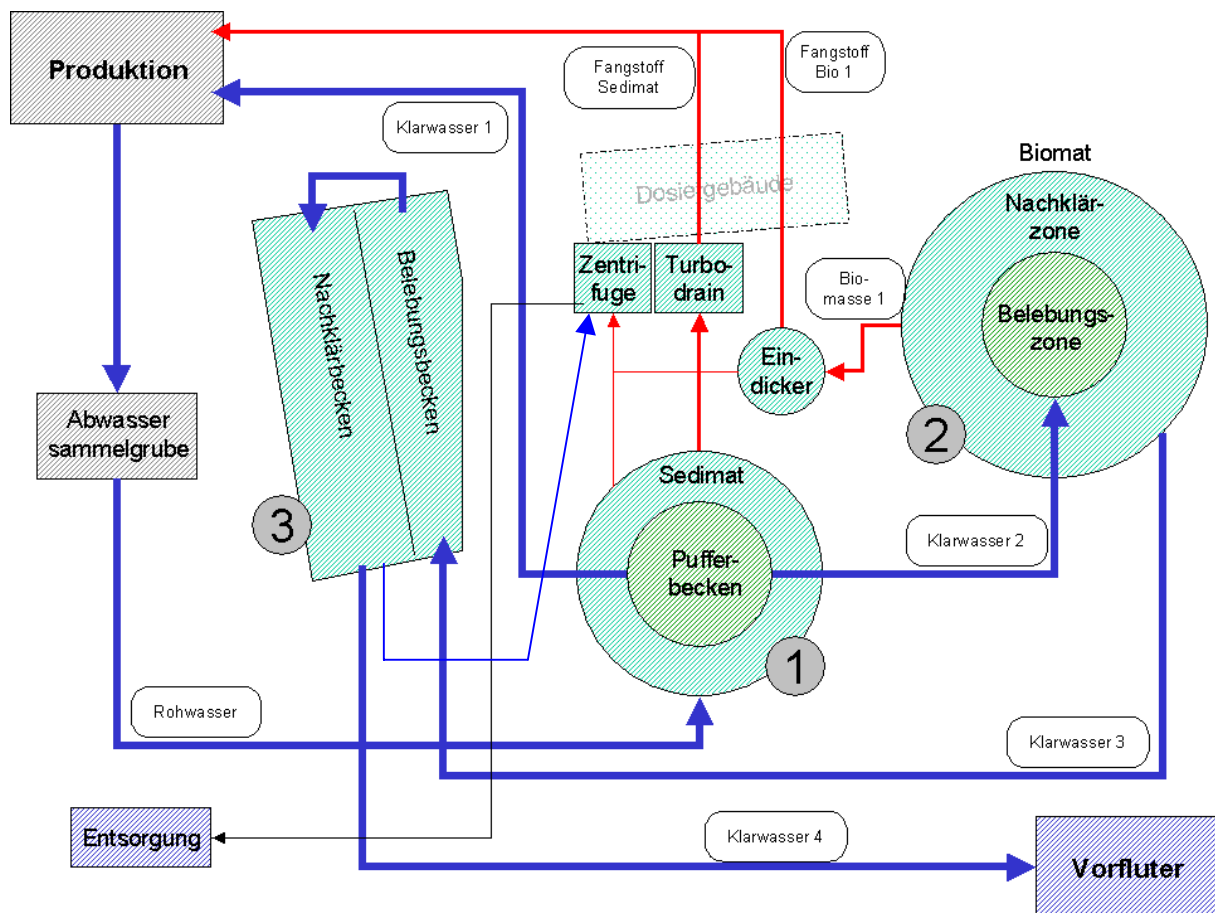


Bild 7.3: Verfahrensfließbild der betrieblichen Abwasserreinigungsanlage
 (Erläuterung zu den Nummern: 1 = Cyclator, 2 = Aeroaccelator, 3 = Biologie 2)

Das Gemisch aus Biomasse und Wasser gelangt über Schleusen in die Nachklärzone, in welcher die Biomasse sedimentieren kann. Die sich absetzende Biomasse wird zum Großteil in die Belebungszone zurückgeführt – ein gewisser Anteil, die durch das ständige und sehr intensive Mikroorganismenwachstum anfallende Überschuss-Biomasse, wird aus der Nachklärzone abgezogen und nach Durchlaufen eines belüfteten Eindickers als sog. „Fangstoff Bio I“ im Mischbehälter dem „Fangstoff Sedimat“ beigemischt und als Fangstoffgemisch der Produktion zugeführt. Das biologisch gereinigte Wasser aus der Nachklärzone fließt über Zackenrinnen ab und wird als sog. „Klarwasser 3“ in die Bio II geleitet.

Die **Bio II** besteht aus einem belüfteten Belebungsbecken und einem nachgeschalteten Nachklärbecken. Die im Belebungsbecken der Bio II zu findende Biozönose ist auf die eher schwer abbaubaren Wasser-Inhaltsstoffe spezialisiert, die den Bereich der Bio I unberührt durchlaufen. Das Nachklärbecken dient der Sedimentation der noch verbliebenen Rest-Schwesbstoffe und der aus dem Belebungsbecken übergetretenen Biomasse. Das so vollständig gereinigte Wasser wird als sog. „Klarwasser 4“ dem Vorfluter zugeleitet.

Für die Direkteinleitung in den Vorfluter Murg sind die zwei Einleitstellen E1 und E2 vorgesehen und genehmigt. Über E1 wird das gereinigte Abwasser aus der ARA, über E2 das überschüssige Kühlwasser aus der Zisterne dem Vorfluter zugeführt. Die Einleitvolumenströme werden jeweils über IDM-Messungen bestimmt.

7.3. Ist-Datenermittlung (Messkampagne)

Die Messkampagne zur Aufnahme des Frischwassersystems und der Frischwasserverbraucher und ihres Wasserbedarfs wurde am 03.05. und 04.05. jeweils tagsüber im Zeitraum von 08.00 Uhr bis 17.00 Uhr durchgeführt. Während dieses Zeitraumes wurde GRU pigmentiert in den Flächengewichtsbereichen zwischen 450 – 550 g / m² produziert. Produktionsstillstände, Störungen oder längerfristige Abrissphasen waren nicht zu verzeichnen. Die nachfolgend im Absatz **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführten Ergebnisse beziehen sich daher auf den Zustand stabiler Sortenproduktion und können als repräsentativ für die Produktion von GRU Pig. in den angegebenen Flächengewichtsbereichen angesehen werden.

Als wichtige Vorarbeit zur Messkampagne wurde von Kappa Badenkarton eine Übersichtliste der im Werk vorhandenen Frischwasserverbraucher bzw. -verteilstationen erstellt. Auf Basis dieser Liste konnten die Messungen systematisiert und damit zeitsparend durchgeführt werden.

Mit Hilfe eines von der Papiertechnischen Stiftung München ausgeliehenen Ultraschallmessgerätes mit integriertem Datenlogger wurden an insgesamt 42 Messstellen (teilweise wiederholt) die Durchflussmengen ermittelt. Ergänzend wurden mit Hilfe eines portablen Temperaturfühlers (Thermistor) die Wassertemperaturen aller wichtigen Frischwasser-Teilströmen bzw. -verbraucher (jeweils Zu- und Ableitungen) ermittelt.

Zur Bestimmung der im Bereich der Papierindustrie als wichtige Bewertungs-Kennzahlen für den Belastungszustand von Kreislaufsystemen eingesetzten K1- und K2-Werten (zur Erläuterung siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) waren Messungen der CSB-Werte der unterschiedlichen Siebwässern, Filtraten, des Rohwassers und des Klarwassers 1 angesetzt. Da eine direkte Beprobung der Siebwässer 1 wegen der teilweisen Zugänglichkeit sich schwierig gestaltet hätte, wurde eine Beprobung der entsprechenden Siebwässer 2 vorgenommen. Die ermittelten K1- und K2-Werte stellen daher nur eine Näherung für die Beurteilung des Wassersystems hinsichtlich seiner Belastungsparameter und der Funktionstüchtigkeit von Kreislaufftrennungen dar.

Bestimmung des K_1 - und K_2 -wertes

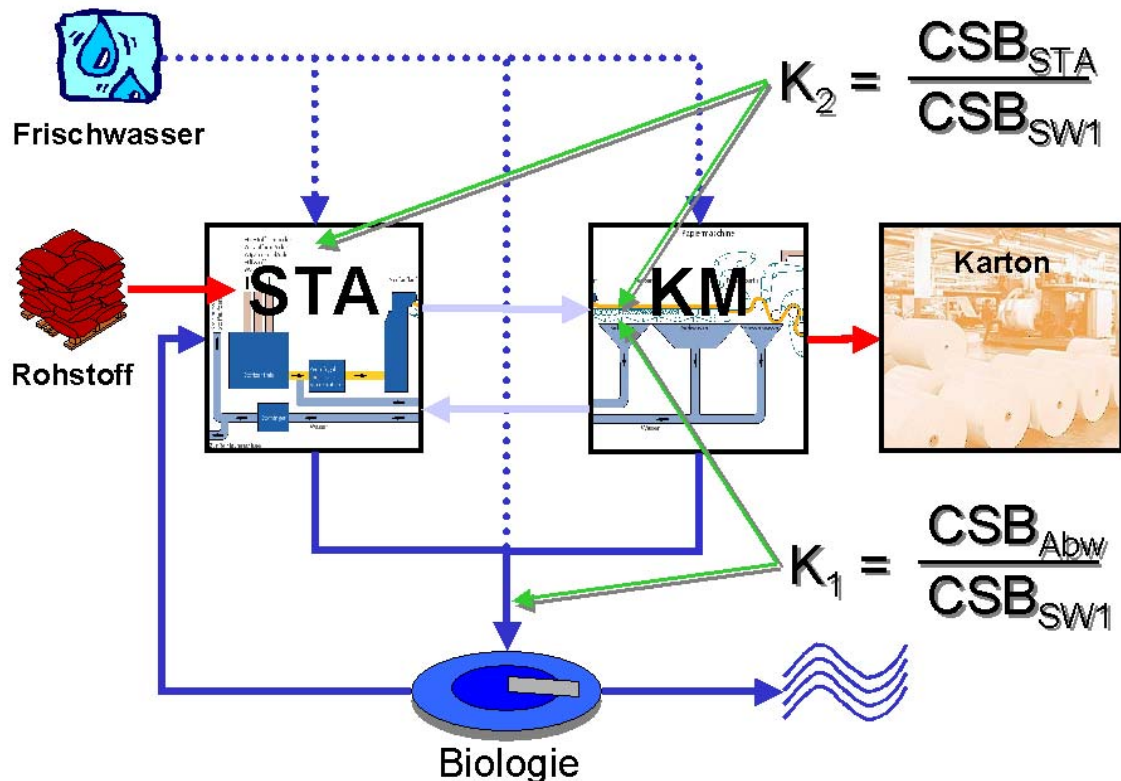


Bild 7.4: Ermittlung der K_1 - und K_2 -Kennwerte (Quotienten) zur Bewertung von Produktions-Wassersystemen der Papierindustrie

7.4. Auswertungen und Ergebnisse

7.4.1 Erstellung einer Wasserbilanz für das Jahr 1999

Auf Basis von Verfahrensschemata (die dankenswerterweise von der Betriebstechnik zur Verfügung gestellt wurden) und ARA-Daten aus dem Jahr 1999 (Datei „Wasserbilanz 1999“ Kappa Badenkarton) sowie ergänzenden Aufschreibungen aus unterschiedlichen Betriebsbereichen (z.B. Abfallbeauftragter, Controlling) wurde zunächst eine globale Wasserbilanz erstellt, die den Frischwasserbezug, die größten betrieblichen Verbraucher sowie als Outputgrößen die in den Vorfluter emittierte gereinigte Abwassermenge, die Evaporationsverluste der ARA und die Verdampfungsverluste der Kartonmaschine umfasst. Das Wassersystem des Werkes wurde in einem Audit-Modell nachgebildet und mit den aus dem Jahr 1999 vorliegenden Daten eine Wasserbilanz berechnet. Ein großer Vorteil einer Nachbildung des existierenden Wassersystems in einem Computermodell liegt in der Möglichkeit, die Plausibilität von Messdaten oder Berechnungen überprüfen und eventuell vorhandene Inkonsistenzen erkennen zu können. Die resultierende Jahres-Wasserbilanz für

den Gesamtstandort ist nachfolgend in Form eines Sankey-Diagrammes dargestellt (siehe dazu Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).

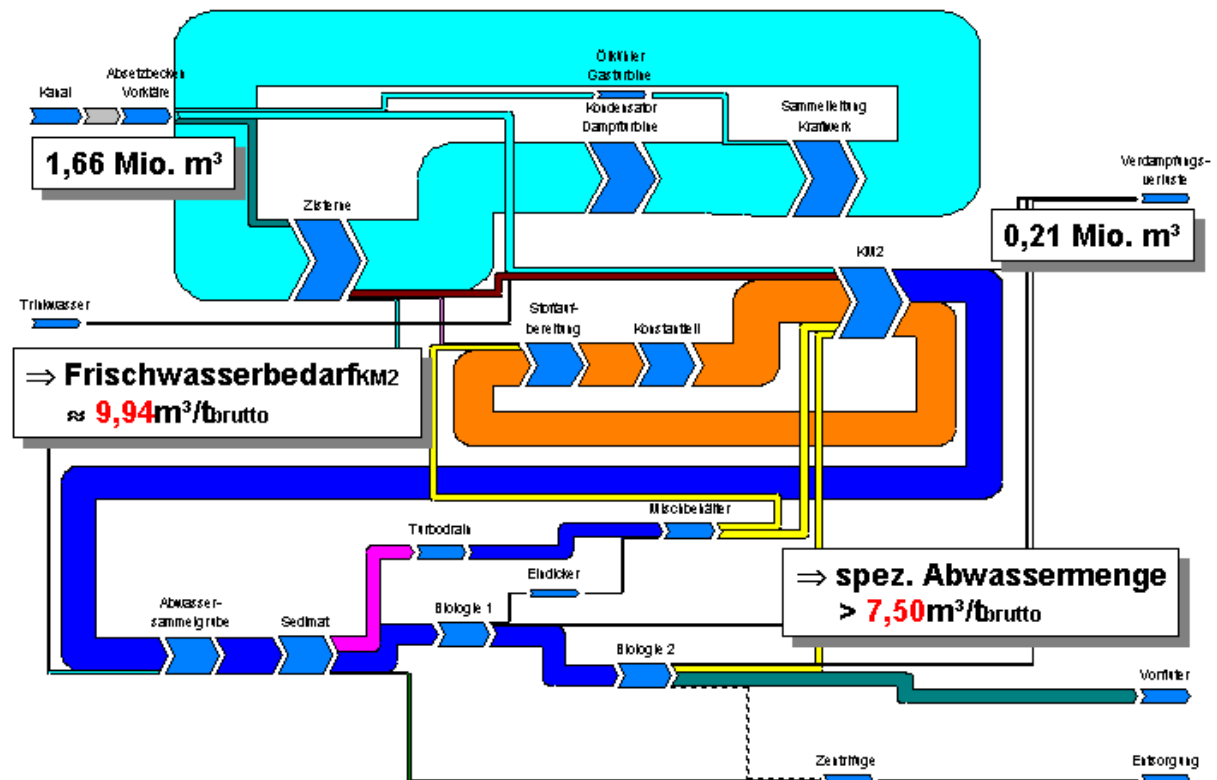


Bild 7.5: Globale Wasserbilanz Kappa Badenkarton Board Mill für das Jahr 1999

Die Analyse der einzelnen Wassersysteme (Kraftwerk, Produktion, ARA) die über die Vorkläre bzw. Zisterne eine direkte Kopplung miteinander aufweisen, führte zu ersten wichtigen Ergebnissen, die nachfolgend aufgeföhrt werden:

- Der Vergleich des reinen Frischwasser-Inputs mit der emittierten Abwassermenge lässt unter Einbeziehung der Verdampfungsverluste über die Trockenzylinder (kalkuliert wurde mit 1m^3 verdampftes Wasser / t Bruttoerzeugung) und der berechneten Evaporationsverluste in der ARA die Aussage zu, dass eine geschlossene Wasserbilanz vorliegt (Anmerkung: die Daten für die Frischgewinnung und die Abwasseremission basieren auf verlässlichen IDM-Messwerten). Wasserverluste über das Kanalsystem sind auf Basis dieser Daten auszuschließen, da keine Input-/ Outputdifferenzen vorliegen. Diese Feststellung kann nach Überprüfung der verfügbaren Wasserbilanzdaten auch für das Jahr 2000 getroffen werden.
- Auffallend ist die relativ hohe Feststoff-Fracht (1999: 6.412 t), die über das Rohwasser zur ARA als dem „Stoff-Fänger“ im Wassersystem von Kappa Badenkarton geleitet wird. Auch der korrespondierende Konzentrationswert von 1.814 mg/l (siehe Tabelle

„Leistungsdaten der betrieblichen ARA“) indiziert, dass massive Stoffverluste bei der Kartonproduktion auftreten. Die „Rückgewinnungsquote“ der ARA bezüglich der zugeführten Feststoffe liegt zwar bei nahe 90%, die verbleibenden 10% Materialverluste sowie die Betriebskosten im Bereich Abwasserbehandlung zeigen, dass hier ein nicht unbeträchtliches Optimierungspotential (über Senkungen der Stoffverluste und der hydraulischen Belastung der ARA) vorliegt.

7.5. Frischwassersystem und Frischwassernutzung

Am 03. und 04.2001 wurden während einer längeren GRU pig.-Produktionsphase die gesamten (kontinuierlichen) Frischwasserströme des Standortes über Ultraschallmessungen bzw. die Aufnahme und Auswertung der vorhandenen Messeinrichtungen und Zähler ermittelt. Eine Gesamtübersicht der Messstellen und der aufgenommenen Daten kann der im Anhang (Anhang 20) entnommen werden.

**Tabelle 7.1: Gegenüberstellung der Frischwasser-Input- und –Outputströme
Basis: Daten Messkampagne vom 03. und 04.05.2001)**

Inputströme	Spez. Verbrauch
	<i>m³/t brutto</i>
Frischwasser Vorkläre zur Zisterne	4,7
Frischwasser Vorkläre zur Produktion	6,4
Kühlwasser Vorkläre zum Kraftwerk	5,3
Trinkwasser zur KM	0,05
Summe Frischwasser-Input	16,4
Outputströme	Spez. Verbrauch
	<i>m³/t brutto</i>
Abströmleitung Zisterne (Vorfluter)	6,0
Auslauf Bio II (Vorfluter)	8,7
Ablauf Kühlzylinder 72-73 (Vorfluter)	0,67
Ablauf Kühlwasser Poperoller (Vorfluter)	0,1
Verdampfungsverluste KM	1,0
Wasseranteile im Fangstoff AR A	0,02
Summe Outputströme	16,4

Der über die Vorkläre zur Verfügung gestellte Frischwasserbedarf des Werkes belief sich an den Messtagen auf 16,4 m³/t Bruttoerzeugung. Die durchschnittlich bezogene Trinkwassermenge war im Vergleich dazu mit 1 m³/h (Zähleraufschreibungen) vernachlässigbar gering.

Die Summe der Outputmengen (inklusive der kalkulierten Verdampfungsverluste der Kartonerzeugung) belief sich im gleichen Zeitraum auf insgesamt 16,4 m³/t Bruttoerzeugung (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Wasserbilanz geschlossen ist, d.h. unerklärbare Wasserverluste oder Überschussmengen waren nicht zu verzeichnen. Das erdgeführte Wassersystem (Schmutzwasserkanäle, Leitungen etc.) ist als Folgerung daraus als intakt anzusehen.

Tabelle 7.2: Direkte und indirekte Frischwasserverluststellen im Wassersystem von Kappa Badenkarton (Basis: Daten Messkampagne vom 03./04.05.2001)

Übersicht der Frischwasserverluste im Gesamtsystem		
Direkte "Wasserverluste"	<i>m³/h</i>	
Ablauf Kühlzylinder 72-73	12,3	Ausschleusung Vorfluter
Ablauf Kühlwasser Popperoller	1,6	Ausschleusung Vorfluter
Indirekte "Wasserverluste"	<i>m³/h</i>	
Überlauf Fw-Behälter	10 - 20	Kontinuierlich
Kühlwasser Ölkühler ZS-Schmierng.	5,7	direkt zur ARA
Kühlwasser Ölkühler Glättzylinder	1,2	direkt zur ARA
Summe	ca. 150	~ 50% des Fw-Inputs!

Betrachtet man das Frischwassersystem unter dem Blickwinkel möglicher Wassereinsparpotentiale so kann zunächst zwischen direkten (alle Frischwassermengen, die keine Prozessberührung aufweisen und als saubere Teilströme aus dem System ausgeschleust werden) und indirekten (alle Frischwassermengen, die keine Prozessberührung aufweisen und als saubere Teilströme in das Schmutzwasser-Kanalsystem ablaufen) „Wasserverlusten“ unterschieden werden.

Die direkt in den Vorfluter abgeführten (und nur gering thermisch belasteten) Frischwassermengen summieren sich auf ca. 110 -150 m³/h. Eine Nutzung dieser (zu den Messzeitpunkten) warmen und sauberen Wassermengen z.B. für Spritzrohre oder als Ansatzwasser ist nach Durchlaufen eines Polizeifilters (sofern Bedenken hinsichtlich potentiell möglicher Ölverschmutzungen bestehen) ohne weiteres denkbar.

Die indirekten „Frischwasserverluste“ beliefen sich auf ca. 20 m³/h (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Der am Frischwasserbehälter 2 beobachtbare Überlauf resultiert aus dem Ungleichgewicht von Abnahme (60 bar Spritzrohre Former) und Speisung (Kühlwasser Vakuumpumpen KM2-Seite sowie Kühlwasser Hilfskondensatoren). Über die Vorhaltung eines hinreichend großen (Mindestvolumen: 150 m³) zentralen Frischwasser-Pufferbehälters könnten solche Überläufe vermieden und des weiteren auch die sonstigen, am Prozess vorbeilaufenden Kühlwassermengen (Ölkühler Zentralölschmierung, Ölkühler Glättzylinder) eingebunden werden.

Bei Stilllegung des Kondensationsteils der Dampfturbine bzw. der Entkopplung der Kühlwasserkreisläufe des Kraftwerkes (orangefarbene Ströme im **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) von der Zisterne und der Rückführung der „ungenutzten“ Kühlwassermengen in den Produktionsprozess wäre damit (ohne Reduzierung der

Bedarfmengen einzelner Verbraucher!) eine Halbierung des bisherigen Frischwasserverbrauchs erreichbar.

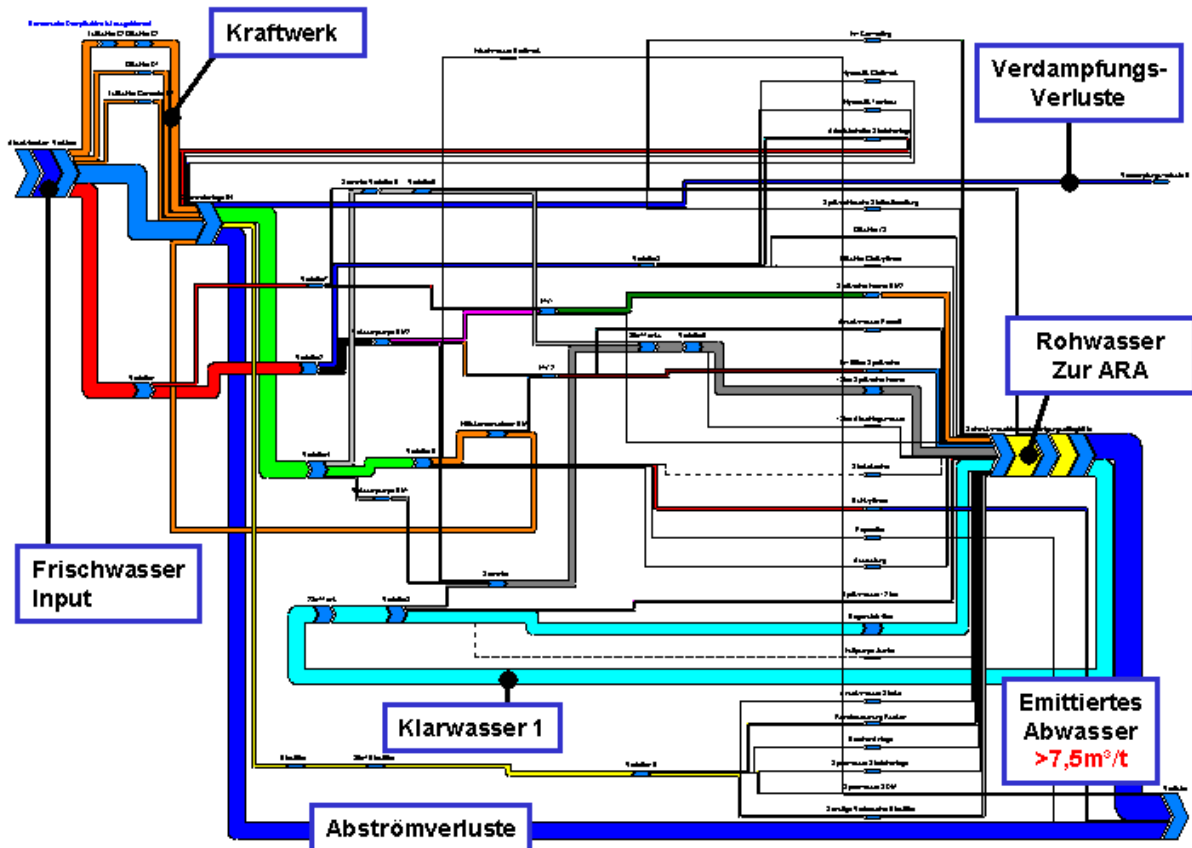


Bild 7.6: Modell des Frischwassersystems von Kappa Badenkarton

7.5.1 Frischwassernutzung nach Wasserkategorien

Der Frischwasserbedarf der vorhandenen Einzelverbraucher kann in Abhängigkeit von vorrangigen Einsatzzweck des Frischwassers in unterschiedliche Wasserkategorien eingeteilt werden. Die nachfolgende **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die Anteile einzelner Wasserkategorien am Frischwasser-Gesamtbedarf der Produktion.

Tabelle 7.3: Übersicht des Frischwasserbedarfs der Produktion nach Wasserkategorien (Basis Daten Messkampagne 03. und 04.05.2001)

Wasserkategorie	Spez. Verbrauch	Proz. Anteil
	m ³ /t Bruttoerzeugung	% Gesamtbedarf
Kühlwässer Produktion	7,5	48,5
Sperrwässer / Dichtwässer	0,05	0,3
Ansatzwässer	0,6	3,9
Spritzrohre / Sieb- und Filzreinigung	6,7	43,4
Randbesäumung	0,4	2,8
Wässer für sonstige Reinigungszwecke	0,2	1,2
Gesamt-Frischwasserbedarf Produktion	15,5	100,0
Anteil Klarwasser 1 am Frischwasserinput	5,7	↑
davon Einsatz als Verdünnungswasser STA	4,1	
Frischwasserinput ohne Klarwasser	9,8	63,2

Die bei der Produktion von GRU pig. gemessene Bedarfsmenge liegt bei 15,5 m³/t Bruttoerzeugung. Lässt man den Einsatz des aus der ARA rückgeführten Klarwassers 1 als „Frischwasserersatz“ außer Betracht, ergibt sich noch ein „von außen“ notwendiger Frischwasserinput in Höhe von 9,8 m³/t Bruttoproduktion. Der spezifische Frischwasserbedarf entspricht nahezu exakt den für die Jahre 1999 und 2000 berechneten Jahresmittelwerten (9,9 m³/t).

Die Kühlwässer stellen die Haupt-Nutzungsform für Frischwasser innerhalb des Produktionsbereiches dar. Hauptverbraucher sind hier die Vakuumanlagen sowie die Hilfskondensatoren. Die zweitwichtigste Wasserkategorie bilden die Spritzrohre und Spritzwässer. Die weiteren Nutzungsformen „Sperr- und Dichtwässer“, „Ansatzwässer“, „Randbesäumung“ sowie „sonstige Reinigungszwecke“ spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Anmerkung: Die diskontinuierlichen Einspeisungen von Frischwasser (z.B. zur Auffüllung des Siebwasser 2-Pufferbehälters oder des 30 m³-Kiesfilterwasser-Vorratsbehälters) wurden nicht berücksichtigt – eine Bewertung der Mengen und der Betriebszustände, innerhalb denen diskontinuierliche Flussmengen zu beobachten sind, hätte sich extrem schwierig gestaltet und ist für eine Bilanzierung des Frischwassersystems auch nicht erforderlich.

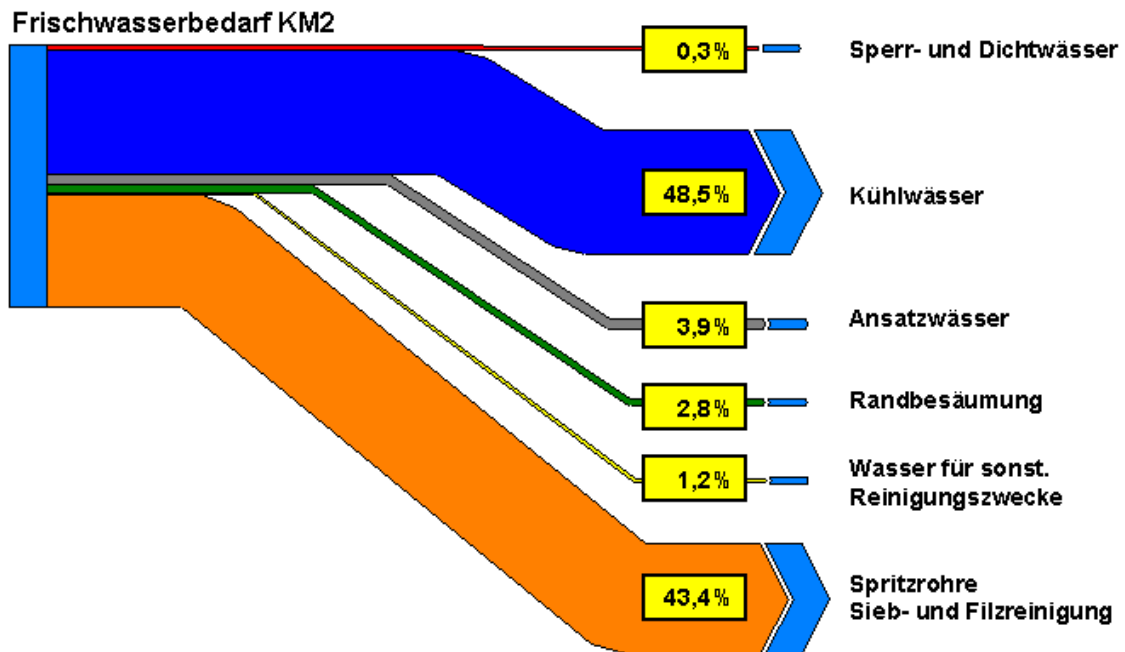


Bild 7.7: Prozentuale Anteile einzelner Wasserkategorien am Gesamt-Frischwasserbedarf der Kartonproduktion (Basis: Daten Messkampagne vom 03./04.05. 2001 bei stabiler Produktion Sorte GRU pig.)

7.5.2 Zur Nutzung der einzelnen Wasserkategorien

7.5.2.1 Kühlwässer

Sowohl das Kraftwerk wie auch die Produktion besitzen einen mehr oder weniger großen Kühlwasserbedarf. Die zwei zum Kraftwerk führenden Kühlwasserleitungen werden aus der Vorkläre bzw. direkt aus der Zisterne gespeist. Die Kühlwasserströme (siehe die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) des Kraftwerks werden nach Durchlaufen der diversen Wärmetauscher in die Zisterne zurückgeleitet (und damit im Kreislauf gefahren), so dass hier keine direkten Wasserverluste entstehen sollten. Bei Erreichen einer fest eingestellten Grenztemperatur kann und wird über die von der Zisterne ausgehenden Abströmleitung überschüssiges Frischwasser in den Vorfluter abgeleitet und gleichzeitig über die Zuleitung von der Vorkläre kaltes Frischwasser zugeführt, bis das Temperaturniveau der Zisterne auf einen gewünschten unteren Grenzwert gefallen ist. Diese sog. „Abströmverluste“

fallen kontinuierlich an und bewegten sich in den letzten Monaten im Rahmen zwischen 110-150 m³/h.

Bei der Betrachtung der reinen Aufwärmspannen der einzelnen Kühlwasserströme, die nach Durchlaufen der Wärmetauscher messbar sind, zeigen sich nur geringe Temperaturanstiege. Die beobachteten 2,8°C-Erwärmung des Kühlwassers für den Kondensator Dampfturbine (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) lässt auf eine nicht sehr effiziente Wärmetauschleistung schließen. Das durchgängig sehr hohe Temperaturniveau des Zisternenwassers (> 30°C) ist hier als zusätzlicher ungünstiger Faktor anzusehen. Insgesamt gesehen sind die beobachtbaren Aufwärmspannen als eher gering einzustufen - eine Überprüfung der installierten Wärmetauschersysteme auf ihre Funktionstüchtigkeit ist vor diesem Hintergrund anzuraten.

Tabelle 7.4: Übersicht des Kühlwasserbedarfs Kraftwerk Kappa Badenkarton

Bedarfsstelle	Jahresbedarf
	m³ /a
Kondensator Dampfturbine	bekannt
Luftkühler Generator Dampfturbine	411.720
Ölkühler Dampfturbine	232.140
Luft- /Ölkühler Gasturbine	219.000
Gesamt- Kühlwassermenge	bekannt

Bei einer Stilllegung des Kondensationsteiles der Dampfturbine kann ein erheblicher Teil des Kühlwasserbedarfs für die Energiebereitstellung eingespart und die direkten Frischwasserverluste für die Temperaturstabilisierung der Zisterne vermieden werden sowie die nicht zu vernachlässigenden Energiekosten für den Betrieb der Kühlwasserpumpen entfallen.

Ein hierbei zu beachtender Effekt liegt in der voraussichtlichen Abkühlung des Zisternenwassers, der hinsichtlich des Einsatzes dieses Wassers als Kühlwasser (bspw. für die Nash-Pumpen der Vakuumanlage KM1) als positiv, bezüglich des Einsatzes als Spritzwasser (18bar Spritzrohre) als eher negativ zu bewerten ist.

Tabelle 7.5: Aufwärmspannen der Kühlwasserströme des Kraftwerkes (Basis Messdaten 03. und 04.05.2001)

Bedarfsst	Eintrittstemper	Austrittstempe	Aufwärmspa
	° C	° C	° C
Kondensator	bekannt	bekannt	2,8
Luftkühler Generator	bekannt	bekannt	4,0
Ölkühler	bekannt	bekannt	7,0
Luft- / Ölkühler	bekannt	bekannt	9,1

Als Hauptverbraucher sind hier die 2 großen Vakuumanlagen sowie die 3 Hilfskondensatoren anzusehen.

Tabelle 7.6: Übersicht der Kühlwasserverbraucher – Produktion Kappa Badenkarton
*Jahresbedarf berechnet auf Basis von 350 Produktionstagen

Verbraucher	Kühlwassermenge	Jahresbedarf
	m ³ / h	m ³ / a
Vakuumpumpen KM2-Seite	bekannt	bekannt
Kühlwasser für Hilfskondensatoren		
Vakuumpumpen KM1 (Nash)		
Kühlzylinder 72 + 73		
Ausrüstung		
Hydraulik Glättwerk		
Hydraulik Tambour		
Arbeitsstation Streichstation		
Ölkühler Zentralölschmierung		
Ölkühler Glättzylinder		
Gesamt- Kühlwassermenge		

Das für die Hilfskondensatoren benötigte Kühlwasser wird zum Teil in die Zisterne, zum Teil in die Frischwasser-Vorratsbehälter geführt. Das Kühlwasser der Vakuumpumpen KM2 gelangt direkt in die Frischwasser-Behälter. Da diese durchschnittlich eine niedrigere Abnahme im Vergleich zum Zulauf haben, kommt es hier zu einem Überlauf von Frischwasser in das

Schmutzwasser-Kanalsystem. Da die Überlaufmenge nur geschätzt und nicht gemessen werden konnte, wurde die Menge mit Hilfe eines AUDIT-Modells des Frischwassersystems berechnet.

Eine Darstellung der Arbeitsbereiche und der effektiven Aufwärmspannen der einzelnen Wärmetauscher/Kühlaggregate bietet das **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** Auffallend ist, dass nur drei (Hilfskondensatoren, Vakuumpumpen KM1-Seite und Ölkühler Zentralölschmierung) der insgesamt 15 Anlagen größere Aufwärmspannen aufweisen. Bei Anlagen wie dem Ölkühler Glättzylinder oder beim Poperoller sind nur geringere Effekte erkennbar. Hier kann eventuell bereits eine Überprüfung der aktuellen Einstellungen eine Verbesserung bringen.

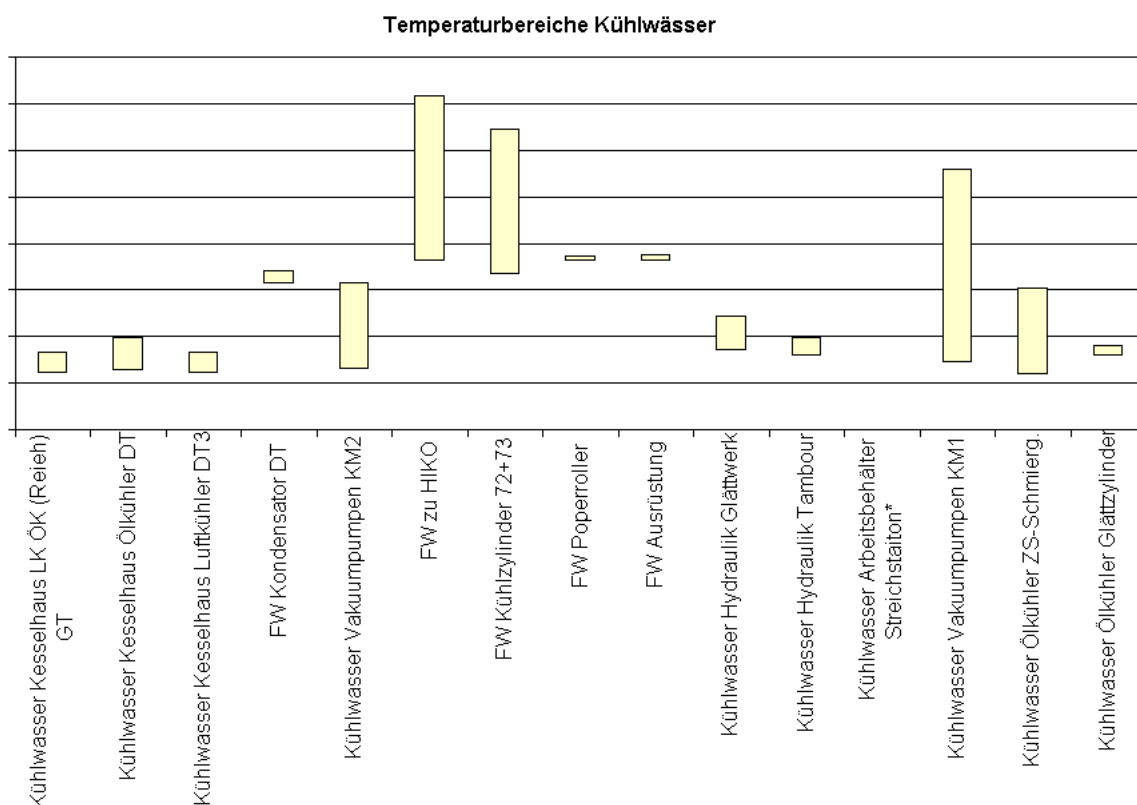


Bild 7.8: Temperaturbereiche und Aufwärmspannen der Kühlwässer Produktion (Basis Messdaten 03. und 04.05.2001)

7.5.2.2 Spritzwässer / Spritzrohre

Sowohl die Spritzwassermengen für die 18bar- als auch die 60bar-Hochdruck-Bereiche werden bereits über die Frischwasserbehälter 1 und 2 gespeist. Die ist von Vorteil, da die sehr warmen Kühlwässer der Hilfskondensatoren und der Vakuumanlage KM2-Seite die FW-Behälter permanent speisen.

Tabelle 7.7: Spritzwasserverbraucher und –mengen der Produktion

***Jahresbedarf berechnet auf Basis von 350 Produktionstagen**

Verbraucher	Spritzwassermenge	Jahresbedarf
	m ³ / h	m ³ / a
FW 18 bar Spritzrohre	32,4	272.160
60 bar Former KM2	19,0	159.600
18 bar Spritzrohre Former (Klarwasser)	60,0	504.000
18 bar Abschlag (Klarwasser)	2,5	21.000
12 bar Spritzwasser (Klarwasser)	10,0	84.000
Summe Spritzwässer	123,9	1.040.760

Die weiteren Spritzwasserverbraucher werden über das vom Bogensieb abgenommene Klarwasser der ARA versorgt. Über die Aufstellung eines ausreichend dimensionierten Frischwasserbehälters und die Einbindung der bislang in den Vorfluter bzw. das Schmutzwasser-Kanalsystem emittierten Kühlwassermengen könnten die bisher auftretenden Überläufe der Frischwasserbehälter vermieden werden und außerdem die Rückspeisung des warmen Hilfskondensatoren-Kühlwassers in die Zisterne entfallen.

7.6. Faser- und Feststoffverluste

Das aus dem Produktionsbereich stammende Rohwasser zeigte einen hohen spezifischen Frachtwert. Die Auswertung der Messkampagnen vom 05. und 09.03. bzw. vom 04.05.2001 bestätigte diese Werte. Während der Produktion von GD2 (05.03.) traten niedrigere Feststoffgehalte als während der Produktion von GRU pig. (09.03) auf.

Grundsätzlich kommen mehrere Teilbereiche der Kartonerzeugung als potentielle Anfallstellen für Feststoffverluste in Frage: Die Stoffaufbereitung (hier sind stoffbelastete Filtrate und sonstige Abwässer von Pressen und weiteren Reinigungsaggregaten zu finden), der Konstantteil (ebenso Filtrate und Pressenabwässer) sowie die Kartonmaschine (Abläufe Siebschiff Former, Extraktionsabscheiderwässer, Randspritzung / Randsaugung Kurzformer etc.)

Eine erste Analyse der Anfallstellen und der Quantitäten der in das Rohwasser gelangenden Faser- und Feststoffverluste lässt erkennen, dass die Stoffaufbereitung an den beiden Messtagen im März sowohl bei der Braun- als auch der Weißsorte einen höheren Anteil zu den Gesamt-Feststoffverlusten der Produktion beiträgt (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 7.8: Feststoffeintrag in das Rohwasser über einzelne Aufbereitungsaggregate (Basis Daten der Messkampagnen vom 05. und 09.03.2001)

Beitrag einzelner Aggregate / Abläufe zu den Feststoffverlusten in 9 Stunden

GRU-Pig	
Trumag-Press	gemessen
Rechenklassierer1	
Kufferath-Press	
Fan-Press	
Rechenklassierer2	
Ablauf Formerschiff	
Summe	
Gesamtinput ARA	

GD2	
Trumag-Press	gemessen
Rechenklassierer1	
Kufferath-Press	
Fan-Press	
Rechenklassierer2	
Ablauf Formerschiff	
Summe	
Gesamtinput ARA	

Auffallend war der an beiden Messtagen sehr hohe Beitrag des Rechenklassierers 2 zu den Gesamtverlusten. Allein dieses Aggregat verursachte zwischen 11-12% der insgesamt über das Rohwasser in die ARA eingetragenen Feststoffmenge. Bezogen auf die feststellbaren Faser- und Feststoffverluste folgten mit deutlichem Abstand die Fan- und die Kufferathpresse. Der hohe Wert beim Rechenklassierer 2 kann auf die hohe, von den Cleanerstufen stammende Befrachtung und damit die Überforderung der Reinigungskapazität des Klassierers zurückgeführt werden. Über eine Taktungsänderung der Cleanerstufen kann zwar eine Reduzierung der zum Rechenklassierer geführten Zulaufkraft erreicht werden, doch bei generell hohen Faserverlusten in diesem Bereich ist aber über den Einsatz alternativer nachgeschalteter Reinigungstechnologien (wie z.B. Scheibeneindicker oder Bandpressen) nachzudenken.

Anmerkung: Eine vierte Cleanerstufe ist bereits geplant und wird in 2001 noch in Betrieb genommen.

Tabelle 7.9: Feststoffgehalte einzelner Siebwässer (Basis Daten der Messkampagnen vom 05.03, 09.03. und 04.05.2001)

Meßtag Produzierte Sorte	05.03.2001 GD2	09.03.2001 GRU Pig.	04.05.2001 GRU Pig.
	mg/l	mg/l	mg/l
SW2 Decke			
SW2 Rücken			
SW2 Schonschicht			
SW2 Einlage			

gemessen →

Da über die Beiträge der Stoffaufbereitung und Konstantteil nur etwa 20 – 30% der Gesamt-Feststoffverluste der Produktion erklärbar sind, müssen die restlichen Frachten aus den Bereichen Langsiebe / Kurzformer und Pressenpartie stammen. In Frage kommen hier zunächst die stoffbeladenen Siebwässer, die nicht über das Braunwassersystem gefasst sind und direkt in das Rohwasser gelangen (wie etwa die 3 Abläufe des Siebschiffs der Kurzformer).

In diesem Zusammenhang müssen die wechselnden Feststoffgehalte des Siebwassers 2 Rücken bzw. des Siebwassers 2 Einlage bei gleicher Sortenproduktion als Anlass für eine Überprüfung der Retentionsverluste über die Langsiebe bzw. die Kurzformer genommen werden.

Ein hoher Beitrag zu den Feststoffverlusten der Kartonmaschine stammt aus der direkten Einleitung der bei der Randabsaugung der Kurzformer anfallenden Stoffmengen in das Schmutzwasser-Kanalsystem. Der Stoffeintrag in das Rohwasser über die Randspritzung / Randabsaugung Kurzformer addiert sich gemäß Kappa-internen Messungen. 13% der Feststoffverluste, die pro Tag im Durchschnitt zur ARA gelangen. Über die Einleitung dieser Stoffmengen in den Gautschbruchpulper könnte damit einer der relevanten Verluststellen im Bereich der Kartonmaschine eliminiert und die direkte Weiterverarbeitung durch Rückführung in die Maschinenbütte gesichert werden.

Weitere Feststoffverluste treten im Bereich der Siebwässer Kurzformer (Abläufe Siebschiff) und der Extraktionsabscheider auf.

Tabelle 7.10: Feststoffgehalte und -frachten in Prozesswässern einzelner Anfallstellen bei der Erzeugung von GD2 (Basis: Messdaten Kappa Badenkarton vom 10.07.2001 – Produktion GD2 400 g/m² ; * Daten der Messkampagne vom 05.03.2001 – Produktion GD2 500-550 g/m²)

Verbraucher	Meßstelle	Durchflußmenge <i>m³/h</i>	Feststoffgehalt <i>g/l</i>	Feststoff-Fracht <i>kg/d</i>	Feststoff-Fracht <i>t/a</i>
Extraktionswasser	Abscheider A (1+2)				
Extraktionswasser	Abscheider B				
Extraktionswasser	Abscheider C				
Extraktionswasser	Abscheider D				
Extraktionswasser	Abscheider EE				
Extraktionswasser	Abscheider EF				
Extraktionswasser	Abscheider EG				
Überschusswasser *	Ablaufrohr 1 Kurzformer				
Überschusswasser *	Ablaufrohr 2 Kurzformer				
Randabsaugung	Kurzformer				
			Summe	9.590,9	3.356,8

gemessen

Die Gesamtmenge der über die Extraktionsabscheiderwässer ins Abwassersystem gelangenden Feststoffe macht ca. 27% der gesamten Feststoffverluste der Produktion (bezogen auf die Werte aus 2000) aus. Der über die Randabsaugung Kurzformer ins Rohwasser gelangende Feststoffeintrag liegt bei 13% der in 2000 angefallenen Gesamtmenge. Über die Integration der Siebschiff-Abwässer und der Extraktionsabscheiderwässer in das Braunwasser-System (Stapelbütten holzhaltig oder braun) wären hier diese Stoffverluste vermeidbar.

Die aufgezeigten Stoffverluste im Bereich der Kartonmaschine und der Stoffaufbereitung addieren sich somit auf ca. 60% der insgesamt feststellbaren Feststoffverluste. Die Überläufe des Braunwasser- und des Jumbo-Behälters in das Schmutzwasser-Kanalsystem tragen zu weiteren Stoffverlusten bei, die aber anhand des vorliegenden Datenmaterials nicht quantifiziert werden können. Die Aufklärung der verbleibenden Differenz ist damit zukünftigen Messungen und Analysen vorbehalten.

7.7. Vorschläge zum Wassermanagement bei Kappa Badenkarton

7.7.1 Frischwassereinsparung

Kühlwässer: Im Bereich der Kühlwässer bieten sich grundsätzlich zwei Alternativen zur Frischwassereinsparung an:

- a) Fassung und Führung aller vorhandenen Kühlwasserströme in einem Kreislaufsystem. Das heißt, dass die gesamte Kühlwassermenge über eine Ringleitung die Einzelverbraucher versorgt, in einem zentralen Pufferbehälter zusammenfließt und hier über ein Kühltechnologie (z.B. gegen Luft) eine gewünschte Systemtemperatur eingestellt wird. Da die benötigten Kühlwässer nicht mit Stoff in Berührung kommen, entfällt eine Reinigung über Polzeifilter. Der Aufwand für die Errichtung eines solchen Kreislaufsystems (ist nicht zuletzt wegen der relativ hohen Entfernungen zu den Verbrauchern) ist jedoch als kostenintensiv anzusehen. Der sich ergebende Einspareffekt wäre allerdings hoch.
- b) Einbindung bzw. Rückführung aller direkten Kühlwasserverluste (Kühlung Zylinder 72 + 73, Kühlung Poperoller, Ölkühler Zentralölschmierung etc.) in das bestehende Frischwassersystem. Über die Installation eines ausreichend dimensionierten Frischwasserpuffers (Mindestvolumen 150 m³) könnten diese Frischwasserströme zentral gesammelt und zudem die beobachtbaren Überläufe an den vorhandenen Frischwasserbehältern vermieden werden. Der Einsatz der warmen Kühlwässer für Spritzwasserzwecke ist nach Durchlaufen von Polzeifiltern anzudenken. Durch diese Substitution von Frischwasser wäre eine zusätzliche Frischwassereinsparung erreichbar.

Prozesswässer: hier ist zwischen den im Bereich der Stoffaufbereitung / Konstantteil und der eigentlichen Kartonmaschine anfallenden Prozesswässern zu unterscheiden:

- a. Stoffaufbereitung: Die Fassung und Rückführung der Filtrate, Pressenabwässer etc. als Auffüllwässer oder Verdünnungswässer in den Stoffaufbereitungskreislauf (Auflöser, Pufferbüetten) würde die ARA bereits spürbar hinsichtlich der im Moment gegebenen hydraulischen und stofflichen Befrachtung entlasten. Die (diskontinuierliche) Auffüllung des Braunwassersystems mit Frischwasser könnte entfallen – Voraussetzung ist allerdings, das vorhandene Puffervolumen im notwendigen Umfang zu erhöhen. Bei der Berechnung des erforderlichen Stapelvolumens sollte man sich hierbei an der Kapazität des vorhandenen dynamischen Puffervolumens orientieren.

- b. Kartonmaschine: Eine Möglichkeit den Frischwasserbedarf bei der Kartonproduktion deutlich zu verringern, liegt in der Rückführung der Extraktionsabscheiderwässer über das z.B. Bogensieb in den Prozess. Die Qualität des Abscheiderwassers nach Filterung über das Bogensieb würde ausreichen, um als Auffüllwasser oder Ansatzwasser im Bereich der Stoffaufbereitung zum Einsatz zu kommen. Des Weiteren kann über die Sammlung und Rückführung aller Siebwässer (Abläufe Siebschiff Kurzformer) in z.B. das Braunwassersystem ein Einspareffekt erzielt werden. Alternativ können die Siebwässer nach Reinigung über die bereits projektierte Mikroflotation und einen nachgeschalteten Scheibenfilter bzw. eine Ultrafiltration (Superklarwasser) als Spritzwasser zum Einsatz kommen.

Die Vorschläge dienen der Entlastung der ARA durch Abfangen von hydraulischen als auch stofflichen Stößen zur Erhöhung der Betriebssicherheit und der Kostenreduzierung durch Einsparung von Reinigungskapazitäten und Frischwassermengen.

Insgesamt könnte über die sukzessive Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen ein erheblicher Anteil des Gesamt-Frischwasserbedarfs erzielt werden, ohne die Einzelverbraucher in ihrem jetzigen Bedarf optimieren zu müssen. Bei Realisierung der weniger kostenintensiven Vorschläge sind kurzfristig immerhin noch nennenswerte Einsparungen erreichbar.

7.7.2 Entstoffung der Prozesswässer

Eine Entstoffung des Prozesswassers der Bereiche Stoffaufbereitung, Konstantteil und Kartonmaschine mittels Mikroflotation ist (wie bereits im Gutachten der Firma Meri Nr. 00-181 aus dem April 2000 angeregt) bereits projektiert. Der zusätzliche Einsatz von Scheibenfiltern (z.B. in der Stoffaufbereitung) ist mittelfristig anzudenken, um die teilweise hohen Feststoffgehalte und Stoßbelastungen durch Scheibenfilter abzufangen. Der dadurch deutlich reduzierte und gleichmäßigere Stoffeintrag würde die ARA entlasten und die besonders in den Sommermonaten auftretenden Faulungstendenzen (und damit die Gefahr hinsichtlich potentieller Geruchsbelästigungen) deutlich herabsetzen.

Die zur Reinigung und Entstoffung der Prozesswässer (hauptsächlich Siebwässer und Abscheiderwässer) der Kartonmaschine angedachte Mikroflotation ist sehr gut dazu geeignet, den Fest-Flüssig-Phasen-Trennungsprozess zu beschleunigen und durch den positiv wirkenden, zusätzlichen Lufteintrag den nachgeschalteten biologischen Klärprozess in der ARA zu unterstützen. Diese Technologie entspricht auch den Empfehlungen der BREF „*Pulp & Paper Industry*“ für die Sparte der altpapierverarbeitenden Betriebe.

Mit Hilfe der Mikroflotation als bewährtes Fest-Flüssig-Trennverfahren können große bis sehr große Prozesswassermengen behandelt werden. Werden zusätzlich Flockungshilfsmittel zur

Effizienzsteigerung eingesetzt, können Klarwasserqualitäten bis nahe 100 ppm Feststoffgehalt realisiert werden. Der Anwendungsbereich der Mikroflotation reicht von der reinen Faserrückgewinnung über die Feinstoffentfernung bzw. Teilentaschung bis zur allgemeinen Kreislaufreinigung. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Mikroflotation liegt im anteiligen bis nahezu vollständigen Austrag von aufkonzentrierten, inaktiven Fein- und Füllstoffen aus dem System. Beim Einsatz von Flockungshilfsmitteln können außerdem kolloidale Störstoffe aus dem Kartonmaschinenkreislauf entfernt werden, was sich positiv auf das gesamte Laufverhalten auswirkt.

Der Scheibenfilter arbeitet bei Zugabe von Filterhilfsstoff nach dem Prinzip der Kuchenfiltration, wobei in drei Scheibensektoren Filtrate unterschiedlicher Qualität anfallen. Das hochbelastete Trübfiltrat wird im Kreislauf geführt. Das feststoffarme Klarfiltrat und das Superklarfiltrat (< 100 ppm Feststoffgehalt) fallen normalerweise mit hoher Qualitätskonstanz an. Der Einsatz des Scheibeneindickers dient damit vornehmlich der Faserrückgewinnung.

7.7.3 Gegenstromwasserführung

Dieses Prinzip besagt, dass in einem System von Altpapieraufbereitung und Papiermaschine der Einsatz von Frischwasser nur an der Kartonmaschine erfolgt. Dadurch hält man die Verschmutzung des KM-Kreislaufes auf niedrigem Niveau und unterstützt einen guten Lauf der Kartonmaschine. Der Wasserbedarf der beiden Kreisläufe ist so geschaltet, dass sauberes KM-Prozesswasser nur als Ergänzungswasser in den Stoffaufbereitungs-Kreislauf eingebracht wird. Bei optimaler Kreislauftrennung (durch hohe Übergabestoffdichten und konsequente Gegenstromführung) bleibt die Verschmutzung im Bereich der Altpapieraufbereitung. Schmutz und Störstoffe werden nicht an den KM-Kreislauf weitergegeben. Typische Übergabestoffdichten zwischen Stoffaufbereitung und KM liegen bei 25-30%. Durch diese Eindickung werden etwa 95% des belasteten Wassers zurückgehalten und nicht in den folgenden KM-Kreislauf eingetragen.

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass es zu einer Absenkung der Systemtemperatur der Kartonmaschine kommen kann, wenn der Kartonmaschinenloop über die Gegenstromführung von den Aufheizenergien der Stoffaufbereitung (wie Heißdispergierung oder Refinern) getrennt wird.

Eine typische Auslegung von Wellpappenfabriken sieht wie folgt aus: Siebwasser I wird zur Stoffverdünnung vor den konstanten Teil der KM zurückgeführt. Siebwasser II wird entweder direkt in die Stoffaufbereitung geführt, wo es zur Altpapierauflösung genutzt wird, oder es wird in einem Stoff-Fänger behandelt. Meist werden Scheibenfilter oder Flotationsstoff-Fänger eingesetzt.

Wassersystem bei Papierfabriken mit getrennten Kreislaufführungen und Gegenstromprinzip

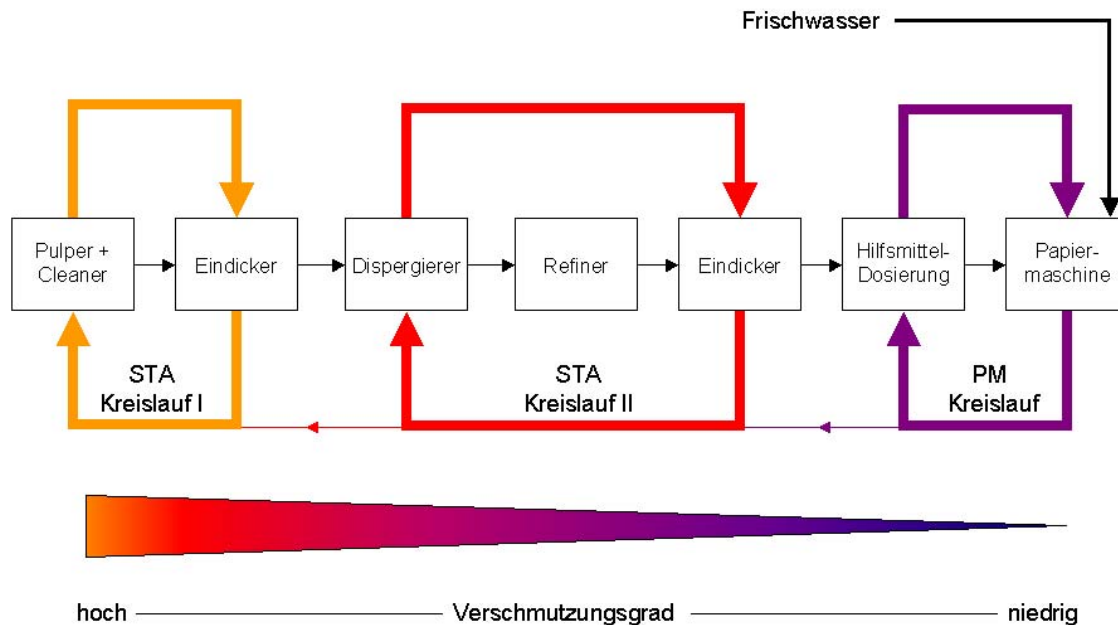


Bild 7.9: Die Auswirkung der Gegenstromführung auf den Verschmutzungsgrad von Prozesswässern (aus BREF Pulp & Paper Industry, Draft 07/2000, geändert)

Das Klarwasser aus dem Stoff-Fänger wird zur Versorgung von HD-Spritzrohren und Abschlagspritzrohren direkt im Bereich der KM genutzt. Trübwasser und überschüssiges Klarwasser gelangen in die ARA. Der Frischwassereinsatz beschränkt sich hauptsächlich auf HD-Siebspritzrohre und Pressfilzpritzrohre.

Werden auch die Filtrate aus der Rejektentwässerung, die Spritz- und sonstigen Kanalabwässer entstofft und in den Prozess zurückgeführt, kann Abwasser im Extremfall vollständig vermieden werden.

7.7.4 Bewertung des Frischwassereinsatzes und der Kreislaufschaltung

Zur Bewertung der Frischwassernutzung und der Ausgestaltung / Schaltung der Wasserkreislaufsysteme können die in der Papierindustrie häufig eingesetzten K1-, K2-Kennwerte sowie der Quotient aus beiden Kennwerten K1/K2 eingesetzt werden.

Der K1-Wert ist der Quotient aus dem CSB-Wert im Abwasser zum CSB-Wert im Siebwasser I. Werte kleiner 1 deuten auf Frischwasserverluste hin, die zu einer Reduzierung der spez. Abwassermenge genutzt werden können. Der K2-Wert gibt das Konzentrationsverhältnis vom CSB in der Stoffaufbereitung zum CSB im Siebwasser I wieder. Um eine Entlastung des PM-Kreislaufs zu erreichen, sollte der K2-Wert deutlich über 1 liegen. Der Quotient $K1/K2$ dient zur Bewertung der Kreislaufschaltungen der STA und der KM. Eine Gegenstromschaltung ist nur bei Werten nahe 1 erreicht bzw. umgesetzt.

Im Rahmen der durchgeführten Messkampagnen wurden die entsprechenden K1- und K2-Werte für die Produktion von GRU pig. bestimmt. Der K1-Wert von 0,95 (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) besagt, dass das zu ARA gepumpte Rohwasser kaum mit am Produktionsprozess vorbeigeführten Frischwasseranteilen verdünnt ist. Der geringe Verdünnungseffekt erklärt sich aus dem Überlauf der Frischwasserbehälter und den in das Schmutzwasser-Kanalsystem gelangenden Spritzwässern der Sieb- und Filzreinigung.

Die K2-Werte (1,09 und 1,13) besagen, dass bei Kappa Badenkarton eine Kreislaufftrennung bzw. eine Gegenstromführung nicht vorhanden ist bzw. nur eine untergeordnete Rolle spielt, da die CSB-Konzentration der Prozesswässer Stoffaufbereitung und Kartonmaschine auf vergleichbarem Niveau liegen. Zu beachten ist hierbei, dass im Kapitel 5 der BREF „*Pulp & Paper Industry*“ eine Gegenstromführung und Kreislaufftrennung als beste verfügbare Technik angesehen wird. Es ist daher denkbar, dass die Installation der entsprechenden Technologie im Rahmen von Genehmigungsverfahren als eine Maßnahme zur ökologischen Optimierung der Kartonproduktion empfohlen, wenn nicht gar gefordert werden.

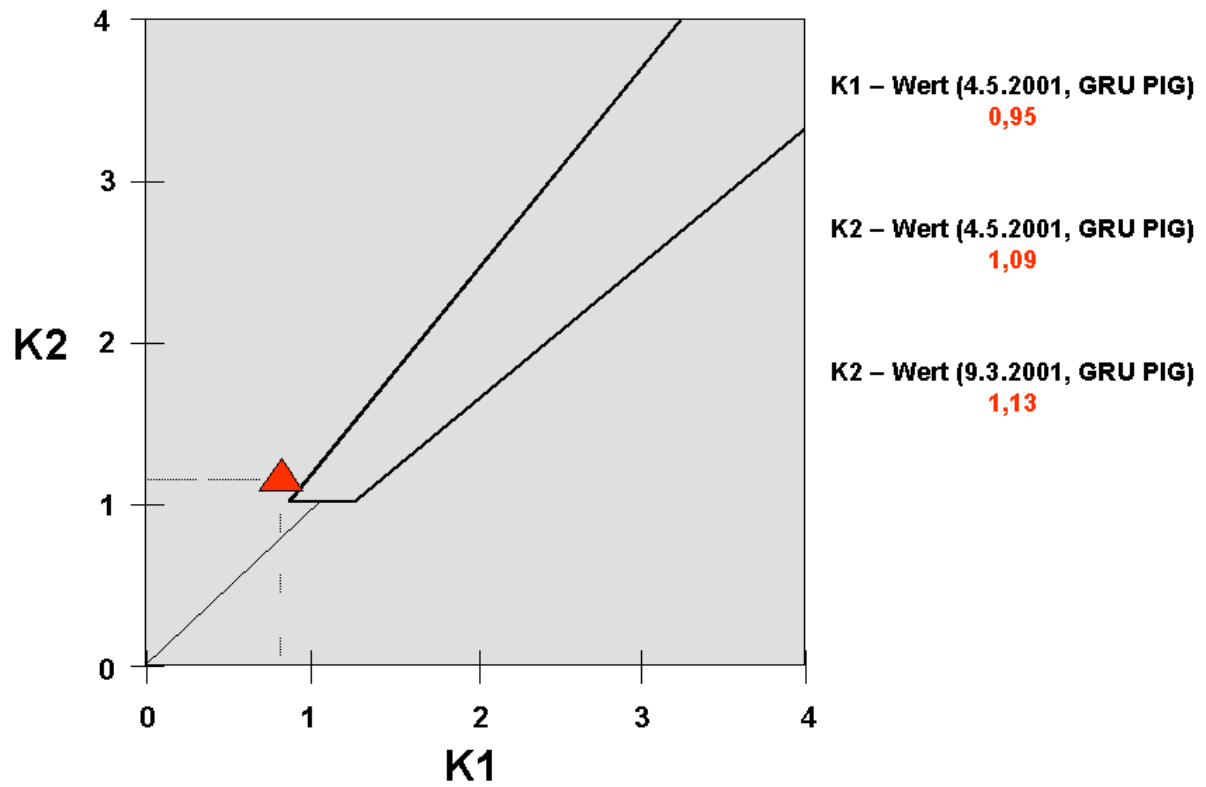


Bild 7.10: K1- und K2-Werte der Kartonproduktion (Basis: Messdaten vom 09.03. und 04.05.2001 – GRU Fig.-Produktion)

8. Grundlagen der Umweltkostenrechnung

8.1. Aufgabenstellung der klassischen Kostenrechnung

Aufgabenstellung von Kostenrechnungssystemen ist es, die Grundlagen für die betriebswirtschaftliche Sichtweise der Unternehmensprozesse zu generieren. Die Kostenrechnung soll dabei den Verbrauch von Produktionsfaktoren (wie z.B. Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Personal- und Maschineneinsatz, ...) und die damit verbundene Entstehung von Leistungen mengen- und wertmäßig erfassen und die Wirtschaftlichkeit der Leistungserstellung überwachen.

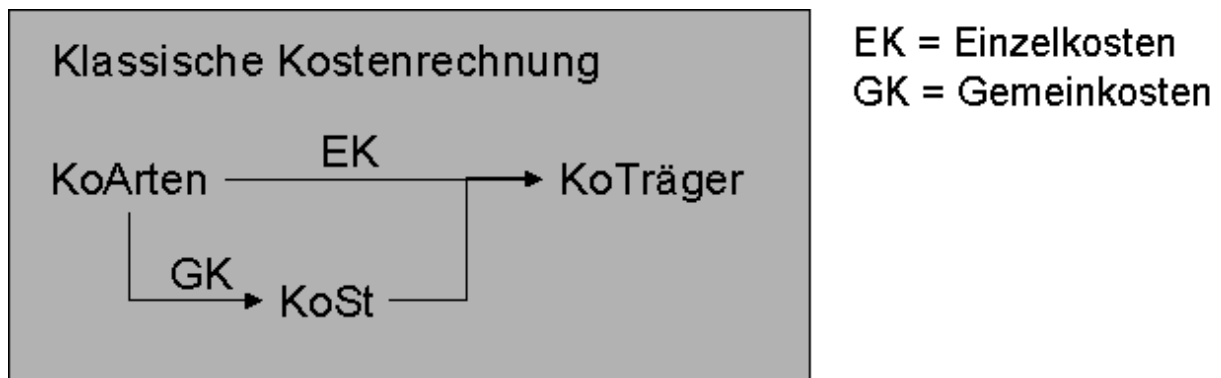


Bild 8.1: Grundschemata der Kostenverrechnung

Klassischerweise bauen die verschiedenen Kostenrechnungssysteme auf der Kostenarten- und der Kostenstellenrechnung auf. Mit ersterer wird die Frage, welche Kosten im Unternehmen angefallen sind, beantwortet. Hierbei muss bei der Art der Verrechnung zwischen den Einzel- und den Gemeinkosten unterschieden werden. Einzelkosten sind Kosten, die sich direkt den erstellten betrieblichen Leistungen (Kostenträgern) zurechnen lassen. Gemeinkosten sind Kosten, die sich den Kostenträgern nicht direkt zurechnen lassen. Diese Kosten werden innerhalb der Kostenstellenrechnung verteilt und mit Hilfe von Schlüsselgrößen den Kostenträgern zugerechnet.

Die Kostenstellenrechnung versucht nun die für die Kostenstelle erfassten Kostenarten über den Leistungsprozess auf die einzelnen Unternehmensbereiche (F&E, Lager, Produktion, ...) aufzuteilen (Wo sind die Kosten angefallen?). Die Umlage der Gemeinkosten wird über die Kostenstellen im Betriebsabrechnungsbogen (BAB) durchgeführt. Dabei werden die Beanspruchungen zwischen den jeweiligen Leistungsprozesskostenstellen (Hauptkostenstellen) und den unterstützenden Kostenstellen (Hilfs- oder Nebenkostenstellen) verrechnet. Die Ver-

rechnung erfolgt dabei über Parameter (Kostentreiber) oder über Zuschläge (z.B. Stunden, Mengenbasis).

Die letzte Stufe der Kostenrechnung stellt die Kostenträgerrechnung dar. Sie kann stückbezogen als Kalkulation (Kostenträgerstückrechnung) und / oder periodenbezogen als Erfolgsrechnung (Kostenträgerzeitrechnung) durchgeführt werden (Wofür sind die Kosten angefallen?). Die Kostenträgerstückrechnung ermittelt die Selbst- oder Herstellkosten der erstellten Leistungen / Produkte, deren Entstehung letztlich den Kostenanfall verursacht hat. Als ein System der Zuschlagskalkulation kann die Maschinenstundensatzkalkulation eingesetzt werden.

Für die Maschinenstundensatzkalkulation ist kennzeichnend, dass die Kosten einzelner Kostenstellen proportional zu deren Leistungsvolumen verrechnet werden. Hierbei werden alle durch den Maschineneinsatz bedingten und unmittelbaren Kosten aus den Fertigungskosten ausgegliedert und nach Maßgabe der Maschinenbeanspruchung mit Hilfe des Maschinenstundensatzes verrechnet.

Wichtig ist hierbei zu beachten, dass innerhalb der Kostenträgerrechnung das oben dargestellte Kostenverrechnungsschema angewendet wird. D.h., erst in der Kostenträgerrechnung werden die erstellten Produkte wieder mit den zugeordneten Einzelkosten belastet. Innerhalb der Kostenstellenrechnung und über die Zuschlagsverfahren der Kostenträgerstückrechnung wurden nur die erfassten Gemeinkosten auf die erstellten Leistungen verrechnet.

Wie aus dieser Auflistung deutlich wird, stellt die Kostenrechnung primär eine organisationsbezogene Sichtweise der Unternehmensprozesse dar. In Konsequenz bedeutet dies, dass eine systemintegrierte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Materialeinsatzes in den einzelnen Kostenstellen nicht erfolgt.

Gesonderte Betrachtung technischer Produktionsprozesse gehen in die betriebswirtschaftliche Controllingprozesse nur als spezielle, manuell zu erstellende Abweichungsanalysen ein. Sie stellen damit keinen integralen, automatisch generierten Bestandteil der Kostenrechnung dar. Prozessinternen Optimierungspotentialen wird in der klassischen Kostenrechnung nicht automatisiert ein Wert zugewiesen.

Diese Lücke versucht die Umweltkostenrechnung zu schließen. Mit ihr sollen die beiden großen Sichtweisen des Unternehmens (Betriebswirtschaft und Technik) durch die Kombination der Mengen- und Wertinformationen verbunden werden.

8.2. Aufgabenstellung von Umweltkostenrechnungssystemen

8.2.1 Ansatz der Umweltkostenrechnung

Der Wille zum aktiven Umweltschutz bedarf der internen Umsetzung. Organisatorische und technische Maßnahmen werden entweder über individuelle Erfahrungen oder Anregungen aus den technischen oder kaufmännischen Unternehmensbereichen ausgelöst. Das klassische technische und das davon getrennte betriebswirtschaftliche Controlling stoßen hier aber teilweise an ihre Grenzen und können nur für bestimmte, definierte Bereiche Impulse geben.

Eine der häufigsten Schwachstellen im Betrieb bildet der effiziente Einsatz der (Umwelt-) Ressourcen: Das Statistische Bundesamt stellte in seiner „Umweltökonomischen Gesamtrechnung“ vom Juli 1998 fest, dass „der technische Fortschritt die Produktivität der Arbeitskraft in den vergangenen Jahren verdreifacht hat, die Effizienz der Ressourcennutzung sich aber nur um ein Drittel steigern konnte“. D. h., dass der effiziente Ressourceneinsatz ungenügend gegenüber dem Produktivitätsfortschritt entwickelt wurde.

Grundlage dieser Entwicklung ist der Ausweis und die eingehende Betrachtung einzelner Kostenarten wie z. B. der Personalkosten in den betriebswirtschaftlichen Bereichen. Durch die gesonderte Wahrnehmung dieser Kosten in den Controllingberichten der Unternehmen sind vielfältige Anstrengungen unternommen worden, um die Personalkosten zu senken.

Die Betrachtung der Kostenzurechnungen in Unternehmen im Bereich der Umweltmedien führt zu dem Ergebnis, dass die Mehrzahl der Unternehmen zumeist nur externe Kosten wie etwa Entsorgungskosten den entstandenen Kuppelprodukten (Abfälle, Abwasser, ...) zuordnet. Unberücksichtigt bleiben dabei die in den Kuppelprodukten gebundenen Material-, Personal- und Maschinenkosten. Im Gegensatz zu den Personalkosten sind, bedingt durch die nicht konsequent verursachungsgerechte Anlastung entstehender Kosten im Unternehmen, den entstandenen Umweltbelastungen (Abfall, Abwasser, ...) zu geringe Kosten angelastet worden, weshalb sie bisher in der Regel noch keiner eingehenden Untersuchung wie die der Personalkosten unterzogen wurden. Die zu geringen Kostenanlastungen legten im Controlling immer wieder die Schlussfolgerung nahe, dass die notwendigen Anstrengungen die zu erwartenden Einsparungen nicht rechtfertigten.

8.2.2 Definition von Umweltkosten

Aus volkswirtschaftlicher Sicht können Umweltkosten allgemein als alle Kosten definiert werden, die durch die bewerteten Umwelteinflüsse des Unternehmens in Form von vollständig quantifizierbaren Stoff- und Energieflüssen (Entnahme + Behandlung + Rückführung) zwi-

schen Unternehmen und Umwelt entstehen. Umweltkosten können dabei in externe Kosten (Kosten, die Dritten angelastet werden) und internalisierte Umweltkosten (unternehmensbezogene Zurechnung in Form von z.B. Steuern) unterschieden werden. Für die unternehmensbezogene Betrachtung sind damit nur die internalisierten Umweltkosten relevant. Nicht dem Unternehmen zugerechnete und damit Dritten angelastete Kosten, könnten nur in die betriebliche Kostenrechnung einbezogen werden, wenn sie a) bewertet werden können, für sie also ein allgemein akzeptierter Bewertungsmaßstab existiert und b) dem Unternehmen heute oder später angelastet würden. Zum derzeitigen Zeitpunkt der Diskussion sind weder die Bedingungen a) noch b) erfüllt. Für unternehmerische Entscheidungen sind daher nur die internalisierten Kosten relevant.

Zur Optimierung der innerbetrieblichen Leistungsprozesse werden die internalisierten Umweltkosten (Marktpreise + Umweltsteuern + Umweltabgaben + Kosten für End-of-pipe u. integrierte Technologien) in die Betrachtung einbezogen. Die Umweltkostenrechnung verrechnet diese Kosten z.B. für die Rohstoffe, Energien und anderen Inputfaktoren über den betrieblichen Leistungsprozess (z.B. Produktionsablauf) auf die Kostenträger (Produkte und Kuppelprodukte). Aus dieser Definitionen wird deutlich, dass für jedes Produkt Umweltkosten entstehen, auch für solche, denen keine Abgaben oder Sondersteuern zugerechnet werden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass mit dem Marktpreis alle relevanten Kosten, die ein Produkt verursacht, diesem auch zugerechnet werden. Dieser Grundsatz wird über die Marktwirtschaft geregelt. Sollte dies nicht geschehen, so versagt nicht die Marktwirtschaft, sondern es fehlen die gesetzlichen und politischen Vorgaben zur Integration der nicht verrechneten Kosten.

Vielfach wird in der Literatur über die Abgrenzungsprobleme in der Kostenerfassung, insbesondere für den integrierten Umweltschutz, diskutiert. Mittelpunkt der Bemühungen ist es dabei, die direkt für den Umweltschutz entstandenen Kosten auszuweisen. An dieser Stelle wird auch vielfach über „Umweltschutzkosten“ gesprochen.

Bei einer unternehmensbezogenen Umweltkostenrechnung ist die exakte Abgrenzung der Kosten für umweltschutzbezogene und produktionsbezogene Anteile in einer Anlage nicht notwendig. Vielmehr wird hier untersucht, welche Kosten mit bestimmten Stoffen oder Energien in einzelnen Prozessschritten verbunden sind. Insofern werden die produktionsbedingten Umweltkosten und nicht die Umweltschutzkosten der Produktion ausgewiesen.

8.2.3 Verrechnungsschema einer Umweltkostenrechnung

Im Gegensatz zur klassischen Kostenrechnung wird innerhalb der hier ausgewählten Umweltkostenrechnung versucht auch die Einzelkosten über die Kostenstellen zu verrechnen. Damit wird auch für den Einzelkostenanfall der Kostenstelle eine direkte Verantwortung geschaffen.

Durch die Einbeziehung des Leistungsprozesses kann insofern von einer prozessorientierten Umweltkostenrechnung gesprochen werden. Die untere Abbildung gibt das veränderte Verrechnungsschema wieder.

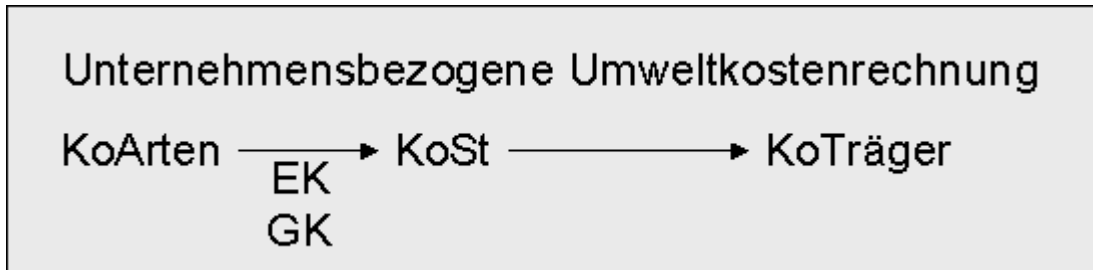


Bild 8.2: Verrechnungsschema einer unternehmensbezogenen Umweltkostenrechnung

Hierbei wird der Leistungsprozess der Kostenstelle in die Kostenzurechnung einbezogen. Für die Kostenstelle wird anhand der Leistungsdaten ausgewiesen, wie die Inputfaktoren des Prozesses in Outputfaktoren umgesetzt wurden. Die Kosten der Inputfaktoren werden dabei nicht nur dem Hauptprodukt, sondern auch allen Kuppel- und Nebenprodukten zugerechnet.

Mit der prozessorientierten Umweltkostenrechnung wird der betriebliche Leistungsprozess abgebildet und mögliche Einsparpotentiale und Eingriffsmöglichkeiten in ihren Auswirkungen auf den Gesamtprozess beurteilt.

Umweltkostenrechnung

Abbildung des Leistungsprozesses

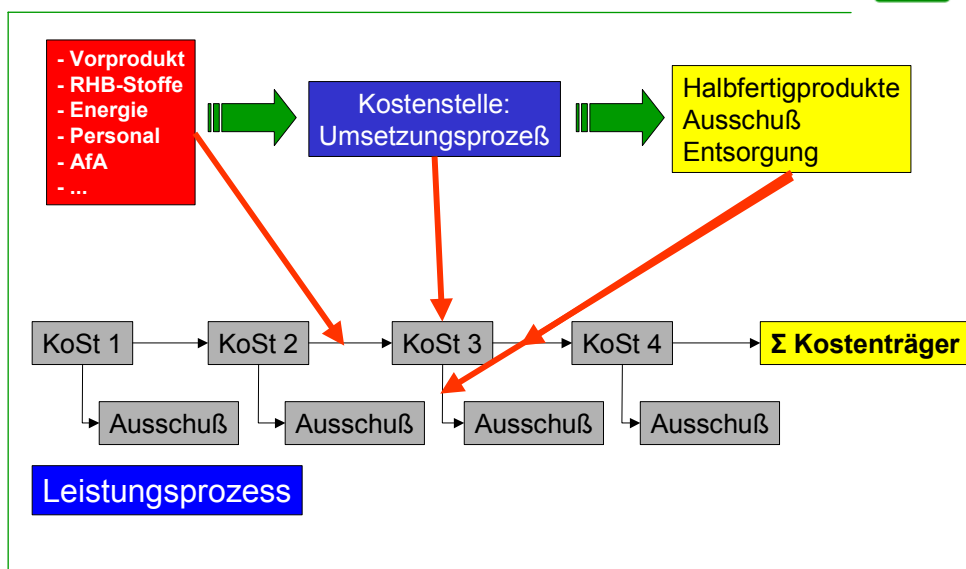


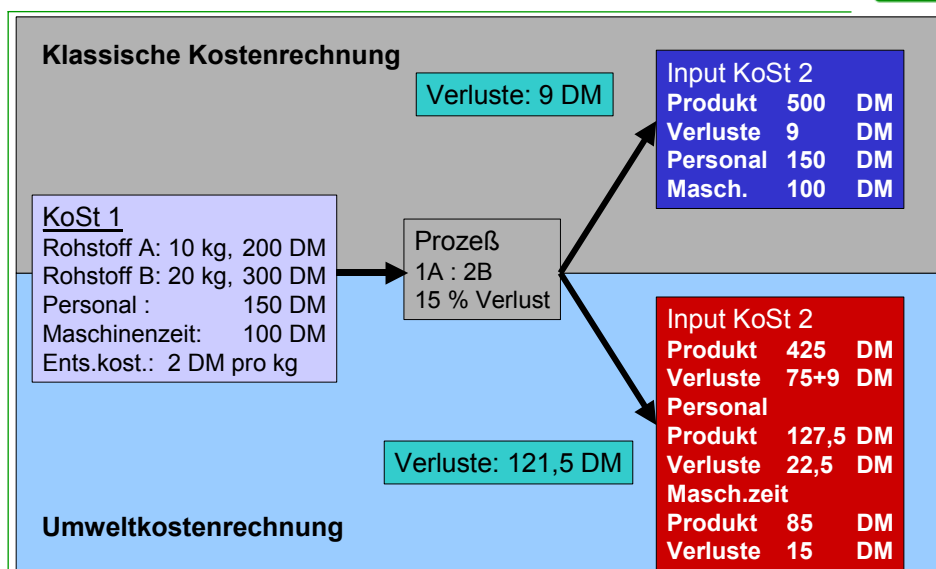
Bild 8.3: Kostenverfolgung über den Leistungsprozess

Die Verrechnung der Kosten soll anhand des Stoff- und Energieflusses erfolgen, wobei für jede Kostenstelle die Input- und Outputflüsse ermittelt werden müssen. Inputseitig werden u.a. Material- und Energieverbrauche sowie die korrespondierenden Kosten erfasst, auf der Outputseite wird zwischen den in der Kostenstelle erstellten Halbfertig- oder Fertigprodukten und den unerwünschten Reststoffen, z.B. Ausschuss und Abfall, unterschieden. Der Kostenanfall der Kostenstelle wird anhand der Stoff- und Energieflüsse auf die beiden Outputgruppen verrechnet.

An einem Beispiel soll die unterschiedliche Vorgehensweise verdeutlicht werden.

Umweltkostenrechnung

Beispielrechnung



© GWU mbH

Bild 8.4: Verrechnungsbeispiel für eine Umweltkostenrechnung

Innerhalb der klassischen Kostenrechnung werden den entstandenen Verlusten nur die zusätzlichen externen Kosten gegenübergestellt. Die mit den Verlusten verbundenen Einzelkosten sind bereits dem Kostenträger angelastet worden und werden dadurch nicht dem Kostenverursacher (Abfall) erneut angelastet. Da 15 % des Materials, also 4,5 kg, als Verlust entsorgt werden müssen, wird diese Materialmenge mit den reinen Entsorgungskosten beaufschlagt. Die enthaltene Wertschöpfung wird in der Bewertung nicht berücksichtigt. Den Verlusten werden damit nur Kosten in Höhe von DM 9,- zugewiesen. Mit der Umweltkostenrechnung werden den entstandenen Verlusten die mit ihnen verbundenen Einzelkosten zugerechnet. Mit dieser Vorgehensweise werden die in den Verlusten gebundenen Wertpotentiale sichtbar. Den Verlusten werden nicht nur die Entsorgungskosten, sondern auch die darin gebundenen Personal- und Maschinenkosten sowie die Reduktion der

produzierten Menge um die 15 %. Die Zuweisung der mit den Verlusten verbundenen Kosten in voller Höhe ergeben somit DM 121,50.

Über die geschilderten Bewertungsschritte und die Auswertung der gewonnenen Ergebnisse können letztlich Aussagen über die Effizienz der eingesetzten Materialien und Energien und die Effektivität der gewählten Prozesstechnologie getroffen werden.

8.3. Wertansätze innerhalb einer prozessorientierten Umweltkostenrechnung

8.3.1 Kostenansätze für Energien und Material

Wie aus den oberen Abbildungen deutlich wird, werden den in einem Unternehmen entstehenden Leistungen in den jeweiligen Kostenstellen die dort bezogenen Materialwerte und u.U. die anteilige Wertschöpfung zugerechnet. Die Verrechnung erfolgt dabei schrittweise entlang des Produktionsverlaufs.

Innerhalb der Kostenrechnung ist es von zentraler Bedeutung, welchen Materialien, Halb- und Fertigprodukten bzw. Kuppelprodukten, die mit der Produktion verbundenen sind, welche Kostenansätze zugerechnet werden. Mögliche verschiedene Kostenansätze sind für die folgenden Gruppen zu unterscheiden:

- (a) Rohstoffe, Vorprodukte, Energien;
- (b) Recyclingmaterial;
- (c) Recyclingmaterial, bei Downcycling;
- (d) Kuppelprodukte;
- (e) Halb- und Fertigprodukte;
- (f) Verlust von Fertigprodukten.

ad (a): Rohstoffe, Vorprodukte und Energien werden mit den Kostenansätzen aus der klassischen Kostenrechnung bewertet. Eine Veränderung der Bewertungsansätze ist nicht notwendig.

Innerhalb des Produktionsprozesses fallen an verschiedensten Stellen Verluste und Ausschuss an, der ganz oder z.T. wieder in den Produktionsprozess eingegliedert werden kann. Für den Wertansatz der Materialien muss zwischen den folgenden Fällen unterschieden werden (Prozessstufenabfolge ..., k, ..., m, n, ...):

ad (b): Für Recyclingmaterial, das in der gleichen Prozessstufe P_n oder in einer gleichwertigen Verwendung in der Prozessstufe P_m wieder eingesetzt werden kann, muss der gleiche Kostenansatz wie für Gutware der vorherigen Prozessstufe (P_{n-1} , P_{m-1}) gewählt werden. Erfolgt in der Prozessstufe eine Zurechnung der Wertschöpfung auf das Material, darf diese nicht auf das Recyclingmaterial angewendet werden. Dies würde kostenrechnerisch bedeuten, dass die in den Recyclingmaterialien gebundene Wertschöpfung zurückgewonnen werden könnte, diese ist aber verloren. Für das Recyclingmaterial müssen noch einmal Personal- und Maschinenzeiten aufgewendet werden, um Gutware zu erzeugen.

Treten im Recycling Materialverluste auf, müssen diese dem Kostenträger zugerechnet werden.

Für Recyclingmaterial muss also vereinfacht zwischen den folgenden Wertkomponenten unterschieden werden (siehe auch Kap. 8.3.2):

- Materialwert (Gutschrift für die Materialkosten),
- Materialwert für Verluste im Recycling (Bewertungsansatz siehe Kuppelprodukte),
- Kosten für die Behandlung des Recyclingmaterials,
- Anteil der Wertschöpfung (Zurechnung zum Kostenträger).

ad (c): Recyclingmaterial, das einer minderwertigeren Verwendung innerhalb des Produktionsprozesses zugeführt wird, muss mit einem anderen Kostenansatz bewertet werden, als das unter (b) genannte. Auch hier muss der Anteil der nicht zurückzugewinnenden Wertschöpfung gesondert ausgewiesen und in einem späteren Schritt dem Kostenträger zugerechnet werden. Zusätzlich kann das aus der Prozessstufe P_n ausgegliederte und der vorgelagerten Prozessstufe P_k zugeführte Material nur mit dem Kostensatz P_{k-1} bewertet werden.

Material, das z.B. als Randbeschnitt wieder der Stoffaufbereitung zugeführt wird, kann nur mit dem Kostensatz des in die Stoffaufbereitung eingehenden Altpapiers bewertet werden.

Die Differenz zwischen den Kostensätzen $k(P_n)$ und $k(P_{k-1})$ und die notwendigen Behandlungskosten für den Recyclingstrom müssen in einer Nebenrechnung dem Kostenträger zugerechnet werden.

Für das hier dargestellt Recyclingmaterial muss zwischen den folgenden Wertkomponenten unterschieden werden (siehe auch Kap. 8.3.2):

- Materialwert $k(P_{k-1})$ (Gutschrift für die Materialkosten),
- Materialwert für Verluste im Recycling (Bewertungsansatz siehe Kuppelprodukte),
- Differenz $k(P_n) - k(P_{k-1})$ (Belastung des Kostenträgers),
- Anteil der Wertschöpfung (Zurechnung zum Kostenträger).

ad (d): Fallen in der Prozessstufe P_n Verluste wie etwa Abfälle, Abwasser, etc. an, die nicht mehr in den Produktionsprozess zurückgeführt werden können, so werden diesen in der klassischen Kostenrechnung nur die Entsorgungskosten zugewiesen. Hierbei bleiben aber die Materialwerte der Kuppelprodukte und die zur Entstehung notwendige Produktionszeit (Personal + Maschinen) unberücksichtigt. Wie aus dem vorhergegangenen Rechenbeispiel deutlich wurde, muss zwischen den folgenden Wertkomponenten unterschieden werden:

- Materialwert $k(P_n)$,
- Anteil der Wertschöpfung (Zurechnung zum Kostenträger),
- Entsorgungskosten für die Kuppelprodukte (Belastung des Kostenträgers oder Verrechnung über die betrieblich festgelegte Verteilung der Entsorgungskosten).

ad (e): Halb- und Fertigprodukte werden mit den für die Produktion eingesetzten Material- und Energiewerten sowie der gebundenen Wertschöpfung bewertet. Im Zuge des Produktionsablaufes reduziert sich der Materialwert etc. um die Werte der Kuppelprodukte.

Einem Kostenträger müssen die in den Kuppelprodukten gebundenen Materialwerte und die anteilige Wertschöpfung wieder zugeschlagen werden, da durch den Kostenträger auch diese Kosten aufgefangen werden müssen.

Für Halbfertigprodukte müssen folgende Wertkomponenten unterschieden werden:

- Materialwert der Halbfertigprodukte,
- Anteil an der Wertschöpfung.

Für Fertigprodukte bzw. den Kostenträger müssen die folgenden Wertkomponenten unterschieden werden:

- Materialwert der Fertigprodukte,

- Anteil der Fertigprodukte an der Wertschöpfung,
- Materialwertdifferenz von minderwertig eingesetztem Recyclingmaterial,
- Materialwert für Verluste im Recycling (Bewertungsansatz siehe Kuppelprodukte),
- Wertschöpfungsanteil der Recyclingmaterialien,
- Materialwert der Kuppelprodukte,
- Wertschöpfungsanteil der Kuppelprodukte,
- U.U. Entsorgungskosten der Kuppelprodukte.

8.3.2 Berücksichtigung der Kapazitätswirkung von Recycling

Wie aus den oberen Ausführungen deutlich wird, muss bei Verlusten bzw. bei Recyclingmaterial die in dem Material gebundene Wertschöpfung teilweise berücksichtigt werden.

Für die Verrechnung der anteiligen Wertschöpfung können zwei grundlegende Fälle unterschieden werden:

(a) Verluste / Recycling mit kapazitätsmindernden Eigenschaften

(b) Verluste / Recycling ohne kapazitätsmindernde Eigenschaften

ad (a): Bei Verlusten mit kapazitätsmindernden Eigenschaften, müssen die nicht-stoffbezogenen Fertigungskosten anteilig auf die Verluste verteilt werden. Es handelt sich hier um homogene Verluste (z.B. Qualitätsausschuss, technisch nicht notwendiger Randbeschnitt).

Grundsätzlich kann von einer kapazitätsmindernden Eigenschaft ausgegangen werden, wenn der Ausschuss, die Verluste oder das Recyclingmaterial

- den gleichen Fertigungsprozess durchlaufen haben,
- technisch nicht notwendigerweise angefallen sind,
- in der geplanten Zusammensetzung dem produzierten Produkt entsprechen und
- in den Produktionsanlagen pro Mengeneinheit die gleiche Kapazität gebunden hat wie das fertiggestellte Produkt.

Da die Gutware und – gemäß Definition – auch der Ausschuss den Fertigungsprozess vollständig durchlaufen haben, werden ihnen die jeweiligen Wertschöpfungsanteile zugeordnet.

ad (b): Bei Verlusten ohne kapazitätsmindernde Eigenschaften (Heterogene Verluste, z.B. technisch notwendiger Randbeschnitt, Verlust beim Anfahren einer Maschine) kann die Wertschöpfung nur auf die an die nächste Kostenstelle weitergegebenen Gutwaren verrechnet werden.

Grundsätzlich kann eine kapazitätsmindernde Eigenschaft ausgeschlossen werden, wenn der Ausschuss, die Verluste oder das Recyclingmaterial

- nicht geplant den gleichen Fertigungsprozess durchlaufen haben,
- technisch notwendigerweise angefallen sind und
- in der geplanten Zusammensetzung nicht dem produzierten Produkt entsprechen.

Bei den oben gemachten Ausführungen muss aber zwingend beachtet werden, dass die Verrechnung der Wertschöpfung und die Eigenschaft der Verluste in jedem Prozessschritt überprüft werden muss. D.h., ein Stoff kann als Verlust in einem vorgelagerten Prozessschritt kapazitätsmindernde Eigenschaften besitzen, in einem nachgelagerten Schritt aber technisch notwendigerweise anfallen, und damit keine kapazitätsmindernde Eigenschaften besitzen.

8.3.3 Berücksichtigung von Maschinenkostensätzen für einzelne Prozessstufen

Mit den oberen Ausführungen wird deutlich, dass durch eine prozessorientierte Umweltkostenrechnung ein detailliertes Bild der Kosteneffizienz des gesamten Produktionsprozesses gezeichnet werden kann. Neben den Material- und Energiekosten werden dabei auch die anteiligen Wertschöpfungen verrechnet. Die Genauigkeit der Kostenzurechnungen bzw. die Aussagemöglichkeiten über die Kosteneffizienz steigen mit der Abgrenzung und Zuweisung verschiedener Maschinenkostensätze für einzelne Produktionsbereiche bzw. Kostenstellen.

Ist in einem Unternehmen nur ein Maschinenstundensatz vorhanden, können damit in einzelnen Produktionsabschnitten kaum Aussagen über die exakte Höhe mit den Verlusten verblorener Wertschöpfungsanteile gemacht werden.

Mit der Zuweisung verschiedener Maschinenkostensätze steigt die Möglichkeit innerbetriebliche Optimierungspotentiale zu identifizieren und zusätzliche Potentiale zu erschließen.

8.4. Kostenbewertung mit einer prozessorientierten Umweltkostenrechnung bei der Kappa Badenkarton

8.4.1.1 Anwendung der prozessorientierten Umweltkostenrechnung für die Produktion von Karton

Wie aus den vorherigen Ausführungen zur prozessorientierten Umweltkostenrechnung deutlich wurde, muss bei der Zurechnung der bewerteten Maschinen- und Personalzeiten u.U. unterschieden werden, ob z.B. ein anfallender Verlust technisch notwendig oder nicht notwendig ist. Je nach getroffener Unterscheidung müssen verschiedene Wertansätze gewählt werden.

Ziel der Berechnungen ist es, den im Endprodukt enthaltenen Materialwert zu bestimmen bzw. den Wert der Materialverluste in den Einzelschritten zu berechnen. Materialeinträge in eine Produktionsstufe werden als Kosten dem Produkt zugeordnet. Durch die Entstehung von Verlusten reduziert sich der Materialwert des fertigen Produkts. In den Einzelschritten wird dies durch die negative Berücksichtigung der Kosten integriert. Bei diesem Schritt muss aber beachtet werden, dass der Kostenentlastung in den Einzelschritten eine Kostenbelastung bei der Kostenträgerrechnung gegenüberstehen muss. Ansonsten würde durch dieses Vorgehen eine Gutschrift erfolgen. Zusätzlich muss bei der Kostenentlastung z.B. durch Recycling beachtet werden, dass die wieder in den Produktionsprozess eingehenden Materialströme vor dem Hintergrund des wertmäßigen Kostenbegriffs im Kostenansatz u.U. reduziert werden müssen. Randbeschnitt, der wieder in der Stoffaufbereitung eingesetzt wird, kann also nur mit dem gleichen Kostensatz bewertet werden wie alternative Einsatzmaterialien. Da der Randbeschnitt und Verschnitt je zu 50% in Decke und Rücken sowie zu 50% in Einlage und Schonschicht eingeht, kann nur der durchschnittliche Altpapierpreis angesetzt werden. Auch diese u.U. eintretende Wertminderung muss in einem separaten Schritt wieder dem Kostenträger angelastet werden.

Bei den oberen Ausführungen ist bereits auf verschiedene Bewertungsansätze des Ausschusses hingewiesen worden. Eine exaktere Betrachtung des Ausschusses zeigt, dass insbesondere beim Randbeschnitt zwischen unvermeidbarem Ausschuss (Splice) und kapazitätsminderndem, vermeidbarem Ausschuss (Produktionsbreite größer als für Formatschnitt erforderlich) zu unterscheiden ist. Während der unvermeidbare Ausschuss mit den reinen, für dessen Erzeugung erforderlichen Roh- und Hilfsstoffkosten zu bewerten ist, muss der vermeidbare Ausschuss, der direkt die Produktionskapazität mindert, mit den Fertigungskosten (Rohstoff-, Maschinen- und Personalkosten) bewertet werden. Der vermeidbare Ausschuss entspricht Fertigware, die verworfen wird.

Bei der Produktion von GD2 wurde weniger Randbeschnitt vorgenommen und als Recyclingstoff zur Stoffaufbereitung zurückgeführt als bei der Produktion von GRU pigmentiert.

Unter der Annahme, dass der kleinere der beiden Randeschnitte unvermeidbar ist, verbleibt eine bestimmte Menge, die als Fertigware unnötigerweise verworfen wird. Der vermeidbare Ausschuss wirkt kapazitätsmindernd. Durch Rückführung des vermeidbaren Ausschusses wird zwar der Materialwert zurückgewonnen, die darin enthaltene Wertschöpfung geht aber vollständig verloren und schmälert die möglichen Gewinne.

Dieses ist in Tabelle 8.1 berücksichtigt worden. Insgesamt sinkt der durchschnittliche Wert des nach Randbeschnitt (unvermeidbar, vermeidbar) und Verschnitt (unvermeidbar) zurückgeführten Materials.

Durch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Wertansätze kann ein erheblich genaueres Bild der Produktion in der Kostenrechnung gezeichnet werden.

Wie aus den Beispielen aber auch deutlich wird, kommt der Zuordnung der Maschinen- und Personalkosten eine erhebliche Bedeutung zu. Wird für die Produktion nur ein Maschinenkostensatz berechnet, kann die Wertzurechnung nur auf der oben geschilderten Basis vorgenommen werden. Hierbei ist es dann von besonderer Bedeutung, an welcher Stelle die Produktionskosten den Kostenströmen zugeordnet werden.

Liegen für den Produktionsablauf verschiedene, abgegrenzte Maschinenkostensätze vor, kann ein verursachungsgerechteres Kostenbild der Produktion gezeichnet werden. In diesem Fall kann dann der Wertschöpfungsanteil der Materialströme aufgezeigt werden, d.h., den Verlust- und Recyclingströmen können die darin gebundenen Wertschöpfungsanteile zugewiesen werden.

Tabelle 8.1: Wertefluss der prozessorientierten Umweltkostenrechnung

	t	Beispiel
Altpapiereintrag	yyy	xxx DM
Zuschlag Maschinenstunden		xxx DM
		xxx DM
Kostenstelle X1		
Rückführung Ausschuss		
Randbeschnitt	yy	xxx DM
Verschnitt	yy	xxx DM
Material A	yy	xxx DM
Materialverlust Zopf	y	xxx DM
Schwerschmutz	y	xxx DM
Rejecte	y	xxx DM
Zuschlag Maschinenstunden		xxx DM
Summe	yy	xxx DM
Entsorgungskosten		xxx DM
Kostenstelle X2		
Rückführung Ausschuss		
Randbeschnitt	yy	xx DM
Zuschlag Maschinenstunden		
Summe	yy	xx DM
Kostenstelle X3		
Altpapiereintrag	yy	xxx DM
Materialverlust Zopf	y	xxx DM
Rejecte	y	xx DM
Rejecte	y	x DM
Zuschlag Maschinenstunden		xxx DM
Summe	y	xxx DM
Entsorgungskosten		xxx DM
Kostenstelle Y1		
Altpapiereintrag	yyy	xxx DM
Stoffeintrag aus ARA	y	x DM
Eintrag Hilfsstoffe	y	x DM
Zuschlag Maschinenstunden		
Summe	yy	xxx DM
Kostenstelle Y2		
Kartonbahn	yy	xxx DM
Zuschlag Maschinenstunden		xxx DM
Stoffauftrag zur ARA	yy	x DM
Stoffeintrag Strich	yy	xx DM
Summe	yy	xxx DM
Kostenstelle Z		
Karton	yy	xxx DM
Randbeschnitt, Verschnitt		
techn. notw. Randbeschnitt	yy	xx DM
techn. nicht notw. Randbeschnitt	yy	tt DM
Verschnitt	yy	xx DM
Zuschlag Maschinenstunden		
Summe	yyy	xxx DM
Nettoerzeugung		
Zuschlag Maschinenstunden		xxx DM
Nettoerzeugungskosten		xxx DM
+ Verluste Materialwert		xx DM
+ Entsorgungskosten		x DM
+ Verlust durch Rückführung		xx DM
Summe Herstellkosten		xxxx DM
Nettoerzeugungsmenge	yyy	
spezifische Produktionskosten DM/t		xxxx DM/yyy

8.5. Möglichkeiten eines geänderten Controlling durch eine prozessorientierte Umweltkostenrechnung

Das moderne Controlling integriert das betriebliche Rechnungswesen, die Produktionsplanung und andere Planungen in ein ganzheitlich orientiertes Führungskonzept mit einem eindeutig formulierten Zielspektrum. Innerhalb dieses Kontextes erfüllt das Controlling damit die Funktionen der Zielsteuerung und der Kontrolle der Zielerfüllung.

Die mit dem Controlling verbundenen Funktionen verbinden sich mit drei zu erfüllenden Aufgaben:

- Koordination und übergreifende Zusammenführung der Unternehmensteilpläne,
- Berichterstellung über die Zielerfüllung,
- Aufzeigen von geeigneten Maßnahmen zur Zielerreichung und
- Bewertung der Unternehmenssituation.

Um den gestellten Aufgaben operativ gerecht zu werden, muss das Controlling zwischen den einzelnen Teilbereichen des Unternehmens Informationsschnittstellen schaffen und diese durch Informationsversorgung betreiben. Durch die entsprechenden Bemühungen sollen Regelkreise zwischen den Unternehmensteilen geschaffen werden, die die Erfüllung der Unternehmensziele gewährleisten.

Das Controlling beinhaltet zusätzlich die strategische Aufgabe frühzeitig Problemfelder zu identifizieren, die der Erreichung der gestellten Unternehmensziele entgegenstehen. Diese können durch veränderte Rahmenbedingungen in das Unternehmen getragen werden (z.B. durch geänderte Bedingungen auf den Einkaufs- und Absatzmärkten, Stoffverbote, ...) oder durch interne Gegebenheiten (steigende Kosten durch alte Technologien oder zu hohen Ressourcenverbrauch) die Erfüllung der Unternehmensziele gefährden.

Eine der wesentlichen Aufgabenstellungen des Controlling ist es, den im Unternehmen geplanten bzw. durchgeführten Produktionsablaufplan in seinen Wirkungen zu beurteilen. Die Material- und Energiewirkung der Produktionsplanung wird durch das System des Stoffstrommanagements in idealer Weise unterstützt. Wie in den obigen Ausführungen deutlich wurde, können die betriebswirtschaftlichen Wirkungen von Produktionsplanungen und Produktionsdurchführungen durch ein System der prozessorientierten Umweltkostenrechnung ergänzt werden.

Mit dem skizzierten System der prozessorientierten Umweltkostenrechnung wird es den Entscheidungsträgern ermöglicht, neben den „normalen“ Kostenbewertungen der Produktionsströme auch die Effizienz der Umsetzung in den einzelnen Prozessstufen zu betrachten.

Verfahrenstechnisch gut geplante Prozessschritte müssen nicht zwingend auch positiv für die Material-, Maschinen- und Personalkosten sein. Gleiches gilt auch umgekehrt.

Durch die Kombination der Systeme des Stoffstrommanagements und der prozessorientierten Umweltkostenrechnung können die jeweiligen Auswirkungen in den verschiedensten Aspekten beurteilt werden.

9. Auswirkungen der IVU-Richtlinie – Bedeutung der BREF Pulp & Paper Industry

9.1. Einführung

Die IVU-RL ist eine Rahmenrichtlinie, die die Grundsätze zur integrierten Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen in Genehmigungsverfahren für Industrieanlagen festlegt. Mit dieser Richtlinie (RL) soll eine Harmonisierung im europäischen Wirtschaftsraum im Bereich der Industrieanlagen-Genehmigungsverfahren – allerdings unter Beibehaltung der regionalen Eigenheiten – erreicht werden.

Sowohl die Umsetzung der IVU-Richtlinie ("Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung") als auch der UVP-Änderungsrichtlinie "Umweltverträglichkeitsprüfung" ist in Deutschland nicht fristgerecht erfolgt. Die IVU-RL hätte bis zum 30.10.1999 umgesetzt werden müssen, die UVP-Änderungsrichtlinie bis zum 14.03.1999. Nach der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofes (EuGH) ist anerkannt, dass eine Richtlinie, die nicht rechtzeitig oder nicht ordnungsgemäß umgesetzt wird, unter bestimmten Voraussetzungen auch direkt, d.h. ohne Umsetzungsakt, Rechtsfolgen entfalten kann. Bedingung dabei ist, dass die innerhalb der jeweiligen Richtlinie getroffene Regelungen inhaltlich unbedingt und hinreichend genau sind. Da dies bei den beiden angesprochenen Richtlinien der Fall ist, ist von einer Direktwirkung einer Vielzahl der Vorschriften aus der IVU-RL auszugehen.

Im folgenden werden die materiell-inhaltlichen Anforderungen, die sich aus der IVU-Richtlinie ergeben, dargestellt. Im besonderen wird dargelegt, was unter einem „integrierten Konzept“ zu verstehen ist und wie die besten verfügbaren Techniken (BVT) für die Zellstoff- und Papierindustrie in dem sog. BVT-Merkblatt bzw. BREF-Manual (engl.: Best available technique REference documents) beschrieben werden. Als Fazit soll zudem dargelegt werden, mit welchen konkreten Anforderungen sich die Kappa Badenkarton Board Mill Gernsbach zukünftig auseinandersetzen muss.

9.2. Das integrierte Konzept zur Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen

Im Zentrum der Richtlinie 96/61/EG steht das Ziel eines integrierten Umweltschutzansatzes. Integriert heißt, dass Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft soweit wie möglich vermieden werden sollen. Ist eine direkte Vermeidung

nicht erreichbar, sind weitestgehende Verminderungen von Umweltbelastungen anzustreben. Eine Problemverlagerung von einem auf das andere Umweltmedium soll unter Einbehaltung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt ausgeschlossen werden.

Als ein Werkzeug zur Umsetzung des integrierten Umweltschutzansatzes dienen die sog. besten verfügbaren Techniken (BVT), aus denen z.B. Emissionsgrenzwerte im Rahmen von Genehmigungsverfahren abgeleitet werden.

Kriterien für beste verfügbare Techniken sind in Anhang IV der IVU-RL aufgeführt. Die besten verfügbaren Techniken sollen alle Umweltmedien einschließen und dabei sowohl die Emissionen als auch die Rohstoffe und Energien in Hinblick auf Art und Menge umfassen – damit sind alle Stoffströme inklusive der entstehenden Emissionen ganzheitlich zu betrachten und zu bewerten. In diesem Zusammenhang ist insbesondere zu beachten, dass eine effiziente Energienutzung als Betreiberpflicht explizit genannt wird.

Prozessintegrierte Umweltschutzmaßnahmen haben in diesem Zusammenhang vorrangige Bedeutung – „*end-of-pipe-Technologien*“ sind nur noch als ergänzende Maßnahmen zu sehen, sofern sie nicht zu Verlagerungen von Umweltbelastungen führen.

9.3. Beste verfügbare Techniken

Die Definition der besten verfügbaren Techniken erfolgt im Rahmen eines Informationsaustausches, den die Europäische Kommission in Artikel 16(2) der IVU-Richtlinie festgeschrieben hat. Die wesentlichen Akteure hierbei sind die europäischen Mitgliedstaaten und die unterschiedlichen Industriebranchen. Die Zellstoff- und Papierindustrie wurde als eine der ersten Branchen bearbeitet – ein entsprechendes BVT-Merkblatt wurde bereits im Frühjahr 2000 als Entwurf fertiggestellt und im Juli 2000 erstmals überarbeitet. Für die BVT-Merkblätter hat sich mittlerweile das Kürzel „BREF“ (siehe Kapitel 9.1 Einführung) eingebürgert. Die BREFs umfassen Auflistungen, technische Beschreibungen und Anwendungsbeispiele für diejenigen besten verfügbaren Techniken, die die von einem integrierten Umweltkonzept geforderten Kriterien erfüllen. Des Weiteren sind die bei der Anwendung der BVT zu erwartenden Emissionen aufgeführt.

Die europäischen Mitgliedstaaten sind verpflichtet, regelmäßig (Veröffentlichung alle 3 Jahre) der Kommission zu berichten, welche BVT zugrunde gelegt werden, wie sie die besten verfügbaren Techniken umgesetzt haben und welche korrespondierenden Emissionsgrenzwerte festgelegt wurden.

Die IVU-RL wurde nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund erlassen, den Stand des Umweltschutzes in Europa zu harmonisieren und voranzubringen und damit insbesondere auch die Genehmigungsanforderungen nach Möglichkeit zu vereinheitlichen. Gemäß Anstrich

25 der Erwägungsgründe zur RL ist es erklärtes Ziel, dass der Austausch über die BVT dazu beiträgt, das Ungleichgewicht auf technologischer Ebene in der europäischen Gemeinschaft auszugleichen, die weltweite Verbreitung der in der Gemeinschaft festgelegten Grenzwerte und der angewandten Techniken zu fördern und die Mitgliedstaaten bei der Durchführung der IVU-RL wirkungsvoll zu unterstützen.

9.4. Das Best Available Technique Reference Document Pulp & Paper Industry

Der mittlerweile vorliegende Entwurf stammt aus dem Juli 2000, umfasst über 500 Seiten und stellt in seinem Aufbau zunächst die Gemeinsamkeiten der unterschiedlichen Faser- und Papierherstellungsverfahren dar. Im weiteren wird sodann herausgestellt, wo relevante Unterschiede zwischen Anlagen bestehen, die unter Umweltgesichtspunkten bedeutsam sind. Wesentliches Kriterium war hierbei, Anlagen mit vergleichbaren Ausgangsbelastungen und Emissionsminderungsmöglichkeiten zusammenzufassen.

Das BREF umfasst fünf Hauptkapitel, in denen Informationen zu Sulfatzellstoffwerken (Kapitel 2), Sulfitzellstoffwerken (Kapitel 3), Anlagen zur Herstellung holzhaltiger Papiere (Kapitel 4), Fabriken, die überwiegend Altpapier verarbeiten (Kapitel 5), sowie zu nicht-integrierten Papierfabriken, die überwiegend holzfreie Sorten herstellen (Kapitel 6), getrennt voneinander abgehandelt werden.

Diese fünf Hauptkapitel sind jeweils in Unterkapitel untergliedert, die der gleichen Systematik folgen:

- Angewandte Verfahren und Techniken
- Verbrauchs- und Emissionswerte im Überblick
- Techniken, die bei der Festlegung von BVT zu berücksichtigen sind
- Beste verfügbare Techniken
- Techniken, die sich noch in der Entwicklung befinden („emerging techniques“)

Die Unterkapitel zeigen ihrerseits wiederum einen vergleichbaren Aufbau. Die Unterkapitel 3 und 4 bilden den eigentlichen Kern des BREF und diskutieren die bei der Bestimmung von BVT zu berücksichtigenden Technologien / Techniken nach folgendem Schema: Einer kurzen Beschreibung des jeweiligen Funktionsprinzips folgen Aussagen über die Anwendbarkeit für neue bzw. bestehende Anlagen sowie eine Kurzbeschreibung sonstiger den Einsatz dieser Technik eventuell begrenzender Aspekte. Danach werden die erreichten Umweltentlastungen sowie mögliche Verlagerungen von Umweltbelastungen von einem Umweltmedium in ein

anderes (die sog. *cross-media-effects*) diskutiert. Es folgen Ausführungen zu Erfahrungen beim Betrieb der Technik, Daten zu ökonomischen Aspekten (im wesentlichen Investitions- und Betriebskosten) sowie eine Auflistung von Beispielanlagen und der verfügbaren Literatur.

An die ausführliche Diskussion der in Tabelle 9.1 aufgelisteten Maßnahmen schließt sich das Unterkapitel 4 „Beste verfügbare Techniken“ an. Es gründet sich auf die Informationen, die in dem vorangegangenen Unterkapitel bereits zusammengetragen wurden. Getrennt für die Bereiche Abluft, Abfälle und Energie werden die besten verfügbaren Techniken beschrieben und Details zusätzlich erläutert. Schließlich werden die mit dem Einsatz dieser Techniken bzw. von Technik-Kombinationen erreichbaren Verbrauchs- und Emissionswertebereiche dargestellt.

Tabelle 9.1: Überblick über Ressourcenverbräuche und Umweltbelastungen der bereits verfügbaren Techniken, die bei der Festlegung von BVT zu berücksichtigen sind. (hier: Recovered Paper Processing)

Techniques to consider in the determination of BAT	Effects on the consumption and emission levels (cross-media effects)					
	Chemical consumption	Energy (E) & water (W) consumption	Emission to water	Emission to air	Solid waste	Applicability
5.3.1 Separation of less contaminated water from contaminated one and recycling	(↓)	↓	(↓)	0	0	All grades
5.3.2 Optimal water management (water loop arrangement) and water clarification	(↓)	↓	↓	0	(↓)	All grades
5.3.3 Reduction of fresh water consumption by strict separation of water loops	0	↓	(↓)	0	0	All grades
5.3.4 Closed water loop with in-line biological process water treatment	0	(↓)	↓	0	(↓)	"brown grades"
5.3.5 Anaerobic techniques as first stage of biological wastewater treatment	0	↓ E	↓	(↓)	↓	"brown grades"
5.3.6 Aerobic biological wastewater treatment	(↑)	↑ E	↓	0	↑	All grades
5.3.7 Upgrading of stock preparation plants with decreased energy consumption and emissions .)	O	(↓↑) depending on the concept chosen	O	0	(↓↑)	"brown grades"
5.3.8 Generation of clarified water for de-inking plants	(↑)	(↑)	(↓)	0	(↑)	de-inked grades
5.3.9 Co-generation of heat and power	0	↓	0	0	0	All grades
5.3.10 Reject and sludge handling and processing on-site (de-watering)	↑	(↑)	0	0	0	All grades
5.3.11 Environmentally sound residue utilisation and disposal	0	↓	(↓)	(↑)	↓	All grades
Example 1 Energetic utilisation of rejects from RCF mills without de-inking in in reject incineration plants	↑	(↓)	0	(↑)	↓	mainly "brown grades"
Example 2 Co-incineration of rejects from RCF mills without de-inking in coal-fired power plants	0	↓	0	(↑)	↓	mainly "brown grades"
Example 3: Incineration of residues (rejects and sludge) from DIP-plants combined with power and steam generation						mainly "white grades"
Notes: ↑ = increase; ↓ = decrease; O = no (or negligible) effect; (↑) or (↓) = low influence depending on the conditions						

Im Kapitel 5.2 *Present Consumption / Emission levels of RCF Based Paper Mills* sind für den Bereich "Packaging Paper" die europaweiten Durchschnittswerte für den Energie- und Wasserbedarf von Altpapierverarbeitern in tabellarischer Form (Tabelle 9.2; Tabelle 9.3; Tabelle 9.4) aufbereitet worden:

Tabelle 9.2: Europaweite Durchschnittswerte von Altpapierverarbeitern

Stromverbrauch:	150 – 250 kWh / t	(bezogen auf den Bereich Stoffaufbereitung)
Wasserbedarf:	4 – 7 m ³ / t	(Frischwasser und aufbereitetes Wasser)
Abfälle:	50 – 100 kg / t	(Basis: Trockengewicht)

Tabelle 9.3: Durchschnittliche Abwasseremission und Abwasserfrachten von RCF-Papierfabriken nach physikalisch-chemischer und nachgeschalteter biologischer Abwasserbehandlung.

Parameter	Without deinking		Deinking mills	
	mg/l (min-max)	kg/t (min-max)	mg/l (min-max)	kg/t (min-max)
BOD₅ before treatment *	1800	12.3	770	8.3
BOD₅ after treatment	10 (3 - 28)	0.06 (0.01 - 0.13)	9	0.09
COD before treatment *	3200	22	1900	21
COD after treatment	150 (60 - 270)	0.77 (0.29 - 1.12)	290	3.1
Kj-N ¹⁾	5.6 (3 - 13)	0.03 (0.01 - 0.04)	7.8	0.08
P_{tot}	1.5 (0.5 - 1.8)	0.01	n.a.	n.a.
TSS	25 (17 - 40)	0.13 (0.06 - 0.21)	n.a.	n.a.
Discharge volume		5.7 (3.1-11) m ³ /t		11 m ³ /t

Notes:
 * Influent data on BOD₅ were not available. Therefore, the influent data are calculated based on wastewater loading data of one mill without deinking and one mill with deinking. [Dutch note on BAT, 1996].
 1) Kjeldahl-N after effluent treatment gives only an indication of the amount of organic N in the effluent and does not cover the total N-load that includes the oxidised N-compounds nitrates and nitrites.

Es muss an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass die BREFs keine verbindlichen Rechtsnormen darstellen, sondern zuallererst als Informationsgrundlage und Übersichtskatalog der verfügbaren Techniken und ihrer ökologisch-wirtschaftlichen Implikationen für die Industrie, die Mitgliedstaaten und die interessierte Öffentlichkeit gedacht sind. Die in den Tabellen aufgelisteten Durchschnitts-, Emissions- und Grenzwerte sind bei der Anwendung der besten verfügbaren Technik erreichbar, bedürfen aber im konkreten Einzelfall der eingehenden Prüfung ihrer Anwendbarkeit und wirtschaftlichen Vertretbarkeit.

Tabelle 9.4: Prozentuale Verlustanteile bezogen auf den Gesamt-Materialinput in Abhängigkeit von der Qualität der eingesetzten Altpapiersorten und den erzeugten Papier- und Pappensorten

Product	Recovered paper quality	Total losses	Rejects		Sludge		
			Coarse/ Heavy	Fine/ Light	Deinking	Process Water Clarification	Waste water
Graphic papers	Newspaper, magazines Higher qualities	15-20	1-2	3-5	8-13	2-5	≈ 1
		10-25	< 1	< 3	7-16	1-5	
Tissue	Office recovered paper, files, ordinary and medium qualities	28-40	1-2	3-5	8-13	15-25	≈ 1
Market DIP	Office recovered paper	32-40	< 1	4-5	12-15	15-25	≈ 1
Testliner /Fluting	Shopping centre waste, recovered paper from households Kraft qualities	4-9	1-2	3-6	----	0-(1)	≈ 1
		3-6	< 1	2-4	----	0-(1)	
Paper board	Shopping centre waste, recovered paper from households	4-9	1-2	3-6	----	0-(1)	≈ 1

9.5. Exemplarische Anforderungen an Wassersysteme, Energieeinsatz und Abfallvermeidung

Nachfolgend sind die im *“Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry“* niedergelegten Anforderungen an Wassersysteme, den Einsatz von Energie und die Abfallvermeidung exemplarisch aufgeführt:

9.5.1 Anforderungen bezogen auf die Abwasservermeidung (Auszug)

- Einsatz geeigneter Techniken zur Trennung von kontaminierten, weniger oder nicht-kontaminierten Prozesswasser-Strömen. Besonderes Augenmerk ist den Kühlwässern sowie den Sperr- und Dichtwässern (Vakuumanlagen etc.) zu schenken.
- Reduzierung des Frischwasser-Einsatzes durch die Kreislaufführung von Siebwässern in Abhängigkeit von der erforderlichen Wasserqualität.
- Wassereinsparung durch die strikte Trennung von Wasserkreisläufen in Verbindung mit einer Gegenstrom-Wasserführung.
- Erzeugung von Klarwasser zur Substitution von Frischwasser. Bewährte Methoden sind der Einsatz von Scheibenfiltern oder die Mikroflotation.

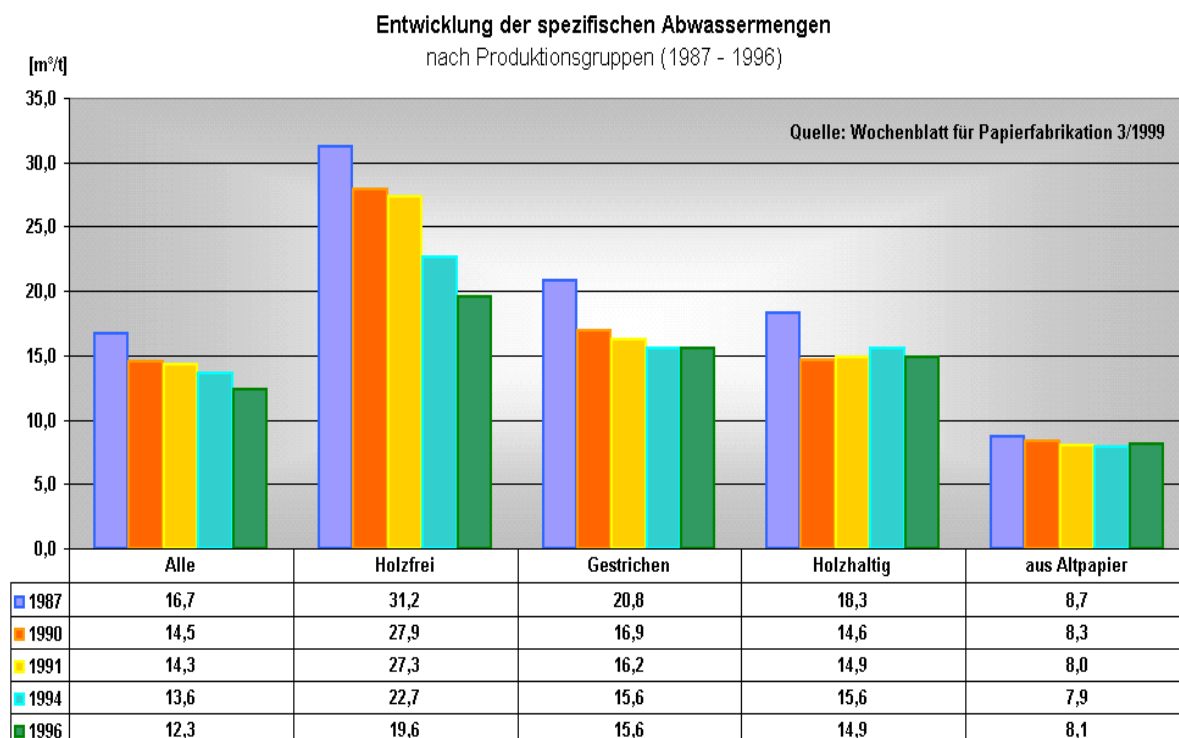


Bild 9.1 Entwicklung der spezifischen Abwassermengen nach Produktgruppen (1987 - 1996)

9.5.2 Anforderungen an die Abfallvermeidung (Auszug)

- Getrennte Sammlung von Abfallarten schon an ihrem Entstehungs- bzw. Anfallort. Eventuelle Zwischenlagerung von einzelnen Abfall-Fraktionen, die erst bei Erreichen einer Mindestmenge verwertbar werden.
- Optimierung der Faserrückgewinnung durch verbesserte Stoffaufbereitungsanlagen bzw. -verfahren.
- Überprüfung, Optimierung bzw. Minimierung der Arbeits-/Aufbereitungsschritte in Stoffaufbereitungen.
- Einsatz von Mikroflotationsanlagen für die Faserrückgewinnung und die Prozesswasserklärung.
- Anaerobe Vorbehandlung von Abwässern – kombinierte Anaerob-Aerob-Stufen zeigen ein geringeres Überschuss-Schlammaufkommen als Aerob-Anlagen.
- Installation effizienter Rejekt- und Schlammbehandlungs-Techniken mit dem Ziel erhöhter Feststoffgehalte zur Optimierung nachfolgender Verbrennungs- oder

Aufbereitungsschritte. Damit können Transportmengen minimiert und die spezifischen Energiegehalte der jeweiligen Abfallstoffe angehoben werden.

- Reduzierung aller Abfälle zur Beseitigung – Identifizierung und Anwendung von geeigneten Verwertungsverfahren (soweit möglich).

9.5.3 Anforderungen bezüglich Energie-Einsparungen (Auszug)

- Installation von Überwachungssystemen für das kontinuierliche Monitoring von Energieverbräuchen und die Energie-Effizienz von Prozessen. Aufbau eines Energiemanagements, das geeignet ist, die Einhaltung und Überwachung von Vorgaben und Energie-Einsparzielen zu gewährleisten.
- Optimierung des Anlagen-Equipments über den Einsatz energiesparender Techniken, Verfahren und Maschinen.
- Einsatz einer anaeroben Abwasserbehandlungsstufe – der Energiebedarf dieser Technologie ist um den Faktor 10 niedriger als der vergleichbar ausgelegter Aerob-Behandlungsanlagen. Anaerob-Stufen sollten jedoch nur dann angewendet werden, wenn die betrieblichen Voraussetzungen vorliegen.

Die in der BREF „*Pulp & Paper Industry*“ beschriebenen sehr detaillierten Ausführungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) werden z.B. im Zuge von Genehmigungsverfahren oder Umwelt-Audits Anwendung finden. Die dezidierte Forderung der IVU-Richtlinie nach dem Einsatz solcher Techniken macht es für Papierunternehmen zwingend erforderlich, sich intensiv mit dieser Thematik auseinander zusetzen und nach Möglichkeit schon heute mit der Planung bzw. Umsetzung geeigneter Maßnahmen zu beginnen.

9.6. Die Anforderungen der TA Luft

9.6.1 Vergleich zwischen "neu" und "alt"

Die „*Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft*“ (TA Luft) ist eine Verwaltungsvorschrift und bindet die Genehmigungs- und Überwachungsbehörden der Bundesländer mit dem Ziel der bundeseinheitlichen Umsetzung der BImSchG-Anforderungen. Die seit 1986 bestehende TA Luft soll im Zuge der Bestrebungen zur europaweiten Harmonisierung der Anforderungen bei der Genehmigung von Anlagen novelliert werden. Zur Zeit liegt ein 2. Novellierungsentwurf vom 08.12.2000 vor, dem intensive Gespräche zwischen den Fachabteilungen des Bundesumweltamtes mit verschiedensten Industrieverbänden vorangegangen sind. Für organische Stoffe gelten besondere Emissionsbeschränkungen, die in der alten TA Luft unter **Nr. 3.1.7**, im Novellierungsentwurf unter **Nr. 5.2.5** zu finden sind (siehe Tabelle 9.5).

Tabelle 9.5: Anforderungen an die Emission von organischen Stoffen – TA Luft „alt“ und „neu“ im Vergleich

	TA Luft _{alt}		TA Luft _{neu}	
	Q _{Schwellenwert}	Q _{Grenzwert}	Q _{Schwellenwert}	Q _{Grenzwert}
∑ Klasse I	0,1 kg/h	20 mg/Nm ³	0,10 kg/h	20 mg/Nm ³
∑ Klasse II	2 kg/h	0,10 g/Nm ³	0,50 kg/h	0,10 g/Nm ³
∑ Klasse III	3 kg/h	0,15 g/Nm ³	-	-
org.C _{ges}	-	-	0,50 kg/h	50 mg/Nm ³
∑ Klasse I – III	3 kg/h	0,15 g/Nm ³	-	-
∑ Kl. I und II	-	-	0,50 kg/h	0,10 g/Nm ³

Klasse-I-Stoffe

Der wichtigste Vertreter der Klasse-I-Stoffe innerhalb der Papierindustrie ist das Formaldehyd. Formaldehyd findet sich in Abluftströmen einer Vielzahl von Papierfabriken, da sein Vorkommen bzw. seine denkbaren Entstehungspfade äußerst vielfältig sind. Formaldehyd ist so z.B. Inhaltsstoff bzw. kann generiert werden aus Rest-Methan (IR-Trockner!), Nassfestmitteln, Streichfarben (Urecol!) , Konservierungsmitteln, Bioziden, Cellulose-Degradation, Oxidation von organischen Säuren etc. Als weitere wichtige Klasse-I-Stoffe sind zu nennen: Acetaldehyd, Ameisensäure und n-Butylacrylat. Eine ausführliche Auflistung aller Klasse-I-Stoffe findet sich im Anhang 4 zur „neuen“ TA Luft.

Klasse-II-Stoffe

Hier ist eine Verschärfung des Massenstrom-Schwellenwertes von ehemals 2 kg/h auf nunmehr 0,50 kg/h vorgesehen (siehe Tabelle 9.5). Es ist zu erwarten, dass dieser Schwellenwert in manchen Papierfabriken erreicht bzw. überschritten wird. Relevante Vertreter dieser Klasse sind z.B. Essigsäure, Propionsäure, Styrol (Styronal!), Ethylbenzol und weitere Alkyl- sowie Alkenylbenzole sowie einige typische Bestandteile von Bindern oder Co-Bindern.

Klasse-III-Stoffe

Zu den Klasse-III-Stoffen zählen gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe (ausgenommen sind lediglich Methan und 1,3-Butadien), einfache Alkylalkohole und auch

Pinene. Diese Stoffe werden zukünftig durch die summarische Bestimmung des Gesamtkohlenstoffgehaltes ($C_{org.ges.}$) z.B. mittels kontinuierlicher FID-Messung (Gaschromatographie) ermittelt. Die derzeit vorgesehene Herabsetzung dieses Massenstromschwellenwertes von 3 kg/h auf zukünftig 0,50 kg $C_{org.ges.}/h$ (Tabelle 9.5) wird dazu führen, dass dieser neue Schwellenwert in Zukunft von vielen Papier- und Streichmaschinen überschritten wird. Eine Überschreitung des Massen-Schwellenwertes hat wiederum zur Folge, dass der neue Konzentrationswert von 50 mg $C_{org.ges.}/m^3$ einzuhalten ist. Dies bezieht sich auf alle Abluftöffnungen der entsprechenden Anlage.

Als Folge daraus sind Überschreitungen des Konzentrationswertes, vor allem bei gestrichenen Sorten, zu erwarten – besonders zu beachten sind hier erdgasbefeuerte Trocknungen mit ihren Restmethan-Emissionen!

9.6.2 Anforderungen für krebserzeugende Stoffe

Klasse-I-Stoffe spielen in der Papierindustrie laut Angaben in den verfügbaren Publikationen nur eine untergeordnete Rolle. Die Klasse-II-Stoffe werden an Bedeutung gewinnen, da durch die Verknüpfung dieser Stoffe mit der TRGS 905, der GefStoffV sowie der RL 67/548/EWG ehemals Klasse-III-Stoffe wie Acrylnitril zukünftig als Klasse-II-Stoffe einzustufen sind und damit erheblich strengeren Anforderungen unterliegen (siehe Tabelle 9.6). Innerhalb der Klasse-III-Stoffe sind Restmonomere wie Epichlorhydrin, 1,2-Dichlorpropanol (Nassfestmittel!) sowie 1-3-Butadien zu beachten.

Durch die drastische Reduzierung der Massenstrom-Schwellenwerte ist zu erwarten, dass einige Papierfabriken zukünftig diese Schwellenwerte überschreiten werden. Zu den betroffenen Anlagen werden solche zählen, die verhältnismäßig hohe Mengen an Epichlorhydrinharzen zur Nassverfestigung einsetzen sowie Anlagen, die in ihren Streichmassen hohe Anteile an Bindern oder Co-Bindern auf der Basis von Acrylnitril und Butadien anwenden.

Tabelle 9.6: Anforderungen an die Emission von krebserzeugenden Stoffen – TA Luft „alt“ und „neu“ im Vergleich

	TA Luft _{alt}		TA Luft _{neu}	
	Q _{Schwellenwert}	Q _{Grenzwert}	Q _{Schwellenwert}	Q _{Grenzwert}
∑ Klasse I	0,5 g/h	0,1 mg/Nm ³	0,13 g/h	0,05 mg/Nm ³
∑ Klasse II	5 g/h	1 mg/Nm ³	1,3 g/h	0,5 mg/Nm ³
∑ Klasse III	25 g/h	5 mg/Nm ³	2,5 g/h	1 mg/Nm ³
∑ Klasse I + II	5 g/h	1 mg/Nm ³	1,3 g/h	0,5 mg/Nm ³
∑ Kl. I und II Kl. II und III Kl. I bis III	25 g/h	5 mg/Nm ³	2,5 g/h	1 mg/Nm ³

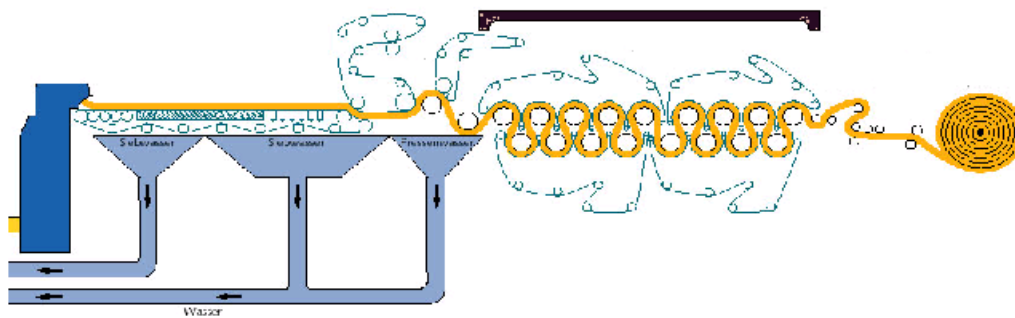
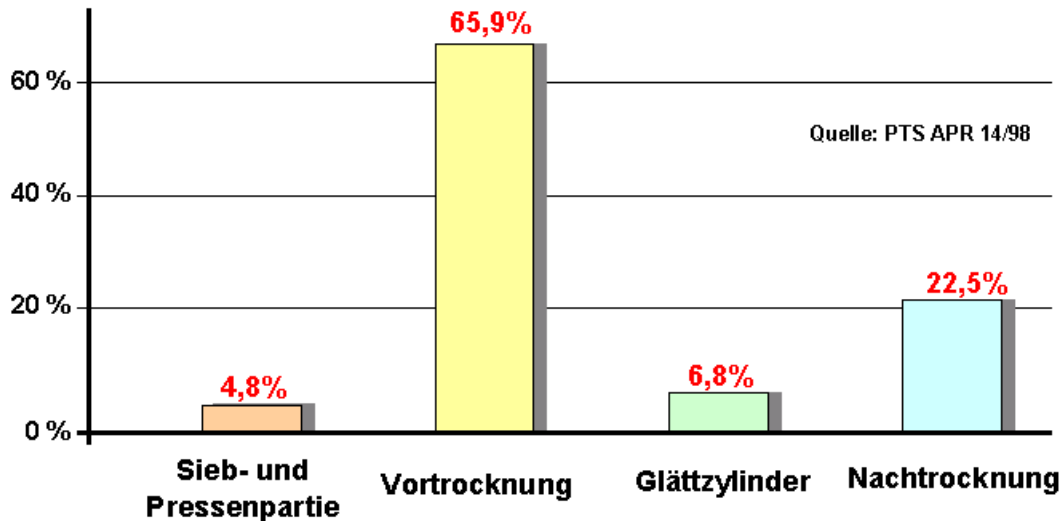
Hier noch ein Hinweis auf die unter **Nr. 5.4.6.2** der TA Luft „neu“ in den Absätzen 3-7 getroffenen Anforderungen an die Emissionsbegrenzung organischer Stoffe:

- Abs. 3 Durch Einsatz emissionsarmer Einsatzstoffe z.B. Kunstharze oder Elastomerverbindungen mit niedrigem Restmonomergehalt, sind die Emissionen an organischen Stoffen im Abgas zu minimieren.
- Abs. 4 Zur Verringerung der Emissionen aus dem Streichprozess ist bei erdgasbefeuerten Trocknungsaggregaten der Methangehalt im Abgas, z.B. durch emissionsbezogene Optimierung der Verbrennung der erdgasbefeuerten Infrarotstrahler und Anpassung an wechselnde Lastzustände, zu minimieren.
- Abs. 6 Die Minimierung der Emissionen organischer Stoffe durch Wärmehückgewinnungsanlagen ist auszuschöpfen.

9.6.3 Fazit

Als Fazit kann gesagt werden, dass sich die Anforderungen, die an die Emission von organischen Stoffen über die „neue“ TA Luft gestellt werden, deutlich verschärfen werden. Eine Papierfabrik sollte heute schon sehr genau wissen, welche Stoffe sie in welchen Quantitäten über die Abluftkanäle (siehe dazu auch Bild 9.2) emittiert und welche Anforderungen hierbei zu beachten sind. Bei Überschreitung von einzelnen Massen-

Schwellenwerten wird automatisch eine umfassende (und teure) Einzelstoffbestimmung in der betroffenen Klasse erforderlich.



Relative Anteile einzelner Prozessschritte an der emittierten Gesamtfracht (orgC_{ges}) am Beispiel eines Altpapier verarbeitenden Betriebes.

Bild 9.2: Messwerte der Papiertechnischen Stiftung (PTS) zum prozentualen Anteil einzelner Prozess-Schritte an den ermittelten Gesamt-C (org.)-Emissionen einer Papiermaschine

Neben dem Kostenaspekt kann im Extremfall auch eine behördliche Auflage zur kontinuierlichen Überwachung von Einzelstoff-Konzentrationen bzw. zur Abgasreinigung nachfolgen. Es ist daher dringend zu empfehlen, die Einsatzmengen von Klasse-I-III-Stoffen sowie deren Substitution in Rezepturen (gemeint sind sowohl hier Strich- als auch KM-Rezepturen) zu überprüfen. Die Einholung von möglichst validen Informationen über den Restmonomergehalt sowie den exakten Wirkstoffanteil in Handelswaren über die Lieferanten kann dazu beitragen, die mögliche Emissionsrelevanz einzelner Stoffe zumindest abschätzen zu können.

9.6.4 Beitrag des Stoffstrommanagements zur Umsetzung der Anforderungen der IVU-Richtlinie

Jedes Unternehmen des herstellenden und verarbeitenden Gewerbes sollte aufgrund der angeführten Erläuterungen seine Prozesse sehr genau kennen bzw. kennen lernen – erst die umfassende Aufnahme, Verfolgung und Bewertung der Energie- und Stoffströme durch die Produktionsstufen und letztendlich durch das gesamte Unternehmen sowie der steuernden Informationsflüsse ermöglicht das Erkennen von Schwachstellen, eine effizientere Prozess- und Ressourcenlenkung und damit verbunden auch die erfolgreiche Reduzierung von Kosten und Umweltbelastungen.

Betriebliches Stoffstrommanagement ist damit kein originäres Umweltcontrolling-Instrument, sondern eine Management-Methode, die über die ganzheitliche Lenkung (und gegebenenfalls Reorganisation) der Informations-, Material- und Energieflüsse durch ein Unternehmen eine Verbesserung der Ressourceneffizienz anstrebt.

Die mittels des Stoffstrommanagements zum Tragen kommende mengen- und wertmäßige Erfassung und Bewertung aller Stoff- und Energieströme versetzt Unternehmen in die Lage, prozess- und/oder produktbezogene Optimierungspotentiale zu erkennen und nachfolgend zu nutzen. Vielfältige Erfahrungen belegen, dass die Ressourceneffizienz der im Betrieb eingesetzten Stoffe und Energieträger durch eine Stoffstromanalyse und die Umsetzung der jeweiligen Ergebnisse verbessert werden kann. Erst aus einer umfassenden Erfassung und Bilanzierung sämtlicher Prozess- oder Produktionsstufen, die Stoff- und Energieflüsse aufweisen, kann eine transparente Sicht auf die Wertschöpfungskette und ihre ökonomischen und ökologischen Schwachstellen gewonnen werden.

10. Fazit - Verbesserungspotentiale und -maßnahmen

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden über die gezielte Datenanalyse und die Modellierung verschiedener Produktionsszenarien (Soll / Ist / SAP-Rezeptur) in den unterschiedlichen Bereichen die folgenden Verbesserungspotentiale ermittelt, über deren Umsetzung innerhalb der Kappa BADENKARTON gesondert entschieden werden muss.

Im einzelnen sind folgende Ergebnisse erzielt worden:

Tabelle 10.1: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Materialbilanz

Verbesserungspotential	Verbesserungsmaßnahme
Gewichtsunterschiede der mittels Zählung erfassten eingetragenen Ballen und Unterschiede in den Wassergehalten	Qualitätssicherung durch genaue Erfassung des Altpapiereintrages durch Ballenwiegun g und Einhaltung der Rezepturen sowie Ermittlung der Wassergehalte.
Schwankung der Palettenleergewichte	Genau e Wiegun g der während der jeweiligen Produktion verwendeten Paletten.
Kapazitätsmindernder Randbeschnitt	Optimierung des Randbeschnitts, nur Splice abschneiden, keinesfalls mehr
Stumpen, die auf Grund ihrer Krümmung nicht zugeschnitten werden können. Etwa 3,6 % der produzierten Ware geht dadurch verloren.	Vermeidun g von Stumpen durch a) Verdickun g der Tambourzylinder oder b) Gegenrolle zur Biegun g des Kartons entgegen seiner Krümmun g.
Verschmutztes geringerwertiges Altpapier	Ersatz des verschmutzten geringerwertigen Altpapiers durch ein weniger verunreinigtes. Reduzierung der Entsorgungskosten und des Aufwandes für die Stoffaufbereitung

Tabelle 10.2: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Energiebilanz

Verbesserungspotential	Verbesserungsmaßnahme
<p>Prozessluftbereitstellung Trockenpartie KM II</p> <p>(a) Ansaugung von Falschluff (feucht) durch offene Trockenpartie.</p> <p>(b) Frischdampfbedarf für Erwärmung dieser Falschluff</p>	<p>Kapselung der Trockenpartie zur Verbesserung des Wärmehauhaltes => Reduktion des Dampfverbrauches</p> <p>=> elektrische Eigenleistung (Dampfturbine) sinkt.</p> <p>=> Erdgaseinsparung</p>
<p>Elektrischer Energieverbrauch</p> <p>Zur Ermittlung von Einsparpotentialen ist eine genaue Zuordnung der Verbraucher auf die einzelnen Abgänge im Netz erforderlich.</p>	<p>---</p>
<p>Druckluftverbrauch</p> <p>Eine Bewertung des Druckluftverbrauchs nicht möglich, da die wesentlichen Verbraucher und die Druckluftleitungsführungen nicht ausreichend dokumentiert sind.</p>	<p>---</p>
<p>Die vorgeschlagenen Maßnahmen im Bereich „Energie“ bewirken eine Senkung des Erdgasverbrauchs um rd. 7,4%.</p> <p>Der spez. Dampfverbrauch an der Kartonmaschine verringert sich mit den vorgeschlagenen Maßnahmen um rd. 13 %.</p> <p>Weiteres Einsparpotential beim Dampfverbrauch ist durch einen Umbau der Regelung beim Entwässerungssystem der Trockenzylinder zu erwarten.</p>	

Tabelle 10.3: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Wasserbilanz

Frischwassereinsparung durch:	Installation eines Kreislaufsystems für die vorhandene Kühlwassermenge
oder	Einbindung bzw. Rückführung der direkten Kühlwasserverluste und zentrale Sammlung in Frischwasserpufferbehälter
und	Fassung und Rückführung von Prozesswasser (Filtrate, Pressenwasser etc.) aus der Stoffaufbereitung
und	Rückführung der Extraktionsabscheidewässer z.B. über das Bogensieb in den Prozess und Sammlung und Rückführung aller Siebwässer (Abläufe Siebschiff Kurzformer)
Entlastung der ARA	Entstoffung der Prozesswässer mittels Mikroflotation und Scheibeneindicker sowie Rückführung der Prozesswasserströme (s.o.)

Tabelle 10.4: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Umweltkostenrechnung

Ausweis von Optimierungspotential im betrieblichen Controlling	Integration des realisierten Ansatzes der Umweltkostenrechnung in die betriebliche Kostenrechnung
--	---

Bildverzeichnis

Bild 2.1: Anteile einzelner Sorten an der <i>Gesamtproduktpalette der Kappa Badenkarton Board Mill – Daten aus 1999</i>	15
Bild 2.2 Anteile einzelner Sortengruppen an der Gesamtpapierproduktion in Deutschland im Jahr 1999	16
Bild 2.3: Erfassungsrahmen des Projektes	18
Bild 2.4: Erfassungsrahmen und Feinanalyse	19
Bild 3.1: Fließbildeditor	22
Bild 3.2: Sankey-Diagramm.....	24
Bild 3.3: Auswertungsbeispiel mit AUDIT-CHART	25
Bild 3.4: Kennzahlendarstellung in Grafik-Charts.....	26
Bild 3.5: Modellierung des Produktionsprozesses.....	29
Bild 4.1: Massenbilanz um die gesamte Produktionsanlage Prognose für das Jahr 1999 (Stand Oktober 1999).....	32
Bild 4.2: Balleneinzelmassen Rohstoff A (lutro)	37
Bild 4.3: Ballenmassen Rohstoff B (lutro).....	38
Bild 4.4: Ballenmassen Rohstoff C (lutro)	38
Bild 4.5: Rezeptur Pulper 11	39
Bild 4.6: Altpapierfeuchte (Messkampagne 09.03.2001).....	40
Bild 4.7: Massenbilanz GRU pigmentiert (Soll-Modell)	41
Bild 4.8: Massenbilanz GRU pigmentiert (Ist-Modell).....	43
Bild 4.9: Differenz-Sankey-Darstellung GRU pigmentiert (Soll minus Ist (09.03.2001)).....	45
Bild 5.1: Balleneinzelmassen Rohstoff A.....	55
Bild 5.2: Ballenmassen Rohstoff C	56
Bild 5.3: Ballenmassen Rohstoff J.....	56

Bild 5.4: Rezeptur Pulper 11	57
Bild 5.5: Rezeptur Pulper 12	57
Bild 5.6: Rezeptur Pulper 13	58
Bild 5.7: Rezeptur Pulper 14	58
Bild 5.8: Altpapierfeuchte (Messkampagne 05.03.2001).....	59
Bild 5.9: Massenbilanz GD2 (Soll-Modell).....	61
Bild 5.10: Massenbilanz GD2 (Ist-Modell).....	63
Bild 5.11: Materialverwendung für die verschiedenen Kartonlagen	65
Bild 5.12: Strichauftrag und Nettoerzeugung	65
Bild 5.13: Gesamtes Grobrejektaufkommen und Einsatz eines geringerwertigen Altpapiers ..	68
Bild 6.1: Jahreszeitlicher Verlauf des absoluten Verbrauchs an Erdgas und elektrischer Energie der Kappa-Badenkarton im Jahr 2000.....	73
Bild 6.2: Jahreszeitlicher Verlauf von spez. Dampfverbrauchskennwerten der Kappa- Badenkarton im Jahr 2000	73
Bild 6.3: Gemessene Daten zum Druckluftverbrauch bei Kappa-Badenkarton vom 27.03 bis 02.04.2001	74
Bild 6.4: Schematische Darstellung des Dampf- und Kondensatkreislaufs der Kartonmaschine II (KM II) bei Kappa-Badenkarton.....	75
Bild 6.5: Schematische Darstellung der Prozessluftbereitstellung (Blasluft für Trockenpartie KM II) 76	
Bild 6.6: Hierarchie der Zähler von elektrischer Energie bei Kappa-Badenkarton mit den Kurzbezeichnungen der dazugehörigen Verbrauchergruppen	77
Bild 6.7: Absoluter Energieverbrauch, spez. Energieverbrauch und Anteil Energieverbrauch in Leerlaufstellung der Kompressoren zur Druckluftherzeugung	95
Bild 7.1: Schematische Darstellung der Frischwasserbereitstellung.....	101
Bild 7.2: Pufferbehältersystem	102
Bild 7.3: Verfahrensfliessbild der betrieblichen Abwasserreinigungsanlage (Erläuterung zu den Nummern: 1 = Cyclator, 2 = Aeroaccelator, 3 = Biologie 2).....	104

Bild 7.4: Ermittlung der K1- und K2-Kennwerte (Quotienten) zur Bewertung von Produktions-Wassersystemen der Papierindustrie	106
Bild 7.5: Globale Wasserbilanz Kappa Badenkarton Board Mill für das Jahr 1999.....	107
Bild 7.6: Modell des Frischwassersystems von Kappa Badenkarton	111
Bild 7.7: Prozentuale Anteile einzelner Wasserkategorien am Gesamt-Frischwasserbedarf der Kartonproduktion (Basis: Daten Messkampagne vom 03./04.05. 2001 bei stabiler Produktion Sorte GRU pig.)	113
Bild 7.8: Temperaturbereiche und Aufwärmspannen der Kühlwässer Produktion (Basis Messdaten 03. und 04.05.2001)	116
Bild 7.9: Die Auswirkung der Gegenstromführung auf den Verschmutzungsgrad von Prozesswässern (aus BREF Pulp & Paper Industry, Draft 07/2000, geändert)	124
Bild 7.10: <i>K1- und K2-Werte der Kartonproduktion</i> (Basis: Messdaten vom 09.03. und 04.05.2001 – GRU Pig.-Produktion)	126
Bild 8.1: Grundschemata der Kostenverrechnung	127
Bild 8.2: Verrechnungsschema einer unternehmensbezogenen Umweltkostenrechnung	131
Bild 8.3: Kostenverfolgung über den Leistungsprozess	131
Bild 8.4: Verrechnungsbeispiel für eine Umweltkostenrechnung	132
Bild 9.1 Entwicklung der spezifischen Abwassermengen nach Produktgruppen (1987 - 1996)	149
Bild 9.2: Messwerte der Papiertechnischen Stiftung (PTS) zum prozentualen Anteil einzelner Prozess-Schritte an den ermittelten Gesamt-C (org.)-Emissionen einer Papiermaschine	154

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Definitionsmöglichkeiten für Anlagenkosten bzw. –erlöse.....	23
Tabelle 3.2: Definitionsmöglichkeiten für Stoffstromkosten bzw. -erlöse	23
Tabelle 4.1: Massenbilanzergebnis für das Jahr 1999.....	31
Tabelle 4.2: Stoffaufbereitung, Technische Spezifikationen	33
Tabelle 4.3: Soll-Lagengewichte	34
Tabelle 4.4: Altpapiergewichtsverteilung	37
Tabelle 4.5: Altpapiereintrag	46
Tabelle 4.6: Produktivitätskennzahlen.....	47
Tabelle 5.1 Stoffaufbereitung, Technische Spezifikationen	50
Tabelle 5.2: Soll-Lagengewichte 550 g/m ²	51
Tabelle 5.3: Soll-Lagengewichte 500 g/m ²	51
Tabelle 5.4: Altpapiergewichtsverteilung.....	54
Tabelle 5.5: Produktivitätskennzahlen.....	66
Tabelle 6.1: Technische Daten der Kompressoren zur Druckluftherzeugung.....	78
Tabelle 6.2: Messstellen zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz Kartonmaschine II und Stoffaufbereitung.....	84
Tabelle 6.3: Messstellen „el. Zähler“ zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz Kartonmaschine II und Stoffaufbereitung.....	85
Tabelle 6.4: Messstellen „el. Verbraucher“ zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz Kartonmaschine II und Stoffaufbereitung.....	86
Tabelle 6.5: Messstellen zur Erstellung der Massen- und Energiebilanz zum Dampfverbrauch an der Kartonmaschine II	87
Tabelle 6.6: Rahmendaten der Produktion während der Durchführung der Energiesmessungen	88

Tabelle 6.7: Massenbilanz des Dampfverbrauchs an der Kartonmaschine II und in der Stoffaufbereitung.....	89
Tabelle 6.8: Energiebilanz der Trockenpartie an der Kartonmaschine II.....	90
Tabelle 6.9: Berechnung des Dampfbedarfs in der Stoffaufbereitung.....	92
Tabelle 6.10: Massenbilanz der Prozessluftbereitstellung (Lufthaus 2 und Haube Trockenpartie), aufgeteilt nach trockenen Luftströmen und in den Luftströmen enthaltenen Wasserdampf und berechneten Enthalpiewerten	93
Tabelle 6.11: Absoluter und spez. Verbrauch an elektrischer Energie der einzelnen Verbraucher bzw. Verbrauchergruppen an den gemessenen Netzabgängen bzw. Zählern	94
Tabelle 7.1: Gegenüberstellung der Frischwasser-Input- und –Outputströme Basis: Daten Messkampagne vom 03. und 04.05.2001).....	109
Tabelle 7.2: Direkte und indirekte Frischwasserverluststellen im Wassersystem von Kappa Badenkarton (Basis: Daten Messkampagne vom 03./04.05.2001).....	110
Tabelle 7.3: Übersicht des Frischwasserbedarfs der Produktion nach Wasserkategorien (Basis Daten Messkampagne 03. und 04.05.2001).....	112
Tabelle 7.4: Übersicht des Kühlwasserbedarfs Kraftwerk Kappa Badenkarton	114
Tabelle 7.5: Aufwärmspannen der Kühlwasserströme des Kraftwerkes (Basis Messdaten 03. und 04.05.2001).....	115
Tabelle 7.6: Übersicht der Kühlwasserverbraucher – Produktion Kappa Badenkarton *Jahresbedarf berechnet auf Basis von 350 Produktionstagen	115
Tabelle 7.7: Spritzwasserverbraucher und –mengen der Produktion berechet auf Basis von 350 Produktionstagen	*Jahresbedarf 117
Tabelle 7.8: Feststoffeintrag in das Rohwasser über einzelne Aufbereitungsaggregate (Basis Daten der Messkampagnen vom 05. und 09.03.2001).....	118
Tabelle 7.9: Feststoffgehalte einzelner Siebwässer (Basis Daten der Messkampagnen vom 05.03, 09.03. und 04.05.2001).....	119
Tabelle 7.10: Feststoffgehalte und -frachten in Prozesswässern einzelner Anfallstellen bei der Erzeugung von GD2 (Basis: Messdaten Kappa Badenkarton vom 10.07.2001 –	

Produktion GD2 400 g/m ² ; * Daten der Messkampagne vom 05.03.2001 – Produktion GD2 500-550 g/m ²).....	120
Tabelle 8.1: Wertefluss der prozessorientierten Umweltkostenrechnung	140
Tabelle 9.1: Überblick über Ressourcenverbräuche und Umweltbelastungen der bereits verfügbaren Techniken, die bei der Festlegung von BVT zu berücksichtigen sind. (hier: Recovered Paper Processing)	146
Tabelle 9.2: Europaweite Durchschnittswerte von Altpapierverarbeitern	146
Tabelle 9.3: Durchschnittliche Abwasseremission und Abwasserfrachten von RCF-Papierfabriken nach physikalisch-chemischer und nachgeschalteter biologischer Abwasserbehandlung.....	147
Tabelle 9.4: Prozentuale Verlustanteile bezogen auf den Gesamt-Materialinput in Abhängigkeit von der Qualität der eingesetzten Altpapiersorten und den erzeugten Papier- und Pappensorten	148
Tabelle 9.5: Anforderungen an die Emission von organischen Stoffen – TA Luft „alt“ und „neu“ im Vergleich	151
Tabelle 9.6: Anforderungen an die Emission von krebserzeugenden Stoffen – TA Luft „alt“ und „neu“ im Vergleich	153
Tabelle 10.1: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Materialbilanz	156
Tabelle 10.2: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Energiebilanz.....	157
Tabelle 10.3: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Wasserbilanz	158
Tabelle 10.4: Verbesserungspotentiale und –maßnahmen Umweltkostenrechnung	158