

# **BMU-Umweltinnovationsprogramm**

## **ABSCHLUSSBERICHT**

### **Umbau der Papiermaschine 4 zur Multiproduktanlage**

#### **Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH & Co. KG**

KfW-Aktenzeichen: MBc3-001795

#### **Umweltbereiche Energie und Klimaschutz**

**Vorhabensbeginn: 19.04.2010**  
**Vorhabensende: 30.09.2012**

**Fördernehmer:** **Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH & Co. KG**  
Dangaster Str. 38  
26316 Varel



**Autor:** **TBP Upcon GmbH**  
Fischerstr. 6a  
85368 Moosburg  
Dipl.-Ing. (univ.) Matthias Ungerer



***Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit***

**Datum: 26.07.2013**

---

**Berichtskennblatt deutsch**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Aktenzeichen UBA: <b>MBc3-001795</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Vorhaben-Nr.: 20187                       |
| Titel des Vorhabens:<br><b>Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                           |
| Autor(en); Name(n), Vorname(n)<br><br><b>Ungerer, Matthias<br/>TBP Upcon GmbH</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Vorhabensbeginn:<br>19.04.2010            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Vorhabensende:<br>30.09.2012              |
| Fördernehmer/in (Name, Anschrift)<br><br><b>Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH &amp; Co. KG</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Veröffentlichungsdatum:<br>September 2013 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Seitenanzahl:<br>120                      |
| Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                           |
| <p>Kurzfassung:</p> <p>Das Demonstrationsvorhaben der Papier- und Kartonfabrik Varel zum „Umbau einer Papiermaschine (PM4) zur Multiproduktanlage“ hat das Ziel neben den bisherigen Standardsorten (Testliner II und III sowie Wellenstoff) altpapierbasierte Ersatzprodukte für frischfaserbasierte Halbzellstoff-Fluting und für Kraftliner produzieren zu können sowie weiß gedeckte Testliner. Damit kann der Altpapieranteil bei hochwertigen Verpackungspapieren weiter steigen. Die dabei eingesetzte Verfahrenstechnik sollte gleichzeitig die spezifischen Energieverbräuche senken. Folgende Umweltvorteile wurden erwartet:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Energieeinsparungen in Höhe von 67.070 MWh /a, was einer Senkung des Energieverbrauchs um 16,6% entspricht</li><li>• Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 13.548 t /a</li><li>• Senkung der spezifischen Abwassermenge bei der Produktion von weißen Papiersorten um 2 m<sup>3</sup>/t durch die Verwendung von biologisch gereinigtem Produktionswasser</li></ul> <p>Die technischen Maßnahmen sind der Neubau von zwei Stoffaufbereitungslinien, der Einsatz der Teilstrommahlung in allen drei Stoffaufbereitungssträngen, der</p> |                                           |

Einsatz der Vollstromflotation nach der Teilstromdispergierung sowie eine Biowasserentfärbung im weißen Deckenstrang, der Einsatz eines Drucksortiererkonzeptes mit Rejektrezirkulation, der Verzicht auf ein drittes Sieb unter Einsatz eines Hybridformers und einem druckverlustarmen Verdünnungswasserstoffauflauf, die Erhöhung des Feststoffgehalts der Stärkeflotte auch bei höheren Flächengewichten durch Einsatz einer großwalzigen Filmpresse, die Verwendung von Stahlmantelzylindern in der Trockenpartie und der Einsatz einer Dampfturbine mit erhöhtem Wirkungsgrad, um auf die veränderte Stromkennzahl zu reagieren.

Die Umweltziele wurden durch die Summe der Einzelmaßnahmen nicht nur erreicht, sondern übererfüllt. Zur Bewertung der Umweltauswirkungen wurden Testläufe durchgeführt, um spezifische Kennzahlen hinsichtlich Dampf- und Stromverbrauch sorten- und flächengewichtsabhängig zu ermitteln. Das Ergebnis sind:

- Energieeinsparungen in Höhe von 75.070 MWh /a
- Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 19.155 t /a
- Senkung der spezifischen Abwassermenge bei der Produktion von weißen Papiersorten um 2 m<sup>3</sup>/t

Schlagwörter

CO<sub>2</sub>-Einsparung, Multiproduktanlage, Vollstromflotation, Teilstromdispergierung, Biowasserentfärbung, Filmpresse mit erhöhter Stärkekonsistenz, Energieeinsparung, Verpackungspapiere

Anzahl der gelieferten Berichte

Papierform: 10

Elektronischer Datenträger: 1

---

**Berichtskennblatt englisch**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| UBA Reference-no.: <b>MBc3-001795</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Report-No. 20187               |
| Report Title<br><b>Rebuild of paper machine PM4 to a multi-product-machine</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |
| Author(s), Family Name(s), First Name(s)<br><br><b>Ungerer, Matthias<br/>TBP Upcon GmbH</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Start of project<br>19.04.2010 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | End of project<br>30.09.2012   |
| Performing Organisation (Name, Address)<br><b>Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH &amp; Co. KG</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Publication Date<br>Sept.2013  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | No. of Pages<br>120 pages      |
| Sponsoring Agency (Name, Address)<br>German Reconstruction Loan Corporation (KfW-Bank)<br>Promoted within the environmental innovation program of the Federal Environment Ministry                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |
| Abstract/ Summary<br><p>The large scale demonstration project of the environmental innovation "Reconstruction of paper machine PM4 to a multi-product-machine" of the paper and cardboard mill Varel is aimed at the production of - in addition to the normative grades (fluting, test liner II and III) - substitutional products based on recycled fibers for semichemical paper and for kraft liner that are mainly based on virgin fiber, as well as white lined test liner. This may raise the further use of recovered fibers for the production of high quality grades of packaging paper and board. The engaged process technology was supposed to lower the specific energy consumption. The following environmental reliefs were expected:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Energy savings to the amount of 67.070 MWh/a, which corresponds to a reduction in the energy consumption by 16,6 %</li><li>• Decrease in the CO<sub>2</sub>-emission by 13.548 t/a</li><li>• Lowering the specific amount of wastewater for white lined paper grades by 2 m<sup>3</sup>/t in consequence of using biologically cleaned production water</li></ul> <p>The technological actions are the construction of two new stock preparation lines, the use of partial flow refining in all three stock preparations, the use of a floatation for the whole stream after a partial flow dispersion as well as a discoloring of the biologically cleaned process water at the white testliner line, the use of a pressure screen concept including a reject circulation, the abdication of a third sieve while</p> |                                |

using a hybrid former and a low pressure-loss dilution water headbox, the increase of the solids content of the size solution even at higher grammages by using a film press with big cylinders, the use of steel jacked cylinders in the dryer section and the use of a steam turbine with a better efficiency in order to provide for the changed power and heat ratio of the production.

The ecological aims have not only been met but even exceeded by the sum of the single actions. For the evaluation of the environmental impacts, test runs have been made in order to gain specific key figures related to the steam and current consumption for the different paper grades and grammages. The results are:

- Energy savings to the amount of 75.070 MWh/a
- Decrease in the CO<sub>2</sub>-emissions by 19.155 t/a,
- Reduction of the specific amount of wastewater for white lined paper grades by 2 m<sup>3</sup>/t

Keywords

CO<sub>2</sub> savings, multi-product-machine, whole stream floatation, partial flow dispersion, biologically cleaned process water discoloring, film press with higher starch consistency, energy savings, packaging paper and board

No. of reports

Paper form: 10

Electronic data carriers: 1

---

## **Inhaltsverzeichnis**

|       |                                                                             |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 0.1   | Abbildungsverzeichnis                                                       | 8  |
| 0.2   | Tabellenverzeichnis                                                         | 9  |
| 0.3   | Abkürzungsverzeichnis                                                       | 10 |
| 0.4   | Glossar                                                                     | 12 |
| 1.    | Einleitung                                                                  | 18 |
| 1.1   | Kurzbeschreibung des Unternehmens                                           | 18 |
| 1.2   | Ausgangssituation                                                           | 20 |
| 2.    | Vorhabensumsetzung                                                          | 24 |
| 2.1   | Ziel des Vorhabens                                                          | 24 |
| 2.1.1 | CO <sub>2</sub> -Reduktion                                                  | 26 |
| 2.1.2 | Dampfeinsparung                                                             | 27 |
| 2.1.3 | Stromeinsparung                                                             | 28 |
| 2.1.4 | Spezifische Abwassermenge                                                   | 28 |
| 2.2   | Technische Lösung                                                           | 29 |
| 2.2.1 | Stoffaufbereitung                                                           | 29 |
| 2.2.2 | Konstanter Teil (Drucksortierer mit Rejektrückführung)                      | 35 |
| 2.2.3 | Zweilagenkonzept                                                            | 36 |
| 2.2.4 | Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit                                    | 37 |
| 2.2.5 | Filmpresse                                                                  | 39 |
| 2.2.6 | Stahlzylinder                                                               | 40 |
| 2.2.7 | Dampfturbine                                                                | 41 |
| 2.2.8 | Frischwasseraufbereitung                                                    | 42 |
| 2.2.9 | Biowasserentfärbung                                                         | 44 |
| 2.3   | Zusätzliche Maßnahmen                                                       | 46 |
| 2.3.1 | Umbau Kompressorenstation                                                   | 46 |
| 2.3.2 | Motoren höchster Effizienzklassen                                           | 47 |
| 2.3.3 | Mehrmotorenantrieb Direktgetriebe                                           | 47 |
| 2.3.4 | Nachklärbecken 3 und neue Abwasserleitung                                   | 48 |
| 2.3.5 | Hocheffiziente Kältemaschinentechnik                                        | 49 |
| 2.4   | Umsetzung des Vorhabens                                                     | 50 |
| 2.5   | Behördliche Anforderungen                                                   | 52 |
| 2.6   | Betriebsdatenerfassung                                                      | 53 |
| 3.    | Ergebnisse                                                                  | 54 |
| 3.1   | Bewertung der Vorhabensdurchführung                                         | 54 |
| 3.2   | Messprogramm                                                                | 55 |
| 3.2.1 | Testreihe A – konstante Bedingungen                                         | 56 |
| 3.2.2 | Testlauf B – Anstieg der Produktionsgeschwindigkeit an die Auslegungsgrenze | 64 |
| 3.2.3 | Testreihe C – längere Produktionszyklen mit Flächengewichtswechsel          | 66 |
| 3.3   | Langfristige Verbrauchsentwicklung                                          | 68 |
| 3.3.1 | Entwicklung des Dampfverbrauchs                                             | 68 |
| 3.3.2 | Entwicklung des Strombedarfs                                                | 70 |
| 3.3.3 | Entwicklung des Abwasseranfalls                                             | 71 |

---

|       |                                                                   |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.4 | Entwicklung des Frischwasserbedarfs                               | 72  |
| 3.4   | Verfügbarkeit                                                     | 74  |
| 3.5   | Energiebilanz                                                     | 75  |
| 3.5.1 | Dampfeinsparung                                                   | 75  |
| 3.5.2 | Stromeinsparung                                                   | 77  |
| 3.6   | CO <sub>2</sub> -Bilanz                                           | 80  |
| 3.7   | Wirtschaftlichkeitsanalyse                                        | 81  |
| 4.    | Empfehlungen                                                      | 84  |
| 4.1   | Erfahrungen aus der Praxiseinführung                              | 84  |
| 4.2   | Modellcharakter                                                   | 85  |
| 4.3   | Zusammenfassung                                                   | 86  |
| 5.    | Anhang                                                            | 89  |
| 5.1   | Längsschnitt PM4 vor und nach Umbau                               | 89  |
| 5.2   | Blanko-Messprotokoll                                              | 91  |
| 5.3   | Beispiel für einen PLS-Ausdruck als Messprotokoll zur Messreihe A | 100 |
| 5.4   | Daten der Testreihe A                                             | 103 |
| 5.5   | Sortentabelle mit Dampfbedarfsprognose                            | 116 |
| 5.6   | Papierproben                                                      | 117 |

## **0.1 Abbildungsverzeichnis**

|               |                                                                  |    |
|---------------|------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1:  | Lagekarte Papier- u. Kartonfabrik Varel                          | 18 |
| Abbildung 2:  | Verfahrensschritte Gesamtwerk                                    | 21 |
| Abbildung 3:  | Werkslageplan                                                    | 23 |
| Abbildung 4:  | Verfahrenstechnische Schaltung der drei Stoffaufbereitungslinien | 31 |
| Abbildung 5:  | Blockschaltbild Linie 1 Standard-Altpapier                       | 32 |
| Abbildung 6:  | Blockschaltbild Linie 2 Krafterersatz                            | 33 |
| Abbildung 7:  | Blockschaltbild Linie 3 weißes Altpapier                         | 34 |
| Abbildung 8:  | Zweilagen-Siebpartie PM4                                         | 37 |
| Abbildung 9:  | Filmpresse                                                       | 40 |
| Abbildung 10: | Lage der neuen Frischwasseraufbereitung                          | 44 |
| Abbildung 11: | Biowasserentfärbung                                              | 45 |
| Abbildung 12: | Asynchronantrieb mit und ohne Getriebe                           | 48 |
| Abbildung 13: | Nachkläre 3                                                      | 49 |
| Abbildung 14: | Bau der ersten Produktionshalle (1922)                           | 52 |
| Abbildung 15: | Stromlaufplan Mittelspannungsnetz PM4                            | 58 |
| Abbildung 16: | Dampfverteilschema PM4                                           | 59 |
| Abbildung 17: | Dampf- und Strombedarf mit steigender Maschinengeschwindigkeit   | 65 |
| Abbildung 18: | Testreihe C 1. Lauf (Kraftliner-Ersatz)                          | 66 |
| Abbildung 19: | Testreihe C 2. Lauf (weiß gedeckter Testliner)                   | 67 |
| Abbildung 20: | Entwicklung des spez. Dampfbedarfs                               | 69 |
| Abbildung 21: | Entwicklung des spez. Strombedarfs                               | 71 |
| Abbildung 22: | Entwicklung des spez. Abwasseranfalls                            | 72 |
| Abbildung 23: | Entwicklung des spez. Frischwasserbedarfs                        | 73 |
| Abbildung 24: | Spez. Frischwassereinsatz PM4, weiß gedeckter Testliner          | 73 |
| Abbildung 25: | Entwicklung der Maschinenverfügbarkeit                           | 75 |
| Abbildung 26: | Längsschnitt PM4                                                 | 90 |

## **0.2 Tabellenverzeichnis**

|             |                                                                                               |     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1:  | Emissionen Kraftwerk                                                                          | 22  |
| Tabelle 2:  | Maßnahmen Multiproduktanlage                                                                  | 25  |
| Tabelle 3:  | Geplante CO <sub>2</sub> -Einsparung                                                          | 27  |
| Tabelle 4:  | Branchenvergleich Dampfverbrauch                                                              | 28  |
| Tabelle 5:  | Branchenvergleich Strombedarf                                                                 | 28  |
| Tabelle 6:  | Genehmigungswerte Maschinenkapazitäten                                                        | 52  |
| Tabelle 7:  | Mittelwerte über alle Tests der Testreihe A                                                   | 60  |
| Tabelle 8:  | Zusammenfassung Testreihe A                                                                   | 61  |
| Tabelle 9:  | Mittl. Stromverbrauch von Disperger und Mahlung (Teilstromfahrweise)                          | 62  |
| Tabelle 10: | Stromaufnahme von ausgewählten Einzelaggregaten in Testreihe A                                | 63  |
| Tabelle 11: | Energieverbrauch bestimmter Produkte in Testreihe C                                           | 67  |
| Tabelle 12: | Energieeinsparung                                                                             | 79  |
| Tabelle 13: | Erzielte CO <sub>2</sub> -Reduktion                                                           | 80  |
| Tabelle 14: | Maßnahmen Multiproduktanlage                                                                  | 87  |
| Tabelle 15: | Mittelwerte über alle Tests der Testreihe A bezogen auf<br>Bruttoproduktion ohne Nebengewerke | 88  |
| Tabelle 16: | Spezifische Dampfverbräuche                                                                   | 116 |

### **0.3 Abkürzungsverzeichnis**

|                 |                                                                                       |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| abs.            | absolut                                                                               |
| AP-Sorten       | Altpapiersorten                                                                       |
| B.A.U.M         | Bundesdeutscher Arbeitskreis für umweltbewusstes Management e.V.                      |
| BB              | Belebungsbecken                                                                       |
| BImSchG         | Bundes-Immissionsschutzgesetz                                                         |
| BMU             | Bundesministerium für Umwelt                                                          |
| BT              | Betriebsteil                                                                          |
| CO              | Kohlenstoffmonoxid                                                                    |
| CO <sub>2</sub> | Kohlenstoffdioxid                                                                     |
| Diff.           | Differenz                                                                             |
| DIN             | Deutsches Institut für Normung                                                        |
| DS              | Deckschicht                                                                           |
| DT              | Dampfturbine                                                                          |
| EEG             | Gesetz über erneuerbare Energien                                                      |
| el.             | elektrisch                                                                            |
| EN              | Europäische Norm                                                                      |
| EVU             | Elektrizitätsversorgungsunternehmen                                                   |
| Flächengew.     | Flächengewicht                                                                        |
| FSC             | Forest Stewardship Council (Forststandard)                                            |
| ged.            | gedeckt                                                                               |
| Geschw.         | Geschwindigkeit                                                                       |
| GuD             | Gas- und Dampfprozess                                                                 |
| HC              | High Consistency, engl. für Hochkonsistenz                                            |
| HP              | High Performance                                                                      |
| HZ              | Halbzellstoff                                                                         |
| ISEGA           | Prüf- und Zertifizierungsinstitut für Industrie und Handel zur Produkt-zertifizierung |
| ISO             | International Organization for Standardization                                        |
| KfW             | Kreditanstalt für Wiederaufbau                                                        |
| KM              | Kartonmaschine                                                                        |
| K-Teil          | Konstanter Teil                                                                       |
| L               | Linie                                                                                 |
| LKW             | Lastkraftwagen                                                                        |
| m.              | mit                                                                                   |
| MC              | Middle Consistency, engl. für Mittelkonsistenz                                        |
| Mio.            | Millionen                                                                             |
| mittl.          | mittlere                                                                              |

|                 |                                                                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| No.             | Number, engl. für Nummer, Anzahl                                                            |
| NO <sub>x</sub> | Stickstoffoxide                                                                             |
| nr.             | Nummer                                                                                      |
| Nr.             | Nummer                                                                                      |
| NWG             | Niedersächsisches Wassergesetz                                                              |
| OHSAS           | Occupational Health and Safety Assessment Series (Gesundheits- und Arbeitsschutzmanagement) |
| opt.            | optimal                                                                                     |
| PLS             | Prozessleitsystem                                                                           |
| PM 4            | Papiermaschine 4                                                                            |
| PM abs.         | gesamter Dampfverbrauch der Papiermaschine                                                  |
| PM Prod.        | brutto Papiermaschinenproduktion                                                            |
| RS              | Rückseite, Rückenlage                                                                       |
| RW              | Rückwasser                                                                                  |
| spez.           | spezifisch                                                                                  |
| Stoffaufb.      | Stoffaufbereitung                                                                           |
| t <sub>D</sub>  | Tonnen Dampf                                                                                |
| th              | thermisch                                                                                   |
| TL              | Testliner                                                                                   |
| t <sub>p</sub>  | Tonnen Produkt                                                                              |
| U               | Umdrehungen                                                                                 |
| UBA             | Umweltbundesamt                                                                             |
| vert.           | vertikal                                                                                    |
| WHG             | Wasserhaushaltsgesetz                                                                       |

#### **0.4 Glossar**

|                                        |                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ausrüstung                             | Prozess des Zuschneidens und der Verpackung von Papier und Karton in der Papierproduktion                                                                                                                             |
| Bioreinwasser                          | biologisch gereinigtes Produktionswasser, wieder einsetzbar zu Produktionszwecken                                                                                                                                     |
| Blattbildungszone                      | Beginn der Siebpartie als Bereich der Papiermaschine, in welchem aus der Stoffsuspension durch gravimetrisches und vakuumunterstütztes Entfernen des Wassers eine durchgängige Papierbahn entsteht                    |
| Decke                                  | auch Deckenlage, oberste und damit sichtbare Schicht bei mehrlagigem Papier/Karton                                                                                                                                    |
| Deckenstrang                           | bei mehrlagigem Papier/Karton kann jede Lage in einem eigenem Strang erstellt und nachträglich zusammengeführt (vergautscht) werden. Hier: Strang der Decke                                                           |
| Disperger                              | Maschine mit intensivem mechanischen und thermischen Einfluss auf die Stoffsuspension im Hochkonsistenzbereich zur Zerkleinerung größerer Schmutzpartikel unter die Sichtbarkeitsgrenze sowie Ablösung von Druckfarbe |
| Drucksortierer mit Rejektrezirkulation | Siebkorb, durch welchen die Stoffsuspension gepresst wird zur Abtrennung von -> Rejekten                                                                                                                              |
| Filmpresse                             | Walzenpresse zur Aufbringung von Stärke oder Pigmenten auf das Papier/Karton. Das Auftragsmaterial wird dabei als dünner Film auf die Walzen aufgetragen, um so auf die Papierbahn zu gelangen                        |
| Flotation                              | physikalisch-chemisches Trennverfahren, bei welchem durch feinperliges Einblasen von Luft Schmutzstoffe wie Farbpartikel durch Aufschwimmen abgetrennt werden                                                         |
| Fluting                                | Papier aus -> Halbzellstoff für die Welle der Wellpappe                                                                                                                                                               |
| Fraktionierung                         | Aufteilung eines Stoffes in verschiedene Fraktionen (Bereiche mit ähnlichen Eigenschaften. Hier: Fasern mit ähnlicher Länge) mittels -> Drucksortierern                                                               |

---

|                          |                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frischfaserpapiere       | Papiere, deren Fasern nicht aus Altpapier gewonnen wurden, sondern aus "frischem" Material wie Zellstoff oder -> Halbzellstoff                                                                                  |
| Grammatur                | Gewicht von Papier, Karton oder Pappe auf die Fläche bezogen, entspricht dem Flächengewicht in g/m <sup>2</sup>                                                                                                 |
| GuD-Prozess              | Gas- und Dampfprozess; Gasturbine, mit deren Abgaswärme ein Abhitzeessel mit Dampfturbine betrieben wird, um den Wirkungsgrad der Gesamtanlage zu erhöhen                                                       |
| Halbzellstoff            | Ausgangsmaterial zur Papierherstellung, gewonnen durch chemisches Herauslösen der Fasern aus dem Holz; im Gegensatz zum Zellstoff wird die qualitätssenkende Struktursubstanz Lignin nicht vollständig entfernt |
| High-Performance Fluting | Fluting aus Altpapier mit besonders robusten Eigenschaften (Steifigkeit) durch hochwertiges Fasermaterial                                                                                                       |
| Hochkonsistenzauflösung  | Leistungsstarkes Verfahren zur Auflösung der Fasern aus Rohstoffballen in Wasser bei hohen Stoffdichten im Batchbetrieb                                                                                         |
| Hybridformer             | besaugte Siebeinheit, aufgesetzt auf Langsiebpartien zur Entwässerung der frisch gebildeten Papierbahn nach oben und nach unten                                                                                 |
| HZ-Fluting               | -> Fluting aus -> Halbzellstoff                                                                                                                                                                                 |
| Kaschierung              | Veredelung der Papierbahn durch Aufbringung einer Schicht auf den Basiskarton, meist einer Kunststoffbahn, hier jedoch eine trockene Papierbahn mit guten optischen Eigenschaften                               |
| Kaufhausaltpapier        | gebrauchtes Papier und Verpackungskarton mit mindestens 70% Wellpappeanteil, Rest Vollpappe und Packpapier                                                                                                      |
| Konstanter Teil          | Verfahrensabschnitt, in welchem der Papiermaschine vorgeschaltet die mehrstufige Feinsortierung der Stoffsuspension erfolgt                                                                                     |
| Kraftliner               | hochfeste Papiersorte, die als Decke von Well- oder Vollpappen verwendet wird; hohe Festigkeit durch hohen Anteil an langen Zellstofffasern                                                                     |
| Leitwalzen               | Walzen zur Führung von Endlosbahnen wie Trockensieben, Pressfilzen                                                                                                                                              |
| Looptrennung             | Trennung der Wasserkreisläufe von Stoffaufbereitung und                                                                                                                                                         |

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | Papiermaschine                                                                                                                                                                                                                                    |
| Luftsauerstoffoxidation   | Oxidation von Wasserinhaltsstoffen mit Sauerstoff aus Luft als Oxidationsmittel                                                                                                                                                                   |
| Mahlung                   | Prozess im -> Refiner, bei welchem die Fasersuspension mechanischen Belastungen unterzogen wird mit dem Ziel die Fasern in Längsrichtung aufzuspalten zur Erhöhung der Festigkeit des Papiers                                                     |
| Maschinenkarton           | Gruppe von Kartonsorten, vorwiegend zur Herstellung von Kartonagen                                                                                                                                                                                |
| Mikrofiltration           | mechanisches Filtrationsverfahren mit Maschenweiten zwischen ca. 0,1 - 4 µm                                                                                                                                                                       |
| Mikro- oder Makrostickies | klebrige Verunreinigungen in der Fasersuspension, welche Probleme im Produktionsprozess, insbesondere im Trocknungsprozess verursachen können. Mikro kennzeichnet mikroskopisch kleine Partikel, die durch Agglomeratbildung problematisch werden |
| Nassfestmittel            | Additiv der Papierherstellung zur Steigerung der Fähigkeit von Papieren, unter Feuchteinfluss reißfest zu bleiben                                                                                                                                 |
| Nasspartie                | Teil der Papiermaschine, in welchem die Papierbahn sich mechanisch entwässern lässt, also Sieb- und Pressenpartie                                                                                                                                 |
| Niedrigkonsistenzbereich  | Bereich in dem mit Stoffsuspensionen mit geringer Stoffdichte gearbeitet wird                                                                                                                                                                     |
| Ozonisierung              | Oxidativer Abbau von Wasserinhaltsstoffen mit Ozon als Oxidationsmittel                                                                                                                                                                           |
| Pigmentauftrag            | Aufbringen von nicht löslichen und farbgebenden Substanzen auf das Papier, z.B. für höheren Weißgrad                                                                                                                                              |
| Poperoller                | Aufrollapparat am Ende der Papiermaschine, welcher die Endlosbahn durch Aufwicklung in weiter bearbeitbare Einheiten (-> Tamboure) überführt                                                                                                      |
| Pressfilz                 | Saugfähige Bahn, welche zusammen mit der Papierbahn durch Walzenpressen geführt wird, um ausgepresstes Wasser gezielt abzuführen und eine Rückbefeuchtung zu verhindern                                                                           |
| Pressnip                  | Spalt durch den die Papierbahn zwischen zwei Walzen einer Presse                                                                                                                                                                                  |

|                             |                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | geführt wird                                                                                                                                                                                             |
| Produktionsüberschusswasser | in der Wasserbilanz der Papierherstellung überschüssiges Wasser, welches aus dem Prozesskreislauf ausgeschleust wird                                                                                     |
| Pulper                      | Stoffauflöser, hier wird die Stoffsuspension durch Vermengen von Wasser mit Altpapier, Zell-, Halb- oder Holzstoff hergestellt                                                                           |
| Pulperbänder                | Förderbänder zum Zuführen der Faserstoffe zum -> Pulper                                                                                                                                                  |
| Rakel                       | Auftragsorgan dünnschichtiger viskoser Flüssigkeitsschichten auf die -> Filmpresse                                                                                                                       |
| Refiner                     | Maschine zur -> Mahlung von Fasersuspensionen                                                                                                                                                            |
| Rejekt                      | Zusammenfassung aller Feststoffe, die bei der Fasersuspensionsbereitung und -aufbereitung entfernt werden                                                                                                |
| Rückenlage                  | stellt bei mehrschichtigen Papieren die unterste Lage dar                                                                                                                                                |
| Rückensieb                  | Sieb der -> Siebpartie der -> Rückenlage                                                                                                                                                                 |
| Saugkästen                  | Vakuumbeaufschlagte Kästen mit Kontaktleisten zum Sieb einer Papiermaschine zur Unterstützung der gravimetrischen Entwässerung der Papierbahn                                                            |
| Schmutzpunkte               | sichtbare Verunreinigungen im fertigen Papier                                                                                                                                                            |
| Schonschicht                | stellt bei mehrschichtigen Papieren eine Lage zwischen der -> Decklage, mit hohen optischen Anforderungen und unteren Lagen dar und verringert den optischen Einfluss der unteren Lagen auf die Decklage |
| Sekundärfasern              | Fasern aus Altpapier                                                                                                                                                                                     |
| Siebpartie                  | Teil der Papiermaschine, bei welchem der flüssigen Stoffsuspension ein Großteil des Wassers entzogen wird und sich aus den verbleibenden Fasern die Papierbahn bildet                                    |
| Siebwasser                  | Wasser, das beim Entwässern der Papierbahn in der -> Siebpartie anfällt                                                                                                                                  |
| Spaltfestigkeit             | Bei mehrlagigem Papier/Karton ein Maß für die Fähigkeit von zwei aufeinander liegenden Lagen sich nicht voneinander zu trennen, Festigkeit in z-Richtung                                                 |

|                          |                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stärkeflotte             | Suspension aus Stärke und Wasser, welche zum Auftrag auf Papier benutzt wird, um die Festigkeitswerte zu steigern                                                                                                          |
| Stoffaufbereitung        | Teil der Papier- und Kartonfabrikation, in welchem aus den Rohstoffen wie Altpapier, Zell-, Halbzell- und Holzstoffen eine Stoffsuspension aufbereitet wird, die zur Weiterverarbeitung im -> Konstanten Teil geeignet ist |
| Stoffauflauf             | Übergabestelle von Konstantteil zur -> Siebpartie, in welchem die Stoffsuspension gleichmäßig auf ein umlaufendes Sieb aufgetragen wird                                                                                    |
| Stoffsuspension          | fein verteilte Papierfasern in Wasser suspendiert                                                                                                                                                                          |
| Streichenanlage          | Anlagenteil zum Aufbringen von färbenden Beschichtungen auf die Papierbahn                                                                                                                                                 |
| Strich                   | qualitätsfördernde Beschichtung auf dem Papier durch Materialien wie Pigmente                                                                                                                                              |
| Sulfatzellstoff          | chemisch aufgeschlossener Langfaserzellstoff nach dem Sulfat-Verfahren                                                                                                                                                     |
| Tambour                  | Eisenwalze auf die am Ende der Papiermaschine im -> Poperoller die Papierbahn auf ihrer gesamten Breite aufgewickelt wird                                                                                                  |
| Teilstrommahlung         | -> Mahlung eines Teilstroms, meist der langen Fasern nach -> Fraktionierung der Stoffsuspension                                                                                                                            |
| Testliner                | zwei oder mehrlagiges Verpackungspapier aus 100% Altpapier als Deckenlage der Wellpappe in verschiedenen Festigkeitsklassen mit brauner oder weißer -> Deckenlage                                                          |
| Trockenhaube             | Einhausung der -> Trockenpartie                                                                                                                                                                                            |
| Trockenpartie            | Bereich der Papiermaschine, in welchem die Papierbahn durch thermischen Einfluss getrocknet wird                                                                                                                           |
| Trockenpartie, einreihig | Ausführung der -> Trockenpartie nach dem -> Nassteil mit nur einer Reihe Trockenzylindern und durchgängig mittels Trockensieb geführter Papierbahn, verfügbarkeitssteigernd                                                |

|                               |                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Untermaschinenpulper          | Ausschusspulper (-> Pulper) unterhalb der Papiermaschine für Randbeschnitt und Bahnabrisse                                                                                            |
| Verdünnungswasserstoffauflauf | -> Stoffauflauf mit gezielter zonierter Verdünnung der Stoffsuspension zur Korrektur von Flächengewichtsschwankung der Papierbahn über die Bahnbreite und zur Formationsbeeinflussung |
| Vergautschung                 | Verbinden der einzelnen Lagen mehrlagigen Papiers in der Siebpartie durch Anpressprozesse der noch feuchten Einzellagen                                                               |
| Vollstromflotation            | Behandlung der gesamten Stoffsuspension in einer -> Flotation                                                                                                                         |
| Weißgrad                      | Maß für die Weiße eines Papiers/Kartons                                                                                                                                               |
| Wellenstoff                   | Papiersorte aus hochwertigem Altpapier für die Wellenschicht in Wellpappe                                                                                                             |

## 1. Einleitung

### 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Das Werk der Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH & Co. KG (kurz: Papier- und Kartonfabrik Varel) liegt als einer der großen Produktionsstandorte der europäischen Papier- und Kartonindustrie im Nord-Westen Niedersachsens, zwischen Wilhelmshaven und Oldenburg. Die Stadt Varel ist direkt am Jadebusen gelegen und dem Landkreis Friesland zugehörig.



**Abbildung 1:      Lagekarte Papier- u. Kartonfabrik Varel**

Die Fabrik verfügt über vier Produktionslinien und ist ein Lieferant für die Verpackungsindustrie. Diese erzeugt aus dem Sortenprogramm der Papier- und Kartonfabrik Varel Verpackungen für die industrielle Nutzung, beginnend bei der Lebensmittel-, Agrar- und Fleischindustrie sowie auch für fast jeden Bereich der Non-Food-Industrie bis hin zum Maschinenbau und der Chemieindustrie.

Seit Anfang der Fünfziger Jahre setzt die Papier- und Kartonfabrik Varel als Faserrohstoff ausschließlich Altpapier ein und gehört damit zu den Recyclingbetrieben der ersten Stunde in Deutschland, verbunden mit entsprechender Erfahrung im Umgang mit diesen Rohstoffen. Die Produkte sind in hohem Maße umweltfreundlich, denn sie sind zu 100% wiederverwendbar und bleiben dem Rohstoffkreislauf nach Gebrauch vollständig erhalten.

Nach dem Start im Produktbereich Karton, wurde zu Beginn der 70er Jahre mit der zukunftsweisenden Investition in eine Wellpappenpapiermaschine ein zweites starkes Standbein geschaffen, welches mit dem Bau der Papiermaschine 5 im Jahr 2004 weiter an Bedeutung gewonnen hat.

Von der Firmengründung bis heute ist die Produktionsmenge stetig gewachsen. Im Jahr 2010 wurde eine Gesamtproduktion von rund 704.000 t erzielt. Bezogen auf die Nettoproduktion liegt die Rejektmenge (trocken) bei 5 - 6 %.

Im Jahr 2010 wurden in Deutschland laut dem Verband Deutscher Papierfabriken e.V. 6,9 Mio. Tonnen Pack- und Wellpappenpapiere hergestellt. Die Papier- und Kartonfabrik Varel hatte mit einer Produktionsmenge von 0,49 Mio. Tonnen einen Anteil von 7,1%. Im Produktsegment Karton wurden in Varel 0,22 Mio. Tonnen produziert versus einer Gesamtproduktion von 2,5 Mio. Tonnen Maschinenkarton. Hier hält die Papier- und Kartonfabrik Varel einen Anteil von 8,8%.

Bezugnehmend auf den Rohstoffverbrauch im Segment Altpapier repräsentiert die Papier- und Kartonfabrik Varel rund 4,3% der im Jahr 2009 in der Gesamtheit verbrauchten Menge in Deutschland, über alle Sorten und hergestellten Papier- und Kartonqualitäten.

In Europa verfügen im Produktumfeld des Verpackungskartons und der Verpackungspapiere auf 100% Altpapierbasis nur weniger als 5 Standorte über eine derartig hohe Produktionskapazität an einem einzigen Standort. In den wichtigen Bereichen Energieeffizienz und Prozesswasserreinigung nimmt die Papier- und Kartonfabrik Varel traditionsgemäß eine führende Rolle ein und wird in die Prozesse zur Weiterentwicklung der nationalen und europäischen Umweltschutzanforderungen basierend auf dem Stand der Technik für die Papierherstellung mit einbezogen, was den Anspruch der Papier- und Kartonfabrik Varel, das Produkt möglichst ressourcenschonend herzustellen, mit untermauert.

Selbstverständlich wird die Leistung hinsichtlich Produktqualität, sowie auch die stetigen Bemühungen zu einem schonenden Umgang mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen, externen Prüfungen unterzogen. So ist die Papier- und Kartonfabrik Varel in folgenden Bereichen zertifiziert:

- Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9001: 2008
- Zertifikat der ISEGA für ein Eigenkontrollsystem für Hygienemanagement und Produktsicherung nach dem Standard der „Interessengemeinschaft Recyclingkarton“
- Umweltmanagement nach DIN EN ISO 14001: 2005
- Zertifizierter Entsorgungsfachbetrieb der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V.
- FSC-Zertifizierung (recycelt und mixed)
- OHSAS ISO 18001 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

Darüber hinaus werden alle Produkte einer ständigen externen Kontrolle für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie unterzogen und verfügen über eine entsprechende Unbedenklichkeitserklärung nach den bundesdeutschen sowie europäischen Vorgaben.

Seit 1992 ist die Papier- und Kartonfabrik Varel als erste Papierfabrik beim Bundesdeutschen Arbeitskreis für umweltbewusstes Management e.V. (B.A.U.M.) Mitglied.

Die Papier- und Kartonfabrik Varel gehört sicherlich zu den Betrieben in der Papierindustrie, die mit am konsequentesten langfristigen ökonomischen Erfolg mit einem unternehmerischen Handeln nach ökologischen Prinzipien zum Wohle des Endverbrauchers und der Natur verbindet.

## **1.2 Ausgangssituation**

Am Standort Varel wird mit insgesamt 4 Produktionslinien sowohl Papier als auch Karton hergestellt. Die Unterscheidung der Produkte spiegelt sich auch in der werksinternen Nomenklatur wieder. Hier wird der Betriebsteil 1 (BT1), in welchem Karton produziert wird, vom Betriebsteil 2 (BT2) unterschieden, in welchem die Herstellung von Papier erfolgt.

BT 1 besteht aus zwei Linien, die aufgrund der Historie des Standorts als Kartonmaschine 2 (KM2) und Kartonmaschine 3 (KM3) bezeichnet werden. Im BT2 wurde die fortlaufende Nummerierung der Maschinen fortgeführt, allerdings spricht man produktbedingt von den Papiermaschinen 4 (PM4) und 5 (PM5). Die KM2 wurde 1959 in Betrieb genommen, 1966 folgte die KM3. Die PM4 stammt aus dem Jahr 1973, in 2004 startete die Produktion mit der PM5.

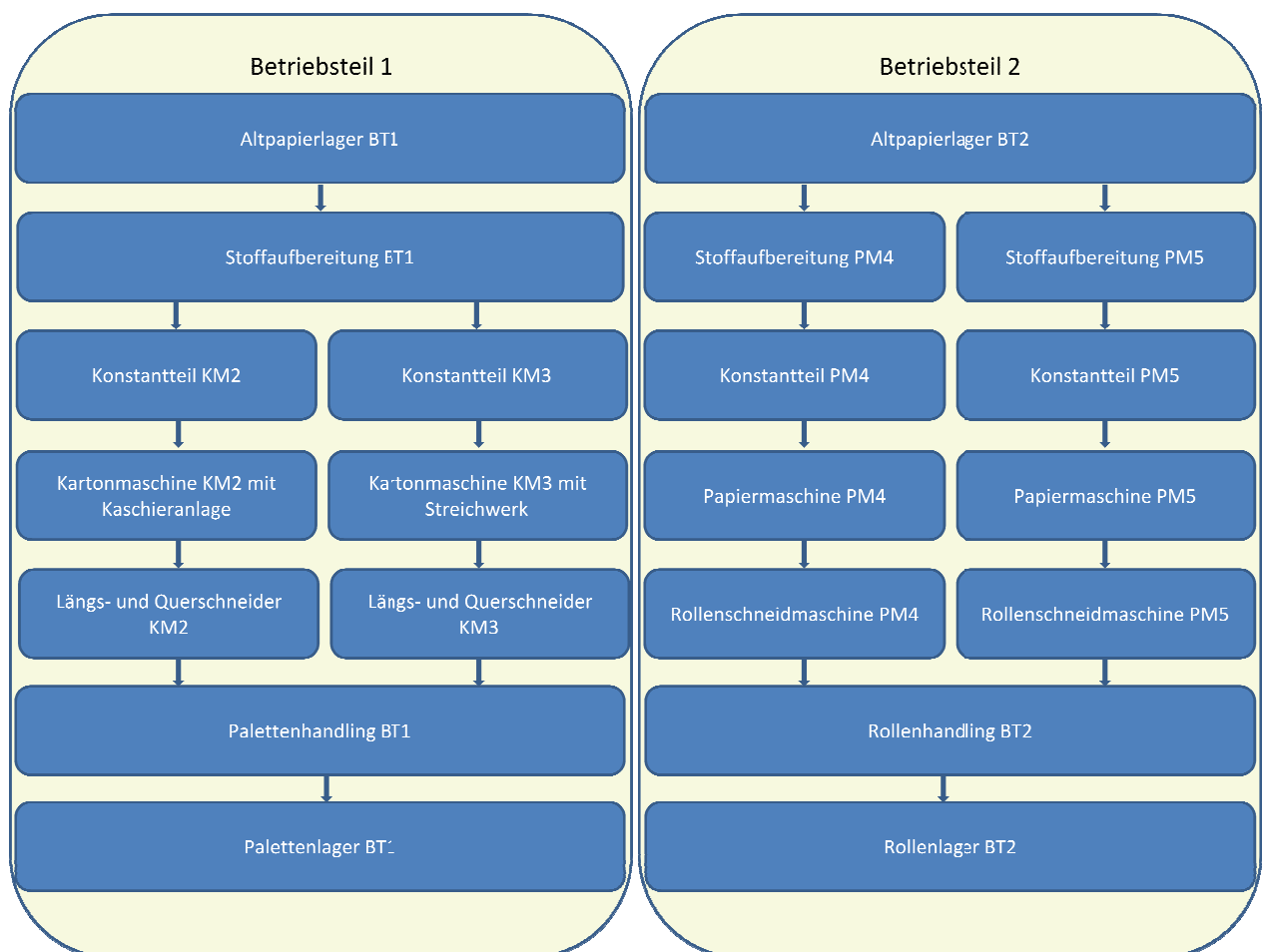
Das Produktionsverfahren der Kartonherstellung läuft, etwas verallgemeinert, nach den gleichen Verfahrensschritten ab, wie die Papierproduktion. Eine wesentliche Unterscheidung ist die flächenbezogene Masse des Produktes, das sog. Flächengewicht [g/m<sup>2</sup>]. In Varel wird Karton mit der schönen Produktbezeichnung JadeBoard im Flächengewichtsbereich von 350 – 1.350 g/m<sup>2</sup> hergestellt. Die KM2 produziert ein- und zweiseitig kaschierte Kartonqualitäten von 500 – 1.350 g/m<sup>2</sup>. Das Portfolio der KM3 sind neben braunen und grauen insbesondere gestrichene weiße Kartonsorten im Flächengewichtsbereich 350 – 800 g/m<sup>2</sup>. Beim Papier des BT2 handelt es sich bislang um braune/grauere Verpackungspapiere (Wellenstoff und Testliner) und die werden je nach Anwendung JadeLiner oder JadeWelle genannt. Die PM4

ist auf Sorten im Flächengewichtsbereich von 120 – 240 g/m<sup>2</sup> spezialisiert, die PM5 hat ihren Schwerpunkt bei leichteren Sorten von 75 – 120 g/m<sup>2</sup>.

Die verfahrenstechnischen Herstellungsprozesse, sowohl der Papier-, als auch der Kartonproduktion, lassen sich grob in folgende Verfahrensblöcke unterteilen:

- Anlieferung und Lagerung des Rohstoffs
- Stoffaufbereitung
- Konstanter Teil
- Papier- bzw. Kartonmaschine
- Ausrüstung
- Fertigwarenlager und Versand

Die Produktion ist aufgeteilt in vier Produktionslinien, aber nicht jeder Verfahrensschritt existiert auch viermal. Einen Überblick über den Aufbau der einzelnen Produktionslinien gibt Abbildung 2. Das Gesamtwerk ist in einem Werkslageplan in Abbildung 3 zu sehen.



**Abbildung 2: Verfahrensschritte Gesamtwerk**

Die Papierfabrik verfügt über ein eigenes Kraftwerk, welches sehr wirtschaftlich mit Hilfe von Kraft-Wärmekopplung im GuD-Prozess betrieben wird. Als Primärenergie kommen ausschließlich Erdgas und das in der Prozesswasserbehandlung anfallende Biogas zum Einsatz.

Der Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks liegt über 90 %, bezogen auf den Brennstoffeinsatz. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Emissionen. Biogas substituiert Erdgas in der Größenordnung von ca. 3,4 %

| Emission                                | Kombiblock 5 |          | Kombiblock 6 |          | Kombiblock 8 |          |
|-----------------------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
|                                         | Grenzwert    | Messwert | Grenzwert    | Messwert | Grenzwert    | Messwert |
| CO<br>[mg/m <sup>3</sup> ]              | 130          | 3        | 50           | 3        | 50           | 3        |
| NO <sub>x</sub><br>[mg/m <sup>3</sup> ] | 320          | 188      | 180          | 56       | 150          | 50       |

**Tabelle 1: Emissionen Kraftwerk**

Hierbei bezeichnet „Kombiblock“ jeweils eine Reihenschaltung von einer bzw. zwei Gasturbinen, Dampfkessel und Gegendruck-Dampfturbine. Bei den angegebenen Messwerten handelt es sich um die aktuellsten Ergebnisse der regelmäßig im Rahmen immissionsschutzrechtlicher Auflagen durchgeführten Einzelmessungen.

Das Kraftwerk ist in der Lage, den gesamten Bedarf der Papier- und Kartonfabrik Varel an elektrischer Energie und Heizdampf selbst zu erzeugen und den Stromüberschuss in das EVU-Netz einzuspeisen. Lediglich für Werksstillstände und sonstige Betriebsunterbrechungen kann Strom aus dem EVU-Netz bezogen werden. Maximal werden 175 t Satttdampf/h bereit gestellt, wovon knapp die Hälfte in ein 6 bar Netz gespeist werden, die andere Hälfte als 3 bar Dampf zur Verfügung steht. Strom wird mit einer maximalen Leistung von ca. 47 MW erzeugt, wovon 23 MW von den Gasturbinen stammen und 22,5 MW aus dem Betrieb der Gegendruck-Dampfturbinen resultieren. Zwei Biogasmotoren steuern bis zu 2 MW EEG-Strom bei.

Das im Werk anfallende Produktionsüberschusswasser wird aus Betriebsteil 1 und Betriebsteil 2 der 2-stufigen anaerob/aeroben Prozess- und Abwasserbehandlungsanlage zugeführt.

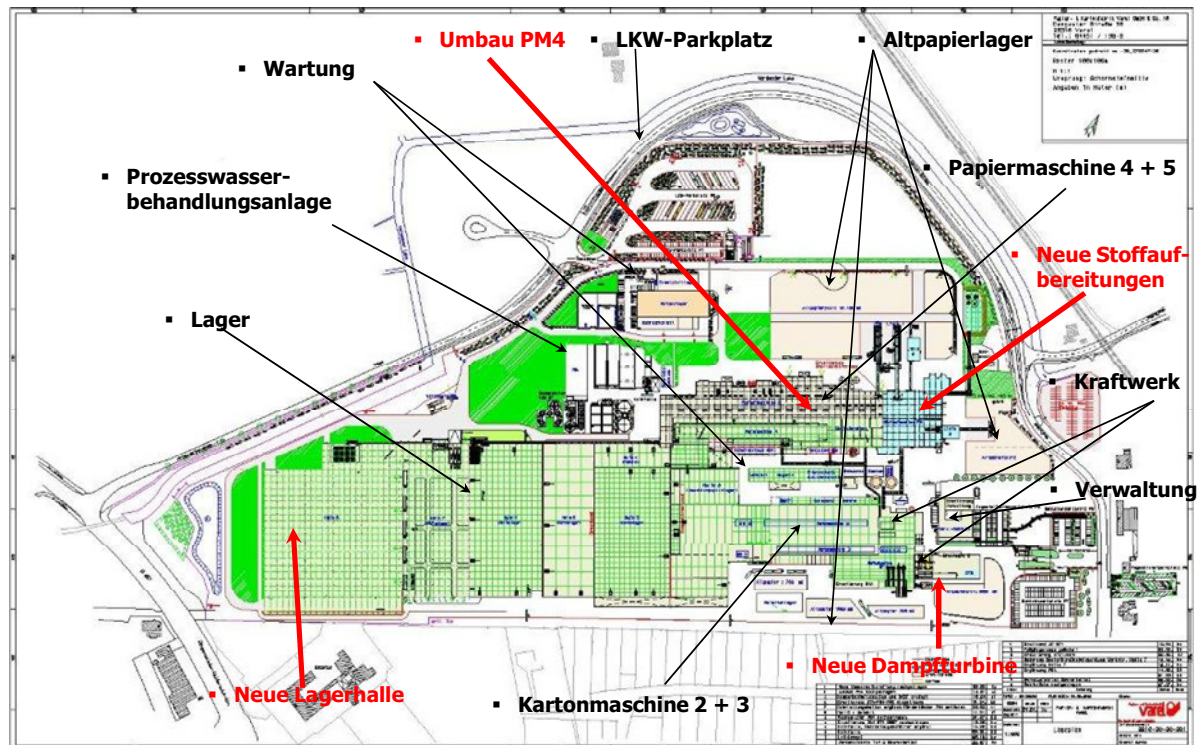


Abbildung 3: Werkslageplan

## **2. Vorhabensumsetzung**

### **2.1 Ziel des Vorhabens**

Die Papier- und Kartonfabrik Varel hat im März 2010 bei der KfW-Bankengruppe einen Fördermittelantrag zum Demonstrationsvorhaben der Umweltinnovation „Umbau einer Papiermaschine (PM4) zur Multiproduktanlage“ gestellt. Auf den Fördermittelantrag erging am 10.09.2010 unter dem KfW-Aktenzeichen MBe1-001795 ein Zuwendungsbescheid, der unter gleichem Aktenzeichen mit Bescheid vom 14.12.2010 und dann unter Aktenzeichen MBc3-001795 mit Bescheid vom 10.10.2011 geändert wurde. Als Auflage nennt der Zuwendungsbescheid u.a. die Erstellung eines Abschlussberichts. Mit dem vorliegenden Dokument kommt die Papier- und Kartonfabrik Varel dieser Vorgabe termingerecht nach und gibt einen Überblick über den Erfolg des Investitionsvorhabens zum 30.09.2012.

Das Ziel des geförderten Umbaus war es, das Potential von altpapierbasierenden Wellpappenpapieren mit Hilfe neuer innovativer Techniken noch stärker zu nutzen und weiter in den Wettbewerb zu Frischfaserprodukten zu treten, sowie gleichzeitig die Umwelt durch eine Verbesserung der spezifischen Energieverbräuche zu entlasten und den spezifischen Wasserbedarf auch im weißen Produktbereich trotz hoher Qualitätsanforderungen so gering wie möglich zu halten. Die Papiermaschine 4 produzierte früher ausschließlich Wellenstoff und Testliner. Seit Abschluss aller Umbaumaßnahmen werden folgende Produktbereiche durch die „neue“ PM4 abgedeckt:

- a. Standard Testliner II und Testliner III
- b. Standard Wellenstoff
- c. Halbzellstoff Ersatzqualitäten
- d. Ersatzprodukte für Kraftliner braun
- e. Testliner mit einer weißen Deckschicht

Die Umbaumaßnahmen sollten also zu einem Wechsel von einer Monoprodukt- zu einer Multiproduktanlage führen. Der Weg zur Multiproduktanlage geht über die in Tabelle 2 aufgelistete Einzelmaßnahmen.

| <b>Bereich</b>    | <b>Maßnahmen</b>                                                     | <b>Kapitel</b> |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|
| Stoffaufbereitung | • 2 neue Stoffaufbereitungslinien (weißer Strang, Kraftersatzstrang) | 2.2.1          |
|                   | • Teilstrommahlung                                                   | 2.2.1          |
|                   | • Biowasserentfärbung in weißem Deckenstrang                         | 2.2.9          |
| Konstanter Teil   | • Drucksortiererkonzept mit Rejektrezirkulation                      | 2.2.2          |
| Papiermaschine    | • Zweilagigkeit (m. Hybridformer)                                    | 2.2.3          |
|                   | • Druckverlustarmer Verdünnungswasserstoffauflauf                    | 2.2.3          |
|                   | • Maßnahmen zur Verfügbarkeitserhöhung                               | 2.2.4          |
| Filmpresse        | • Erhöhung des Feststoffgehaltes in der Stärkeflotte                 | 2.2.5          |
| Trockenpartie     | • Stahlmantelzylinder (Erhöhung des Wärmedurchgangskoeffizienten)    | 2.2.6          |
| Kesselhaus        | • neue Dampfturbine mit erhöhtem Wirkungsgrad                        | 2.2.7          |

**Tabelle 2:           Maßnahmen Multiproduktanlage**

Die Vorteilhaftigkeit, die sich hinter dem Begriff „Multiproduktanlage“ versteckt, kann in verdichteter Form wie folgt dargestellt werden:

- Praktisch gleiche Produktivität wie modernste Monoproduktanlagen und damit keine Nachteile im Bereich Energiekosten/Energieverbrauch bzw. Emissionen, sondern sogar deutlich verbesserte Umweltdaten bei maximaler Produktvielfalt (siehe Kap. 3).
- Hohes Substitutionspotential in den Bereich der Frischfaserpapiere hinein. Frischfaserpapiere benötigen durch die Zellstoffgewinnung weitaus mehr Energie im Herstellungsprozess. Darüber hinaus kann durch Recyclingprodukte eine Faser vielfach verwendet werden und somit große Mengen an Ressourcen geschont werden.
- Starke Anpassungskraft auf die sich schneller verändernde Bedarfsstruktur der deutschen und europäischen Wellpappenindustrie. Es kann somit wirkungsvoll verhindert werden, dass teilweise Papiere aus Gebieten der Erde importiert werden müssen die z.B. aus nicht FSC zertifizierten Rohstoffen hergestellt wurden. Die Geschwindigkeit der Veränderung der Bedarfsstruktur in der Wellpappenindustrie hat deutlich zugenommen und wir geben hier die richtige und konsequente Antwort.
- Keine Logistikkosten und Umweltbelastungen durch zusätzliche Logistikstrecken, da in naher Entfernung zum Kunden fast jedes Produkt geboten werden kann, auch wenn sich der Bedarf der Kunden verändert.

- Gewährleistung hoher Auslastung und Verfügbarkeiten der Anlage und damit Energieeffizienz auch in schwächeren Marktphasen, da deutlich flexibler als bei Monoproduktmaschinen auf die Kundenwünsche reagiert werden kann und somit die Auslastung auf hohem Niveau verbleibt.

Das Ziel der Verdrängung von Frischfaserprodukten durch recycelte Papiersorten wird begleitet durch die erklärte Absicht, die Produkte deutlich ressourcenschonender zu produzieren, als dies heute im Branchenvergleich feststellbar ist.

Das hehre Ziel der Papier- und Kartonfabrik Varel ist eine Reduktion von 13.500 t CO<sub>2</sub> pro Jahr. Dies wird erreicht durch die folgend beschriebenen Einzelmaßnahmen (Kapitel 2.2). Den größten Einzelposten liefert hierbei die Fahrweise der neuen Filmpresse, wobei dies durch die Summe von Einzelmaßnahmen erst ermöglicht wurde. Durch die innovative Erhöhung der Stärkeflottendichte auf hohe Konsistenzen wurde der spezifische Dampfverbrauch bei der anschließenden Trocknung auf Werte weit unter Branchenvergleichswerte gedrückt, siehe Kap. (2.2.5).

Dies wird begleitet durch Stromeinsparmaßnahmen mit weiterem Innovativcharakter und neuen Wegen der Stoffaufbereitung (siehe Kap. 2.2), welche den Anstieg der Frisch – und Abwassermenge durch die Erweiterung des Produktportfolios zwar nicht verhindern, jedoch die neuen Sorten mit spezifischen Verbräuchen herstellbar machen, welche nach internem Benchmark auch in diesem Bereich weit unter dem Branchenmittel liegen.

Die in den folgenden Kapiteln genannten Strom- und Dampfverbräuche beziehen sich – außer dies wird gesondert hervorgehoben - auf die PM4 und deren Stoffaufbereitungslinien, ohne dass der Eigenbedarf des Kraftwerks oder der Verbrauch der Prozess- und Abwasserbehandlungsanlage berücksichtigt wird. Dies dient zum einen der Vergleichbarkeit mit Standorten, bei welchen die Energiebereitstellung sowie die Abwasserreinigung an externe Dienstleister vergeben wurde. Zum anderen ist es an einem Standort mit 4 Produktionseinheiten technisch schwierig, die Verbräuche der Nebenanlagen genau auf einzelne Prozessstränge umzulegen.

### **2.1.1 CO<sub>2</sub>-Reduktion**

Die Anlagenkonzeption hat enorme Energieeinspareffekte, wie in den Einzelbeschreibungen noch herausgearbeitet wird. Einen Überblick über die daraus resultierenden, eindrucksvollen Einsparungen des Treibhausgases CO<sub>2</sub> gibt folgende Tabelle, die dem Förderantrag entstammt:

## UIP Vorhaben „Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage“

Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH &amp; Co. KG

|                       | Maßnahmen                                                  | Energieeinsparung |              | CO <sub>2</sub> -Einsparung<br>202 kgCO <sub>2</sub> /MWh | weitere Umwelteffekte                                       |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 4.1 Gesamtanlage PM4  | Multiproduktanlage                                         | siehe 4.2-4.8     |              | siehe 4.2-4.8                                             | opt. Maschinennutzung<br>opt. Kraftwerkswirkungsgrad        |
| 4.2 Stoffaufbereitung | 3 Linien Teilstrom-mahlung                                 | Strom             | 3.000 MWh/a  | 606 t CO <sub>2</sub> /a                                  |                                                             |
|                       | Biowasserentfärbung in weißem Deckenstrang                 |                   |              |                                                           | Wassereinsparung<br>spez. Abwassermenge 2 m <sup>3</sup> /t |
| 4.3 Konstanter Teil   | Drucksortierer mit Rejekt-rezirkulation                    | Strom             | 475 MWh/a    | 96 t CO <sub>2</sub> /a                                   |                                                             |
| 4.4 Papiermaschine    | Zweilagigkeit (m. Hybridformer)                            | Strom             | 4.000 MWh/a  | 808 t CO <sub>2</sub> /a                                  |                                                             |
|                       | Druckverlustarmer Verdünnungs-wasserstoffauflauf           | Strom             | 295 MWh/a    | 60 t CO <sub>2</sub> /a                                   |                                                             |
| 4.5 Verfügbarkeit     | Maßnahmen zur Verfügbarkeits-steigerung                    | Strom             | 2.400 MWh/a  | 485 t CO <sub>2</sub> /a                                  |                                                             |
|                       |                                                            | Dampf             | 1.900 MWh/a  | 384 t CO <sub>2</sub> /a                                  |                                                             |
| 4.6 Filmpresse        | Erhöhung des Feststoffgehalts der Stärkeflotte             | Dampf             | 55.000 MWh/a | 11.110 t CO <sub>2</sub> /a                               |                                                             |
| 4.7 Trockenpartie     | Stahlmantelzylinder (Erhöhung Wärmredurchgangskoeffizient) |                   | siehe 4.6    | siehe 4.6                                                 |                                                             |
|                       | Wegfall Nachrockengruppe                                   | Strom             | 1.500 MWh/a  | 303 t CO <sub>2</sub> /a                                  |                                                             |
| 4.8 Kesselhaus        | neue Dampfturbine mit erhöhtem Wirkungsgrad                |                   | siehe 4.6    | siehe 4.6                                                 | Ausgleich Wirkungsgrad durch Änderung Stromkennzahl         |
| Summe                 |                                                            |                   | 67.070 MWh/a | 13.548 t CO <sub>2</sub> /a                               |                                                             |

**Tabelle 3: Geplante CO<sub>2</sub>-Einsparung**

Die Tabelle ist als Überblick über die Ziele der Papier- und Kartonfabrik Varel zu verstehen, welcher die Jahreswerte der Energieeinsparungen der Einzelmaßnahmen aufzeigt, ohne dass hier der Bezug zur Tonne Produkt hergestellt wird. Dazu wird auf den Ergebnisteil verwiesen (Kap. 3) sowie die hier folgende Tabelle 4 für den Dampfverbrauch und Tabelle 5 für den Strombedarf, da diese anhand der spezifischen Gesamtverbrauchszahlen ermittelt werden.

**2.1.2 Dampfeinsparung**

Grundlage der Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ist im Wesentlichen das mit dem Vorhaben verbundene hohe Dampfeinsparpotential. Zur Ermöglichung des Vergleichs innerhalb der Verpackungspapierbranche werden hier die Dampfverbräuche aufgelistet, die an der PM4 bei typischen Referenzsorten aus allen Bereichen des geplanten Sortenspektrums erwartet wurden. Dabei handelt es sich um Satttdampf bei 6 bar. Der spezifische Dampfverbrauch wird insbesondere durch die hohe Stärkeflottenkonsistenz außerordentlich gering (siehe 2.2.5).

Nach uns vorliegenden Informationen gelten für die relevanten Produktgruppen spezifische Kennzahlen. Das Ziel der Papier- und Kartonfabrik Varel war es, sich hiervon mit der neuen PM4 deutlich abzuheben.

| <b>Geplanter Dampfbedarf</b> | Interner Branchenvergleichswert |       | Angestrebter Wert Varel |               | Vergleichswert BVT-Merkblatt (Final Draft July 2013) |
|------------------------------|---------------------------------|-------|-------------------------|---------------|------------------------------------------------------|
|                              | t/t                             | kWh/t | t/t                     | kWh/t         | kWh/t                                                |
| Kraftliner                   | 2,2                             | 1.540 | -                       | -             |                                                      |
| Kraft-Ersatz                 | 2,0                             | 1.400 | 1,45 – 1,5              | 1.015 – 1.050 |                                                      |
| Weiß ged. Testliner          | 1,8                             | 1.260 | 1,35 – 1,4              | 945 – 980     |                                                      |
| Wellpappenpapiere            |                                 |       |                         |               | 1.100 – 1.500                                        |

**Tabelle 4: Branchenvergleich Dampfverbrauch**

Hier ist anzumerken, dass der Vergleich mit dem BVT-Merkblatt nur eingeschränkt möglich ist, da hier einerseits sowohl Testliner als auch Wellenstoff inkludiert sind, andererseits eine Multiproduktanlage sich naturgemäß nicht auf eine einzelne Papiersorte trimmen lässt.

### 2.1.3 Stromeinsparung

Der angestrebte Strombedarf ist folgender Tabelle zu entnehmen. Dabei ist zum Vergleich der Bedarfswert der PM4 vor dem Umbau dargestellt. Der Zielwert für den spezifischen Strombedarf der neuen Produkte ist sehr hochgesteckt, dadurch werden die Produkte weit umweltschonender hergestellt, als andere Hersteller dies auf existierenden Anlagen erreichen. Auch der Blick auf den Strombedarf der PM4 vor dem Umbau zeigt, dass diese sich bereits vorher im branchenüblichen Bereich befand.

| <b>Geplanter Strombedarf</b> | Interner Branchenvergleichswert | Bedarf vor Umbau | Angestrebter Wert Varel | Vergleichswert BVT-Merkblatt (Final Draft July 2013) |
|------------------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|
|                              | kWh/t                           | kWh/t            | kWh/t                   | kWh/t                                                |
| Kraftliner                   | 530 – 550                       | -                | -                       |                                                      |
| Kraft-Ersatz                 | 530 – 550                       | -                | 470                     |                                                      |
| Weiß ged. Testliner          | 500 – 540                       | -                | 490                     |                                                      |
| Wellenstoff                  | 350 – 450                       | 380 – 420        | 370                     |                                                      |
| Wellpappenpapiere            |                                 |                  |                         | 350 - 450                                            |

**Tabelle 5: Branchenvergleich Strombedarf**

Hinsichtlich des BVT-Vergleichswerts gilt die gleiche Einschränkung, wie bereits unter 2.1.2.

### 2.1.4 Spezifische Abwassermenge

Der Fokus des Projektes liegt bei der Reduktion der spezifischen Energieverbräuche, sowohl beim Dampf als auch beim Strom, daraus resultierend auch bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission. Außerdem ist man in Varel dem Leitsatz treu, Papier und Karton mit einem

niedrigen spezifischen Abwasserwert herzustellen. Im Förderantrag hieß es hierzu: „An dieser Stelle bleibt noch der nicht unwesentliche Verweis darauf, dass man auch beim spezifischen Abwasseranfall der neuen Produktgruppen einen hervorragenden Wert im Branchenvergleich anstrebt.“ Nichts desto trotz bedeutet die Erweiterung des Produktportfolios um höherwertige Sorten eine Zunahme des absoluten Frischwasserbedarfs und damit auch eine Erhöhung der abzugebenden Abwassermenge. Diese soll durch die Rückführung des entfärbten Bioreinwassers um 2 m<sup>3</sup>/t verringert werden (siehe 2.2.9).

## **2.2 Technische Lösung**

### **2.2.1 Stoffaufbereitung**

Zur Produktion von Testliner 2 und 3 sowie Wellenstoff, der früheren alleinigen Sorten der PM4, wird überwiegend Kaufhausaltpapier und Gemischtes Altpapier eingesetzt. Dies wurde bislang in einem Stoffaufbereitungsstrang aufbereitet. Der Zweilagigkeit des Produkts wurde durch eine Faserfraktionierung entsprochen, die ermöglicht, dass qualitativ bessere Fasern bevorzugt der Deckenlage der Papiermaschine zur Verfügung gestellt werden konnten. Die Papier- und Kartonfabrik Varel bleibt bei dem für Standardsorten bewährten Konzept und baut auch weiterhin auf eine der Fraktionierung vorgelagerte Reihenschaltung aus Drucksortierern und Zentrifugalabscheidern (Cleaner).

Kraftlinerpapiere haben im Vergleich zum Testliner höhere Qualitätsanforderungen. Dies betrifft insbesondere die Festigkeitswerte des Papiers. Die Kraftlinersorten werden daher aus ungebleichtem Sulfatzellstoff hergestellt. Kraftliner-Ersatz sieht per Definition die Substitution von Frischfasern durch möglichst hochwertige Sekundärfasern vor. Je nach Qualitätsanforderung kann dies zu einem Altpapiereinsatz bis 100 % führen, nur die höheren Qualitäten bedürfen weiterhin eines gewissen Zellstoffeinsatzes. Voraussetzung ist eine entsprechende Rohstoffverfügbarkeit. Beispielsweise sind Kraftlinerpapiere selbst natürlich hervorragend geeignet, denn die hier verwendeten Fasern durchlaufen den Recycling-Kreislauf zum ersten Male. Aus optischen Gründen kann die Zufuhr von Frischfasern dennoch hilfreich sein. Auch Marketingaspekte spielen hierbei eine wichtige Rolle.

Aufgrund der hohen Kosten für Frischfasern wird die Papier- und Kartonfabrik jedoch immer bestrebt sein, innerhalb des Rohstoffdargebots möglichst viele günstige AP-Sorten zeitgleich einzusetzen, was das Erfordernis eines zweiten Stoffaufbereitungsstrangs begründet. Die vor dem Umbau vorhandene verfahrenstechnische Ausstattung war alleine auf Altpapierqualitäten des unteren Qualitätsspektrums ausgerichtet. Diese führen daher erfahrungsgemäß einen wesentlichen Anteil an papierfremden Bestandteilen mit sich. Der Rejektanteil ist entsprechend hoch. Außerdem werden Sorten eingesetzt, die ein geringeres Festigkeitspotential aufweisen, da die Hersteller dieser Qualitäten häufig auf Altpapier zurückgreifen, welches den Recyclingkreislauf bereits mehrfach durchlaufen hat. Durch die Mehrfachnutzung schwindet die Fähigkeit der Papierfaser zur Bildung von Wasserstoffbrücken und man kann von einer gewissen Abnutzung der verwendeten Fasern sprechen.

Dementsprechend war beim Kraftlinerersatzstrang weniger Augenmerk auf die Rejekt-ausschleusung zu werfen. Allerdings war mit höherem Energieeintrag zur Auflösung von Kraftlinerfasern und Zellstoff vorzugehen, da mit der Anwesenheit von Nassfestmitteln zu rechnen war und der Frischfaserverbund generell sich schlechter auflösen lässt. Daher erfolgt die Stoffauflösung in einem speziellen „Kraft-Strang“ mit einem Hochkonsistenz-Pulper. Auch für die Aktivierung der Festigkeitswerte durch die Mahlung war ein paralleler Strang angeraten, da die Verbesserung der Fasereigenschaften der langfaserigen Kraft-Sorten viel gezielter erfolgen kann, als bei einer Vermischung mit niedrigeren Qualitäten bereits vor der Mahlung.

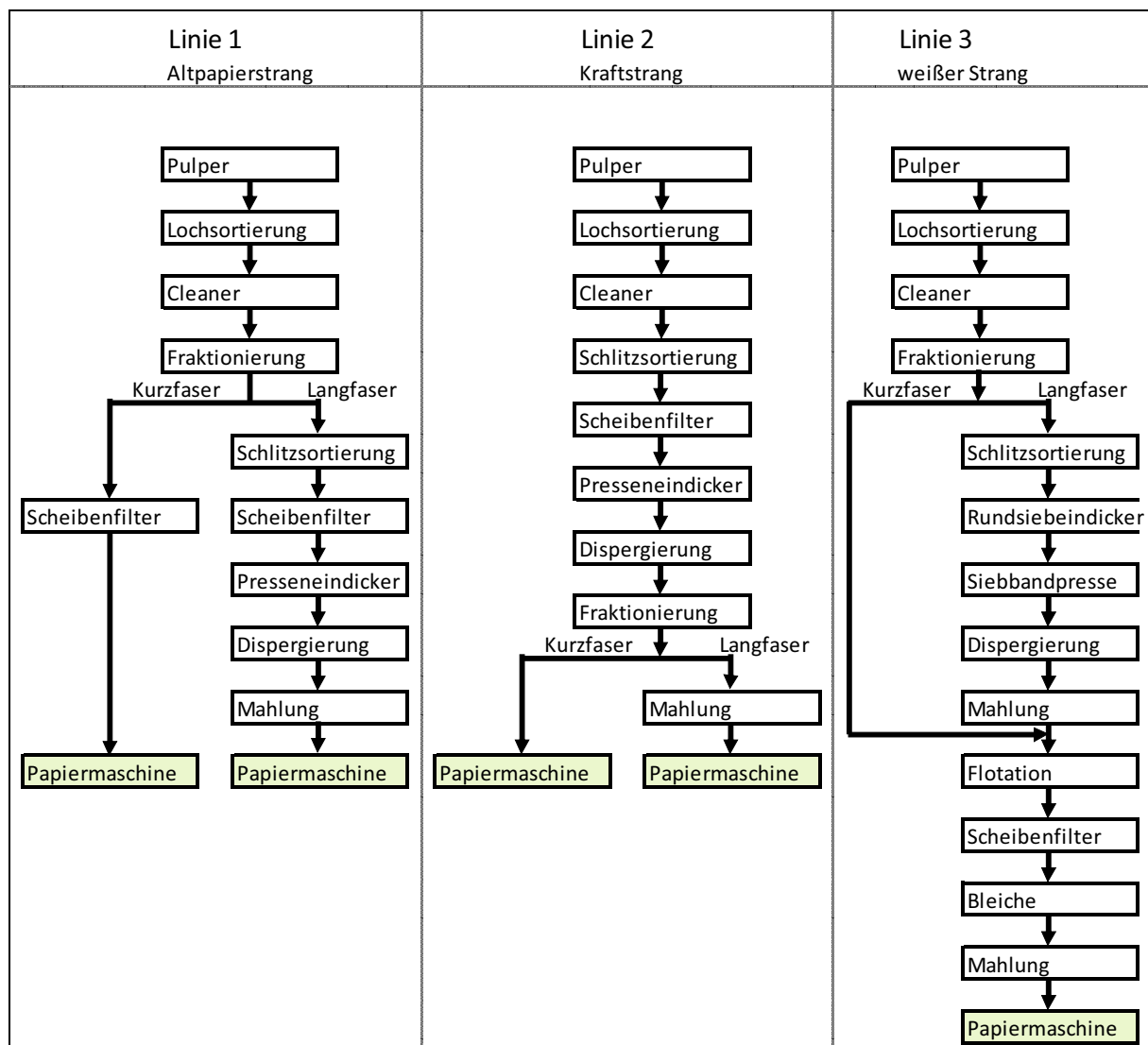
Gleiches gilt für High-Performance Fluting (HP-Fluting), mit dem kleinen Unterschied, dass hier Halbzellstoffe substituiert werden sollen. High-Performance Fluting ist ein Produkt auf Altpapierbasis mit höherwertigem Fasermaterial, mit welchem der handelsübliche HZ-Fluting (Halbzellstoff-Fluting) nachempfunden wird. Er eignet sich für extreme Klimabedingungen mit hoher Luftfeuchtigkeit.

Die Verwendung hellerer Altpapiersorten zur Produktion von weiß gedeckten Testlinern war alleine aufgrund der farblichen Trennung von den braunen Altpapieren Grund für einen weiteren Stoffaufbereitungsstrang. Darüber hinaus gelten die gerade aufgeführten Vorteile für Kraft- und Fluting-Ersatzsorten auch für den Rohstoff der hellen und weißen Sorten (Hochkonsistenzauflösung, geringerer Rejekthandlingaufwand, gezielte Mahlung).

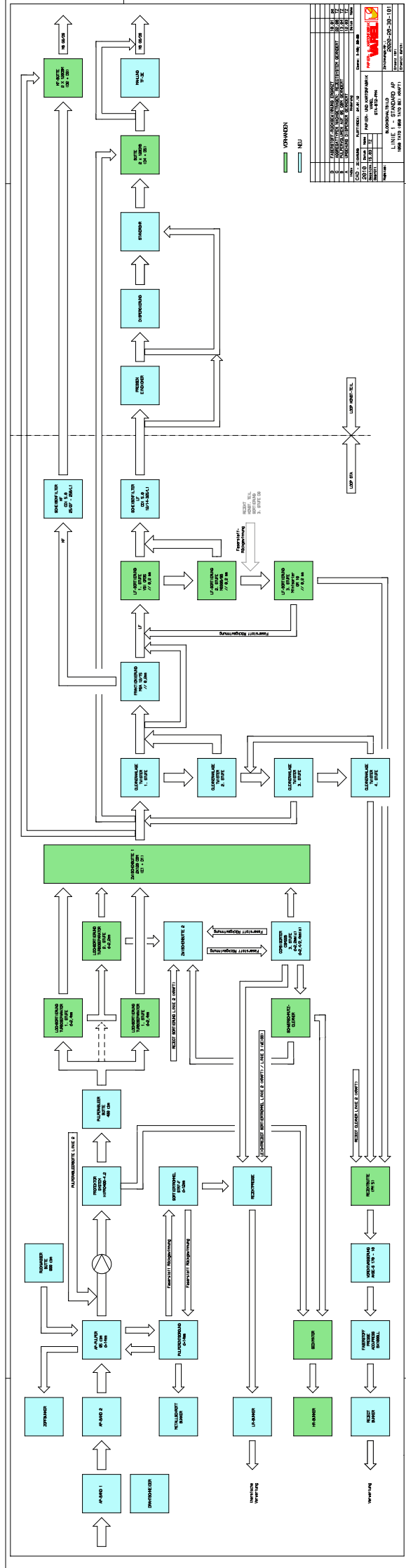
Die Fraktionierung ist dabei ein wesentliches Kriterium, denn sie ermöglicht die gezielte Mahlung der Langfasern, also der Fraktion, deren Festigkeitspotentiale besonders gut aktiviert werden können. Die Verfahrensordnung mit Fraktionierung in allen drei Stoffaufbereitungslinien stellt ein Novum für HP-Fluting und für Kraftlinerersatz dar. Der innovative Gedanke führt zu einer maßgeblichen Energieeinsparung. Als besonderes Novum ist dabei die Tatsache hervorzuheben, dass jede der Linien über eine eigene Mahlung verfügt (drei-straßige Teilstrommahlung, aber auch die Vollstrom-Flotation im Strang der weißen Decklage nach der Teilstrom-Dispergierung, bei welcher schwer abtrennbare Partikel durch mechanischen und thermischen Einfluss so zerkleinert werden ( $< 2 \mu\text{m}$ ), dass sie im Produkt kaum mehr wahrgenommen werden, bzw. in der nachgeschalteten Flotation abgeschieden werden können.

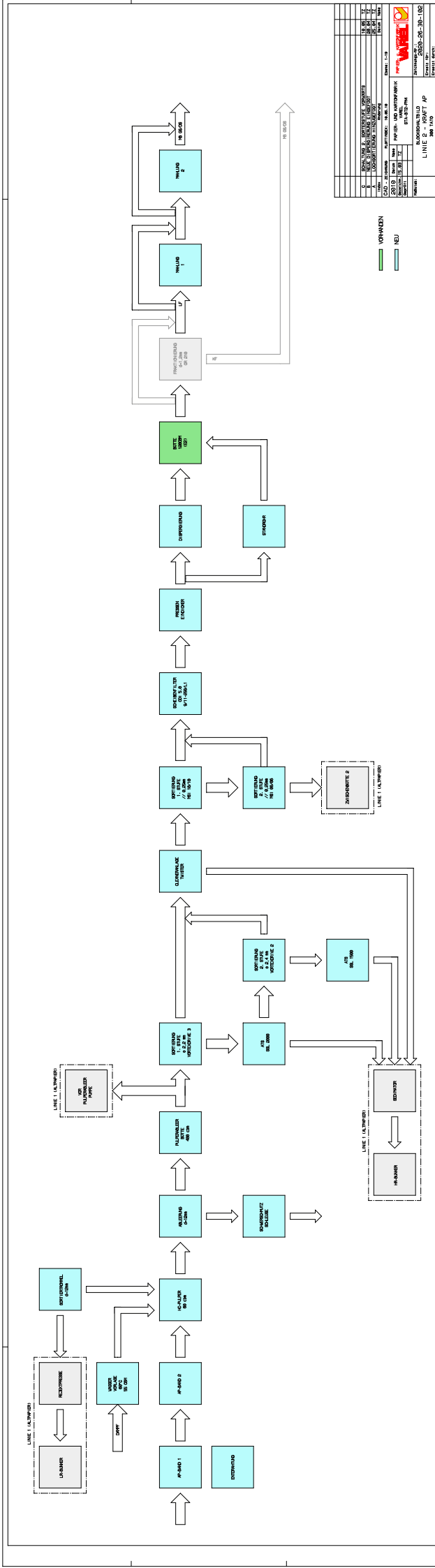
Außerdem hat man sich entschieden, bereits in der Stoffaufbereitung ein energiesparendes Konzept zur Fein-Schlitzsortierung einzusetzen. Dieses wird im Konstantteil genauer beschrieben, da es auch dort zum Einsatz kommt.

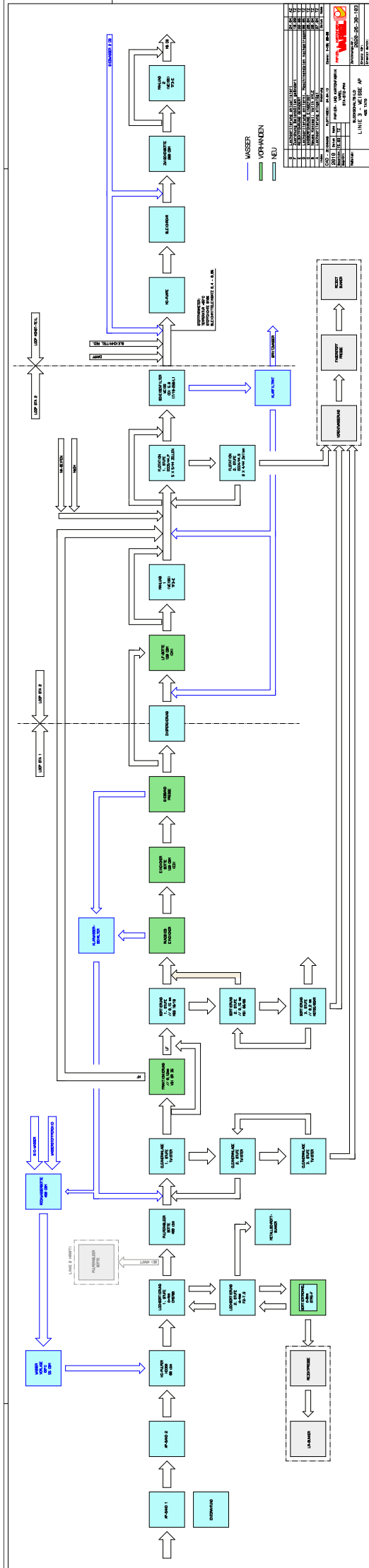
Abbildung 4 gibt einen Überblick über die verfahrenstechnische Schaltung der drei Stoffaufbereitungslinien. Die Blockschemata (Abbildung 5, Abbildung 6 und Abbildung 7) zeigen die verfahrenstechnischen Schritte der drei einzelnen Stoffaufbereitungslinien etwas detaillierter. Dabei ist farblich gekennzeichnet, wo vorher vorhandene Aggregate weiterhin zum Einsatz kommen (grün) und wo neue Maschinen Verwendung finden (blau). Ein Großteil der Aggregate der „alten“ Stoffaufbereitung wird in den beiden neuen Linien 2 und 3 eingesetzt.



**Abbildung 4: Verfahrenstechnische Schaltung der drei Stoffaufbereitungslinien**







Im Projektfortschritt hat man sich entschieden, im Prozessschritt der im Niedrigkonsistenzbereich beaufschlagten Zentrifugalabscheider (Cleaner), bei welchem kleine papierfremde Partikel mit Dichteunterschieden zur Stoffsuspension ausgeschleust werden, ein neuartiges Konzept einzusetzen. Die Rede ist vom sogenannten Twistersystem, bei welchem der Hersteller (Celleco) die Energie des üblicherweise am Boden des Abscheiders eingesetzten Verdünnungswassers ausnutzt, indem er es tangential auf halber Höhe des Zyklons zuführt und so dem Suspensionswirbel einen zusätzlichen Impuls verleiht. Das Ergebnis ist, dass die Effektivität der Abscheidung deutlich erhöht wird, was dazu genutzt werden kann, die Cleaner mit doppelt so hoher Stoffdichte zu beaufschlagen, was einer Halbierung des Volumenstroms gleichkommt. Im Vergleich zu herkömmlichen Zentrifugalabscheidern wird dadurch eine bis zu 50 prozentige Reduzierung der Pumpenergie erreicht.

Ganz wesentlich ist zudem, dass auch noch die Einführung der Kreislauftrennung von Papiermaschinen- und Stoffaufbereitungskreislauf im Investitionsprojekt integriert wurde. Damit erreicht auch die PM4 nach den guten Erfahrungen, die damit an der PM5 gemacht wurden, im Bereich der internen Wasserführung, den in dem europäischen Merkblatt zu den Besten Verfügbaren Techniken in der Zellstoff und Papierindustrie definierten Standard. Auf diese Weise hält man den Papiermaschinenkreislauf von Störstoffen weitgehend frei, erhöht die Hilfsmittelwirksamkeiten und reduziert die Abrisshäufigkeiten, ausgelöst durch Mikro- oder Makrostickies.

### **2.2.2 Konstanter Teil (Drucksortierer mit Rejektrückführung)**

Die Papier- und Kartonfabrik Varel hat im Konstanten Teil ein neuartiges Konzept zur Drucksortierung angewandt. Es basiert auf der Idee, dass eine erhöhte Hydraulik in den Drucksortierern der ersten Stufen des Konstantteils den Durchsatz durch die Siebkörbe erhöht, da diese durch erhöhte Turbulenzen und Friktion freier gehalten werden, als im früheren Normalbetrieb. Die erhöhte Hydraulik wird erreicht, indem ein Teilstrom der Rejekte des Drucksortierers im Recyclingmode wieder vor die erste Sortierstufe gefahren wird. Dies wiederum ermöglicht, Siebkörbe mit engerer Schlitzweite zu verwenden. In der Folge kann auf die zweite Sortierstufe vollständig verzichtet werden; die Rejekte der ersten Stufe werden gleich zur dritten Sortierstufe gefördert.

Die Sortierung erfährt hierdurch in Summe einen deutlichen Energieeinspareffekt. Wir erwarten Einsparungen von 475 MWh<sub>el</sub>/a. Daraus lässt sich ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 96 t/a ermitteln.

Diese Fahrweise ist aus dem Feinpapierbereich bereits bekannt. Unseres Wissens ist die Papier- und Kartonfabrik Varel allerdings die erste, die dieses Konzept im Verpackungspapierbereich einsetzt. Voraussetzung für diese Innovation ist die Entscheidung Varels, die Feinsortierung bereits in der Stoffaufbereitung vollständig abzuschließen.

Innerhalb des Umsetzungszeitraums des Vorhabens hat man sich in Varel auch noch entschieden, im Konstanten Teil das Siebwasser der Deckenlage mechanisch zu entlüften. Das Siebwasser wird vorwiegend zur Stoffverdünnung verwendet, bevor dieser über den Stoffauflauf der Siebpattie zugeführt wird. Mikroskopisch kleine Luftbläschen, die in der Stoffsuspension eingebunden sind, behindern die Entwässerungsneigung der Papierbahn in der Nasspartie und steigern Abrisswahrscheinlichkeiten. Die Maßnahme ist, ohne dies quantifizieren zu können, verfügbarkeitssteigernd, zumal die Abtrennung kleiner Luftbläschen auch den gewünschten Nebeneffekt der Abtrennung von Mikrostickies mit sich bringt, also mikroskopisch kleiner Schmutzpartikel, die sich im Falle von Agglomeratbildung durchaus störend bei der Blattbildung und dem Trocknungsprozess auswirken können.

Die Entlüftung erfolgt über ein mechanisches Entlüftungssystem, welches nach dem Zyklonprinzip arbeitet. Durch dessen Einsatz kann die Hilfsmittelmenge im Bereich von Entschäumen und Retentionsmitteln reduziert werden.

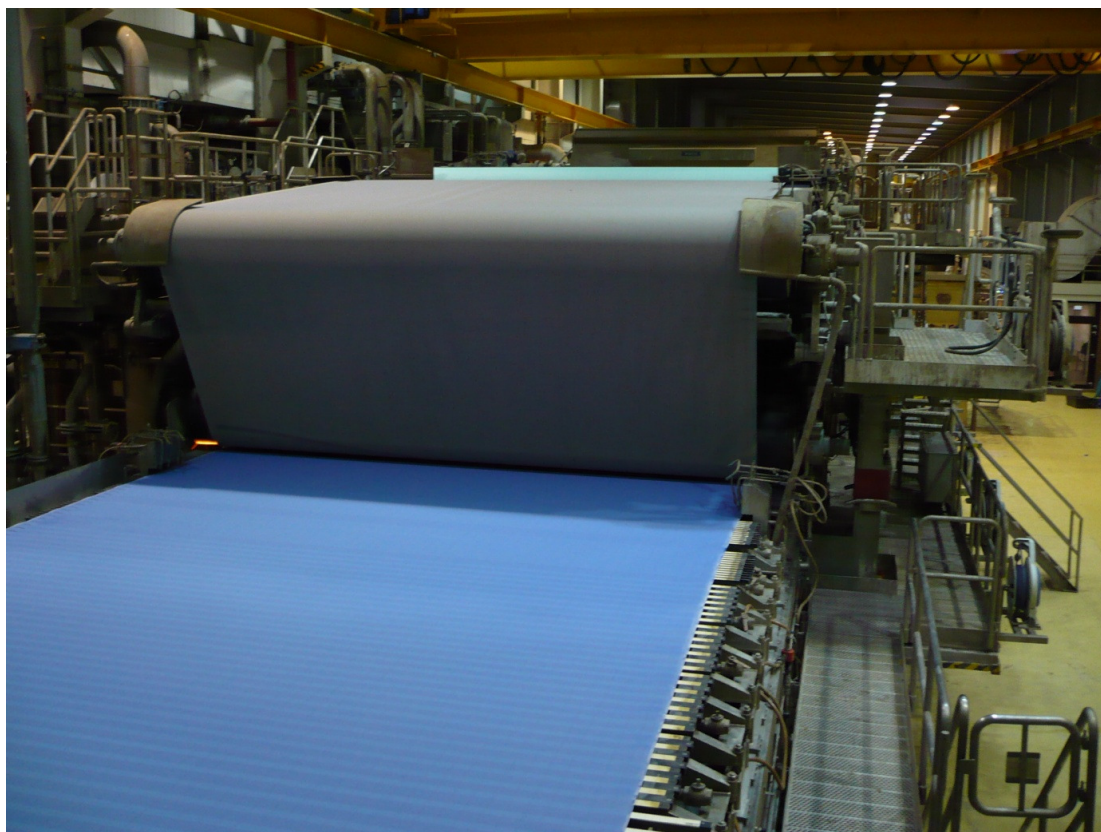
### **2.2.3 Zweilagenkonzept**

Auch im Bereich der Blattbildungszone der Papiermaschine hat sich die Papier- und Kartonfabrik Varel Abweichungen vom Standardkonzept weiß gedeckter Sorten zugetraut, die möglicherweise im Sinne des Demonstrationsvorhabens wegweisend sein werden für die Gestaltung neuer Produktionsanlagen für weiße Testliner. Es wurde ganz bewusst auf ein drittes Sieb verzichtet. Diese Entscheidung erfolgte insbesondere im Hinblick auf den energetischen Vorteil, der sich dadurch ergibt, dass die Antriebsleistung einer Zweilagen-Siebpattie deutlich geringer ist, als die eines Dreilagenkonzepts, auch wenn hierzu die Entwässerungsleistung des Rückensiebs durch den Aufsatz eines Hybridformers zu erhöhen war. Neben der Verringerung der Antriebsleistung wird auf den Konstantteil einer dritten Lage verzichtet. Das erhöht den Einspareffekt weiter deutlich, da die Siebwasseraufbereitung des dritten Siebs und die Drucksortierer einschließlich Mischpumpen einer kompletten Lage entfallen.

Die Entscheidung zur Energieeinsparung wird, zunächst anfangs, durch erhöhten Aufwand in der Rohstoffbereitstellung zur Kompensation von Weißgradverlusten erkaufte. Üblicherweise wird die dritte Lage eingesetzt, um als sogenannte Schonschicht zwischen weißer Deckenlage und brauner Grundsicht unter dem Einsatz heller, aber nicht weißer Altpapiersorten zu fungieren. Die teuersten Rohstoffe, die weißen Altpapiere, können also in geringerer Menge eingesetzt werden. Varel muss jedoch das Durchscheinen der braunen Grundsicht durch eine stärkere Decke verhindern. In einem späteren zweiten Ausbauschritt wird die Papier- und Kartonfabrik Varel die Weißgradverluste durch einen Pigmentauftrag in der Filmpresse kompensieren. Hier spielt natürlich einerseits die Erfahrung mit dem Online-Streichen der Kartonsorten der KM3 eine wichtige Rolle. Andererseits führten auch Versuche an der Filmpresse der PM5 zum gewünschten Erfolg.

Durch den Verzicht auf die Schonschicht wird von einer Energieeinsparung von 4.000 MWh<sub>el</sub>/a ausgegangen. Die Verfahrenskombination Zweilagensieb und Pigmentauftrag in der Filmpresse sind bislang einmalig.

Zusätzlich greift die Papier- und Kartonfabrik Varel als erster „brauner“ Papierhersteller auf ein ganz neuartiges Verdünnungswasserkonzept zurück, welches durch Reduzierungen des Druckverlusts im Stoffauflauf um 0,3 bar bei der dort üblicherweise hohen hydraulischen Beaufschlagung erneut zu Stromeinsparungen von 295 MWh/a führen wird. Diese Innovation, welche beim Stoffauflauf der Grundschrift eingesetzt wird, ist zwar nicht die Entwicklung der Papier- und Kartonfabrik Varel. Allerdings geht es auf die Initiative des technischen Führungsstabs der Fabrik zurück, dass sich der Hersteller dieser Maschinenkomponente überhaupt damit auf den Sektor der Verpackungspapiere begibt.



**Abbildung 8: Zweilagen-Siebpattie PM4**

#### **2.2.4 Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit**

Das aus Sicht von Umweltverträglichkeit hervorragende Konzept der Ausstattung von Papiermaschine und Konstantteil wurde mit Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit abgerundet. Das Ziel war eine Steigerung um 3 %. Bei Abrissen der Papierbahn ist der

Dampfbedarf einer Papiermaschine nicht Null, sondern sinkt nur auf etwa ein Drittel der Dampfmenge, welche bei ungestörter Papiertrocknung verbraucht wird. Die Vermeidung von Abrissen reduziert die ungenutzte Dampfmenge, was aus Kostengründen, aber auch zugunsten des Umweltschutzes nur Sinn macht. Das Einsparpotential thermischer Energie wurde mit knapp 1.900 MWh<sub>th</sub>/a beziffert.

Während eines Abrisses arbeitet der Konstantteil weiter, die Antriebe meist der gesamten Papiermaschine laufen mit unveränderter Maschinengeschwindigkeit weiter. Zusätzlich muss Energie zur Auflösung der Papierbahn in einem der Untermaschinenpulper aufgewandt werden. Das Stromeinsparpotential durch die Erhöhung der Verfügbarkeit um 3% liegt demnach bei knapp 2.400 MWh<sub>el</sub>/a.

Das Ziel der Verfügbarkeitserhöhung wurde durch folgend aufgelistete Einzelmaßnahmen verfolgt:

- Engschlitzsortierung mit Rezirkulierung
- Keramikwalzenbezug 2. Pressnip
- Zugfreie Bahnführung Pressenpartie
- Hochvakuum-Saugkästen
- Einreihige Trockenpartie mit gebohrten Siebleitwalzen
- Umbau auf ausschließlich innen liegende Leitwalzen
- Trockensiebreinigung
- Filmpressen-Stärkepräparation
- Umbau Poperoller auf größere Tambourdurchmesser

Die Engschlitzsortierung ist bereits beschrieben worden (siehe 2.2.2). Die Hochvakuum-saugkästen sind Maßnahmen, welche helfen, die Papierbahn durch die Reduzierung der Bahnspannung schonender durch die Trockenpartie zu führen. Dadurch finden messbar weniger Randbeschädigungen statt, was Abrisse vermeiden hilft. Bei Maschinen mit Geschwindigkeiten über 1.200 m/min haben sich die Hochvakuum-saugkästen nachweislich als verfügbarkeitserhöhend erwiesen. Die Papier- und Kartonfabrik Varel hat aber den Hersteller dazu motiviert, diese auch bei der angestrebten Maschinengeschwindigkeit von 1.000 m/min einzusetzen.

Voraussetzung für den Einsatz der Hochvakuum-Saugkästen ist die Verwendung gebohrter Siebleitwalzen. Auch hier ist festzustellen, dass diese bislang keine Anwendung im angestrebten Flächengewichtsbereich fanden, sondern nur bei leichtgewichtigeren Sorten. Die Initiative zum Einsatz der Hochvakuum-Saugkästen sowie der gebohrten Siebleitwalzen ging auch hier wieder von den Technologen der Papier- und Kartonfabrik Varel aus.

Weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit sind der angestrebte hohe Trockengehalt an der Filmpresse und die angestrebte Filmpresse an für sich, wie unter dem nächsten Punkt (2.2.5) ausgeführt wird.

Auch der Poperoller, also der Rollapparat am Ende der Papiermaschine, hat sich im weiteren Projektverlauf geändert. War zur Antragsstellung noch im Gespräch, den alten Aufroller nach Umbau der PM4 weiter zu betreiben, so hat sich das Planungsteam später entschieden, die alte Anlage gegen einen komplett neuen Poperoller auszutauschen. Dadurch wurde ermöglicht, den max. Durchmesser der aufgewickelten Papierrollen (Volltamboure) von 3,10 m auf 3,60 m zu erhöhen, wodurch sich der Zeitraum des Aufwickelns verlängert, was dem nachfolgenden Umrollprozess auf die jeweiligen Bestellmaße des Fertigprodukts mehr Spielraum gibt. Dies ist gerade dann essentiell, wenn das Rollenschneiden aus Qualitätsgründen schwierig und mit häufigen Abrissen verbunden ist. Gerade dann sind die Wickelkerne (Leertamboure) länger nicht verfügbar, obgleich sie möglicherweise schon beim Aufrollapparat bereit liegen sollten. Im schlimmsten Falle muss eine Papiermaschine auch mal aufgrund Tambourmangels abgestellt werden. Die Maßnahme ist also auch für die Verfügbarkeitssteigerung der PM4 von Bedeutung.

Um die größeren Volltamboure in der Rollenschneidmaschine (Umroller) abrollen zu können, war auch die Abrollstation des Rollenschneiders an den größeren Abrolldurchmesser anzupassen.

#### **2.2.5 Filmpresse**

Das Herzstück des innovativen Gesamtkonzeptes ist die neue Filmpresse, die wie im Fördermittelantrag angekündigt, über Presswalzen mit einem Durchmesser von 1.600 mm verfügt. Der Pressnip, der im Vergleich zu Walzen kleinerer Durchmesser relativ länger ist, ermöglicht den Stärkeauftrag mit außerordentlich hohem Feststoffgehalt der Stärkeflotte. Die Filmpresse sollte mit einer Stärkekonsistenz von bis zu 16 % beaufschlagt werden. Oberhalb eines Flächengewichts von 140 g/m<sup>2</sup> sind bislang einzig Leimpresen im Einsatz, die bauartbedingt bei einer Stärkekonsistenz von 6 – 10 % betrieben werden.

Die Vorteile mit Umweltrelevanz liegen auf der Hand: Durch das Auftragen der Stärke in hoher Konsistenz wird deutlich weniger Wasser auf die Papierbahn aufgetragen. Folglich muss in der Nachtrockenpartie wesentlich weniger Wasser verdampft werden. Die Einsparung thermischer Energie ist beachtlich.

Dadurch sollte die Papier- und Kartonfabrik Varel einen im Branchenumfeld beispiellos niedrigen spezifischen Dampfeinsatz in der Trockenpartie von ca. 1,4 t/t Bruttoproduktion erzielen, was bei gleichbleibender Produktionsmenge aufgrund von Heizdampfreaktion zu einer geplanten Einsparung von 55.000 MWh<sub>th</sub>/a führen soll.

Die Hochkonsistenzflotte ist einmalig im hohen Flächengewichtsbereich. Bei leichtgewichtigeren Sorten wird bereits mit ähnlichen Konzentrationen gearbeitet.

An der PM5 konnten zahlreiche Testreihen mit unterschiedlichen Stärkekonsistenzen durchgeführt werden. Es zeigte sich, dass es möglich war, höhergewichtige Testliner mit ausreichenden Festigkeitswerten mit hohen Stärkekonsistenzen herzustellen. Dies hat dazu

geführt, die Investition an der PM4 nur mit einer Filmpresse anstatt einer Leimpresse oder einer Anlage mit Kombifahrweise zu gestalten. Die Konstellation aus PM4 und PM5 ist für den Innovationsschritt von wesentlicher Bedeutung, denn andere Hersteller haben nicht die Möglichkeit, eine so richtungsweisende und kostspielige Entscheidung durch Versuche an einer Schwestermaschine abzusichern.

Neben der wesentlichen Einsparung an Heizleistung kann auch auf eine 3. Nachtrockengruppe verzichtet werden. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion der Antriebsleistung. Es werden 188 kW eingespart.



**Abbildung 9: Filmpresse**

#### **2.2.6 Stahlzylinder**

Mit der Investition verfolgte die Papier- und Kartonfabrik Varel auch das Ziel, die Wirtschaftlichkeit durch die Ausschöpfung der genehmigungsrechtlich zugestandenen Produktionskapazität von 1.008 t/d auf ein vernünftiges Maß zu erhöhen. Eine Produktionssteigerung erfordert eine höhere Trockenleistung. Diese ist im Wesentlichen charakterisiert durch den Wärmetransport von beheizten Oberflächen auf die Papierbahn.

Der Wärmetransport ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Austauschfläche, dem Temperaturgradienten und dem Übertragungskoeffizienten (Wärmedurchgangszahl  $k$ ). Letzterer ist abhängig vom Wärmeübergang vom Dampf auf die Wand des Trockenzylinders, dem Wärmedurchgang und dem Wärmeübergang vom Zylinder auf die Papierbahn. Während die beiden Wärmeübergänge bereits relativ stark ausgereizt sind, kann noch am Wärmedurchgang gearbeitet werden, was insbesondere durch eine Verringerung der Wandstärke erreicht wird.

Nun lässt sich an den bisher eingesetzten Gusszylindern mit den an der PM4 vorliegenden Parametern wie Maschinengeschwindigkeit, Dampfdruck und Zylindergeometrie kaum noch etwas an der Materialstärke verändern. Wenn allerdings die Entscheidung zum Materialwechsel hin zu geschweißten Stahlmantelzylindern geht, werden entscheidende Verbesserungen der Wärmedurchgangszahl erzielt.

Im Verpackungspapierbereich wurde dies bislang noch von keinem Unternehmen gewagt. Das mag am etwa 20% höheren Preis liegen und der etwas höheren Oberflächenrauigkeit, was sich auf die Qualität des Papiers auswirken kann. Außerdem neigen Stahlzylinder eher zur Korrosion, was Folgekosten erzeugt, da die Zylindermäntel von Zeit zu Zeit nachpoliert werden müssen. Die Papier- und Kartonfabrik Varel hat 32 Stahlzylinder mit 20 mm Wandstärke bei gleichbleibender Geometrie und sogar leicht erhöhter Maschinengeschwindigkeit eingesetzt und damit Gusszylinder mit 25 mm Wandstärke substituiert. Dies ermöglicht bei gleichbleibender Länge der Trockenpartie eine Geschwindigkeitserhöhung.

Dank dieser Entscheidung und in Kombination mit der neuartigen Filmpresse wird das Vorhaben überhaupt finanzierbar, denn es wird am Ende der Anlaufkurve eine Kapazitätserhöhung von ca. 30 % erwartet, ohne dass die Trockenpartie zu verlängern ist.

#### **2.2.7 Dampfturbine**

Die hohe Konsistenz der Stärkeflotte bewirkt eine Verschiebung des Energiebedarfs der Papiermaschine 4 hin zu mehr Strom. Es wird bei gleicher Kapazität weniger Dampf benötigt, aber der Strombedarf bleibt gleich. Oder bei Ausnutzung des vorhandenen Dampfangebots erfolgt eine Erhöhung des Strombedarfs. Diese Verschiebung der Stromkennzahl der Papiermaschine musste das Kraftwerk nachvollziehen. Aus diesem Grund wurde ohne Veränderung der Dampfgenerierung die Stromausbeute erhöht, in dem eine neue Dampfturbine zu installieren war, die nicht nur vorhandene alte Turbinen mit schlechterem Wirkungsgrad ersetzt, sondern zusätzliches vorhandenes Potential der Dampfgewinnung noch besser ausschöpft.

Konkret bedeutet dies, dass eine neue Dampfturbine 9 (DT9) zwei alte Anlagen (DT1 und DT2) aus dem Verkehr zieht. Im direkten Vergleich der Wirkungsgrade der Dampfturbinen bedeutet dies eine Wirkungsgraderhöhung über die Kapazitäten der DT 1 und 2 um 25 %. Der Wirkungsgrad aller nach der Maßnahme laufenden Dampfturbinen am Standort erhöht sich immer noch um stolze 5%. Auf das Kesselhaus gerechnet ergibt sich eine Wirkungsgraderhöhung um immerhin 1%. Der GuD-Prozess hat in Summe einen Wirkungsgrad auf den eingesetzten Brennstoff (Erdgas) bezogen von > 90 %.

### **2.2.8 Frischwasseraufbereitung**

Die vor dem Umbau der PM4 zulässige Frischwasserentnahmemenge lag bei 2.800.000 m<sup>3</sup>/a. Hiervon wurden in der Vergangenheit recht konstant etwa 2.400.000 m<sup>3</sup>/a genutzt. Allerdings wird es im neuen Stoffaufbereitungsstrang der weißen Sorten zukünftig sinnvoll sein, bereits deinkten und eingedickten Stoff statt mit Siebwasser mit Frischwasser zum Weitertransport an die Papiermaschine zu verdünnen, um Weißgradverluste zu minimieren. Eine Erhöhung der Frischwassermenge ist aber insbesondere notwendig, um die Siebwasser- verluste für den Deckenstrang bei weiß gedeckter Produktion auszugleichen. Denn bei der Produktion von rein braunen Produkten kann bis zur Vergautschung der Decke mit der Rückenlage das bis dahin anfallende Siebwasser komplett in den Konstantteil der Decke zurückgeführt werden. Das ist die Menge Wasser, die bei der Eindickung von knapp 1% auf bis zu 20% Stoffdichte anfällt. Bei den weißen Produkten reicht jedoch dieser im Deckenstrang wiederverwertbare Anteil nur bis zu einer Stoffdichte von etwa 12%. Die restliche Menge ist bereits aus konstruktiven Gründen mit Siebwasser der braunen Rückenlage vermengt, so dass ein unerwünschter Farbeintrag die Weiße der Decke negativ beeinflussen würde. Die Differenz ist zum Ausgleich der Bilanz des Konstantteils der Deckenlage nur durch Frischwasser auszugleichen, was in etwa einer Menge von 140 m<sup>3</sup>/h entspricht. Diese Differenz muss mit Frischwasser ergänzt werden um die Papiermaschine optimal betreiben zu können. Daher ist geplant, den Frischwasserbezug zu erhöhen, um das Potential der neuen PM4 voll ausschöpfen zu können. Die Erhöhung der Frischwassermenge wird auch zwangsläufig zu einer Erhöhung der Abwassereinleitmenge führen. Der Papier- und Kartonfabrik Varel wurde dazu eine entsprechende Änderung der Erlaubnis zur Einleitung von gereinigtem Abwasser aus der werkseigenen Prozess- und Abwasserwasserbehandlungs- anlage in den Jadebusen von 2,8 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser pro Jahr bewilligt. Die Bewilligung der Erhöhung der Frischwassermenge auf 4,5 Mio. m<sup>3</sup>/a wurde rechtzeitig beantragt.

Der Frischwasserbedarf der Papier- und Kartonfabrik Varel wird bereits über eine groß- flächige Brunnenfassungsanlage gedeckt, die zur Erhöhung der Frischwassermenge auszu- bauen ist.

Bevor das geförderte Wasser verwendet werden kann, müssen gelöstes Eisen mit einem Anteil von > 10 mg/l und Mangan mit einem Anteil von > 1 mg/l entfernt werden. Mit Inbetriebnahme der umgebauten PM4 ist der Frischwasserbedarf gestiegen. Die bestehende Kiesfilteranlage war für den Bedarf, in Bezug auf Menge und Qualität, nicht ausgelegt, so dass die Entscheidung zwischen der Erweiterung der bestehenden Anlage und einer Neu- anlage anstand.

In Zusammenarbeit mit einem Lieferanten wurde in einem mehrmonatigen Versuch ein neues Aufbereitungskonzept zur Behandlung des Brunnenwassers erarbeitet. Aufgrund der guten Ergebnisse fiel die Entscheidung für die umweltfreundliche Kombination einer Luft- sauerstoffoxidation und Ozonisierung mit einer nachgeschalteten Mikrofiltration.

In der ersten Stufe, der Voroxidation, wird das Brunnenwasser zuerst mit Luftsauerstoff in Kontakt gebracht, welches zur Fällung des gelösten Eisens führt. In der Voroxidation

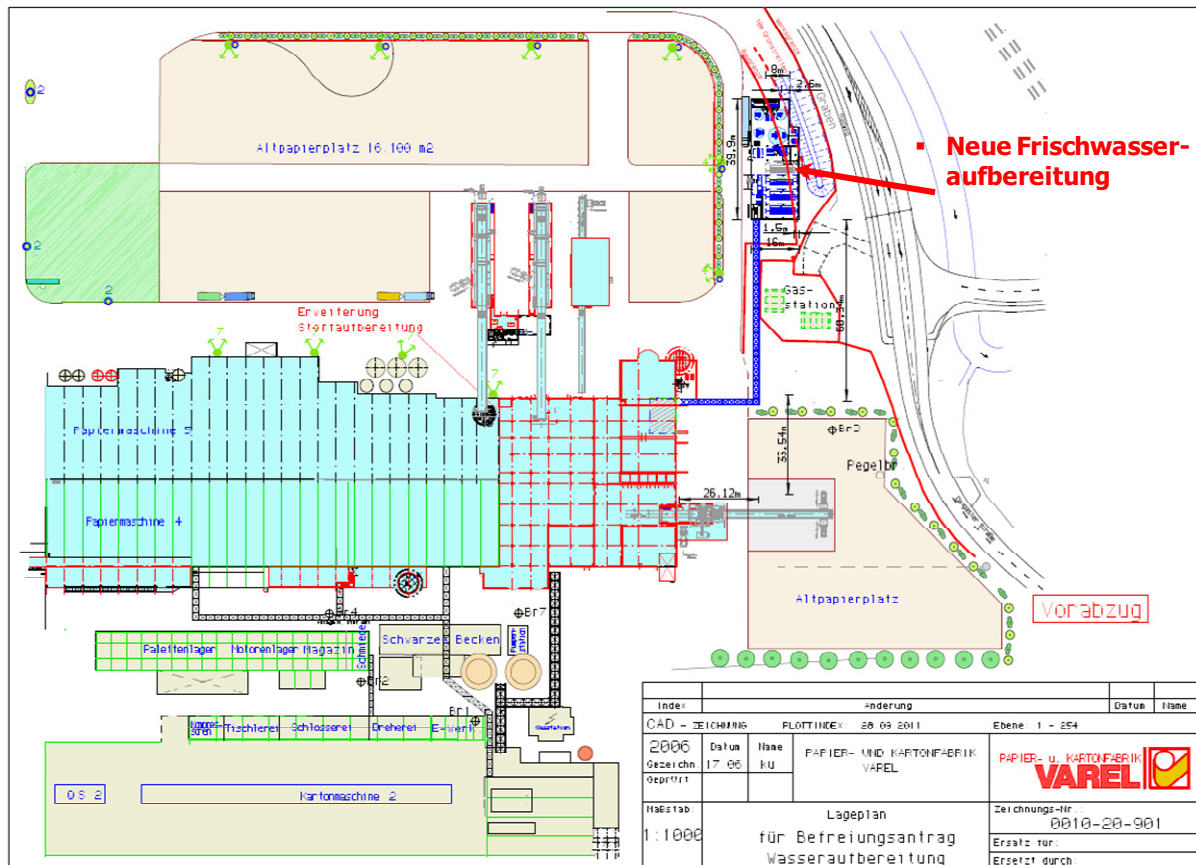
kommen spezielle Kunststofffüllkörper zur Anwendung, welche die Kontaktzeit und Kontaktfläche des zu behandelnden Wassers maximieren.

In der zweiten Stufe, der Hauptoxidation, wird die Restmenge an gelösten Eisen und Mangan mit Hilfe von Ozon zur Fällung gebracht. Ozon ist eines der stärksten, technisch herstellbaren, Oxidationsmittel. Der besondere Vorteil liegt in der umweltfreundlichen Wirkung und stellt eine Alternative zur Oxidation mit Chlorverbindungen dar. Das Ozon reagiert sehr schnell mit organischen und anorganischen Verbindungen und wird durch diesen Oxidationsprozess in der Regel vollständig aufgezehrt und zerfällt wieder zu Sauerstoff.

In der dritten Stufe, der Mikrofiltration, wird das nun vollständig behandelte Brunnenwasser auf die patentierten Membranfiltermodule der Firma Pall vom Typ Microza™ gefahren. Die oxidierten Stoffe werden durch die Membrane abgefiltert, welche durch regelmäßige Spülzyklen mit Frischwasser wieder abgereinigt werden. Der Rückspülwasseranteil beträgt nur ca. 1% der Gesamtdurchsatzmenge der Wasseraufbereitung und wird der betriebseigenen Prozesswasserbehandlungsanlage zugeführt. Im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen mit Kiesfiltertechnik entspricht dies einer Einsparung an Rückspülwasser von bis zu 90%. Das Filtrat erfüllt nach der Behandlung weitgehend die Anforderungen der Trinkwasserverordnung.

Die neue Frischwasseraufbereitung mit einer geplanten Durchsatzmenge von 700 m<sup>3</sup>/h, fügt sich insbesondere aus ökologischer Sicht hervorragend in das Bild der Papier- und Kartonfabrik Varel ein.

Die Lage der neuen Frischwasseraufbereitung ist folgender Abbildung 10 zu entnehmen



**Abbildung 10: Lage der neuen Frischwasseraufbereitung**

### 2.2.9 Biowasserentfärbung

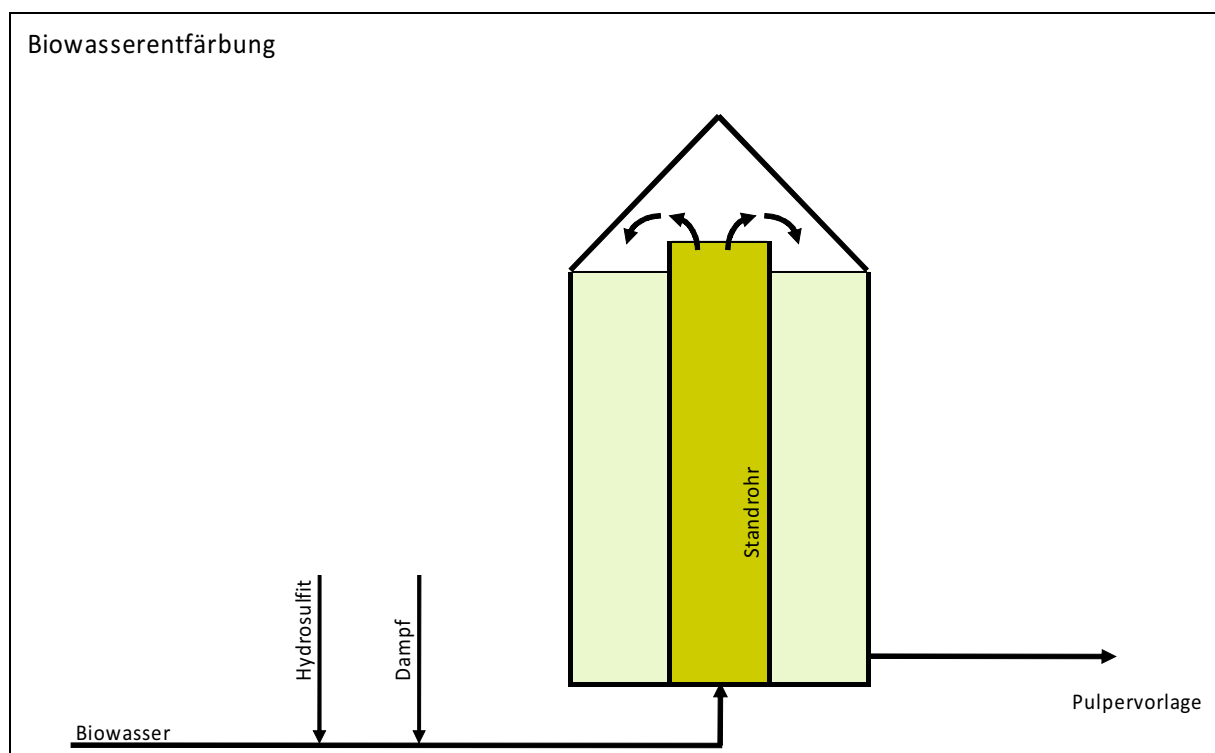
Es ist weiter anzuführen, dass als weitere Innovation im Strang der weißen Sorten biologisch gereinigtes Produktionswasser zum Einsatz kommt. Hier ist zunächst noch darauf zu verweisen, dass die Papier- und Kartonfabrik Varel im Vergleich mit anderen Herstellern brauner Verpackungspapiere bereits heute eine Vorbildfunktion hinsichtlich Wassereinsparung einnimmt. Pro Tonne Produkt gingen von den beiden Papiermaschinen des BT2 nur 1,3 m³/t Abwasser zum Vorfluter.

Die Implementierung eines weißen Stranges kann nach der Philosophie der Papier- und Kartonfabrik Varel nicht zu Lasten der wassersparenden Fahrweise erfolgen, weshalb die starke Nutzung von biologisch gereinigtem Produktionswasser auf den weißen Strang übertragen wird. Hierbei ist jedoch die für biologisch behandeltes Wasser typische bräunliche Färbung durchaus ein Qualitätshemmnis, welches sich in Weißgradverlusten und Häufung von Schmutzpunkten messen lässt. Daher ist die Papier- und Kartonfabrik Varel auf die Idee gekommen, zur Stoffbleiche bereits sog. „Bioreinwasser“ einzusetzen. Aufgrund der Einmaligkeit dieser Idee wurden gemeinsam mit möglichen Lieferanten erfolgreich Versuche

durchgeführt. Daher wird im Investitionsvorhaben der Multiproduktanlage Frischwasser auch im weißen Strang (Linie 3) durch Bioreinwasser substituiert. Bioreinwasser ist das biologisch vollständig gereinigte Produktionsüberschusswasser.

Das Bioreinwasser wird hierzu konditioniert, bzw. entfärbt. Hierfür hat die Papier- und Kartonfabrik Varel in monatelangen Labor- und Betriebsversuchen untersucht, welches Verfahren sich hierfür am besten eignet. Aus verschiedenen Verfahren wurde ein Prozess ausgewählt, bei welchem das Klarwasser der Prozesswasserbehandlungsanlage mit einer Natriumdithionit-Lösung (= Hydrosulfit) versetzt wird. Das Rückwasser wird dazu mit Prozessdampf erhitzt und in einen Biowasserbehälter gefördert. Dieser verfügt über ein innenliegendes Standrohr zum Einhalten einer definierten Verweilzeit, welches von unten nach oben durchströmt wird. Oben angekommen läuft das Standrohr über in den äußeren Behälterbereich, wodurch das innenliegende Standrohr immer ausreichend temperiert bleibt. Anschließend wird die Pulpervorlage mit dem entfärbten Biowasser bepumpt. Der Prozess ist in Abbildung 11 als Blockdiagramm verdeutlicht.

Das entfärbte Bioreinwasser soll im Pulper zur Stoffauflösung eingesetzt werden und hierbei ca. 50% des Prozesswassers ersetzen. Bei geplanten 2 Chargen pro Stunde und dem Auflöservolumen von 60 m<sup>3</sup> sowie einem geplanten Produktionsanteil von bis zu 50% werden auf diese Weise 127.500 m<sup>3</sup> Frischwasser eingespart. Derzeit werden 30 m<sup>3</sup>/h Bioreinwasser entfärbt. Die Papier- und Kartonfabrik Varel verfolgt mittelfristig das Ziel, den Wert zu verdoppeln, was zu einer Einsparung von ca. 250.000 m<sup>3</sup> jährlich führen wird.



**Abbildung 11: Biowasserentfärbung**

## **2.3 Zusätzliche Maßnahmen**

Die Papier- und Kartonfabrik Varel hat im Projektverlauf die Planung ständig an neue Erkenntnisse angepasst. Die Veränderungen sind aus technischer Sicht gut begründet und nachvollziehbar. In den meisten Fällen, die erst nach Abgabe des Förderantrags entschieden wurden, handelt es sich um Entscheidungen, die nicht nur wirtschaftlicher Natur sind, sondern Umweltrelevanz haben. Das betrifft nicht nur die soeben beschriebene neue Frischwasseraufbereitung, die aufgrund der geringen Rückspülmengen umweltfreundlich ist. Die wichtigsten weiteren Entscheidungen sind hier im Folgenden beschrieben.

### **2.3.1 Umbau Kompressorenstation**

Nachträglich wurde im Projekt aufgenommen, die Druckluftversorgung der Produktion mit einer modernen Anlage und neuartigen Regelstrategie auszustatten, die den Energiebedarf der Kompressorstationen deutlich minimiert hat.

Die Papiermaschinen PM4 und PM5 benötigen zwei unterschiedliche Versorgungsstränge. Der erste ist die Blasluft, die in großen Mengen nach einem Papierabriss als Aufführluft benötigt wird. Dieser Bedarf stellt sich schlagartig aber nur sporadisch ein. Die Anforderungen an den Entfeuchtungsgrad sind hier gering. Der zweite Teil ist die Arbeits-, bzw. Steuerluft für alle pneumatischen Bauteile. Dieser Druckluftbedarf ist auch schwankend, wird aber kontinuierlich benötigt. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen wird die Druckluft in zwei separaten Netzen erzeugt und verteilt.

Im ersten Schritt erfolgte die Zusammenlegung der Arbeitsluftverdichter an einem zentralen Standort. Alle Verdichter wurden mit einer übergeordneten Steuerung verbunden. Diese arbeitet verbrauchsabhängig und sorgt für ein optimales Zusammenspiel von unregelmäßig und frequenzgeregelten Verdichtern. Die Papiermaschinen können somit bei geringstem Betriebsdruck sehr wirtschaftlich und betriebssicher mit Druckluft versorgt werden.

Der zweite Schritt bezog sich auf die Druckluftentfeuchtung. Hier erfolgte die Umstellung von der Kältetrocknung auf die Adsorptionstrocknung durch einen warmregenerierten Adsorptionstrockner. Der garantierte Taupunkt von -20 °C war nötig um die gestiegenen Qualitätsanforderungen der Stellungsregler zu erfüllen. Die Reparaturkosten bei den Reglern verringern sich damit. Eine Besonderheit des Trockners ist die Regeneration durch Dampf. Im Vergleich zur Elektroheizung arbeitet die Dampfregeneration wesentlich günstiger. Durch die Vorschaltung von Kältetrocknern wurde die Dimensionierung der Adsorptionstrockner positiv beeinflusst und die Investitionskosten verringert.

Eine Besonderheit stellt das Blasluftsystem dar. Hier wurde in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten ein spezielles Druckluftherzeugungs- und Speichersystem entwickelt. Die enormen Druckluftmengen beim Aufführen der Papierbahn werden mit verhältnismäßig kleinen

Verdichtern sicher zur Verfügung gestellt. Dieses Verfahren optimiert Investitions- und Betriebskosten auf Basis von Energieeinsparungen.

### **2.3.2 Motoren höchster Effizienzklassen**

Wie bereits im Zwischenbericht zum 31.12.2011 vorgestellt, wurden sämtliche neue Motoren mit der höchsten verfügbaren Effizienzkategorie bestellt.

### **2.3.3 Mehrmotorenantrieb Direktgetriebe**

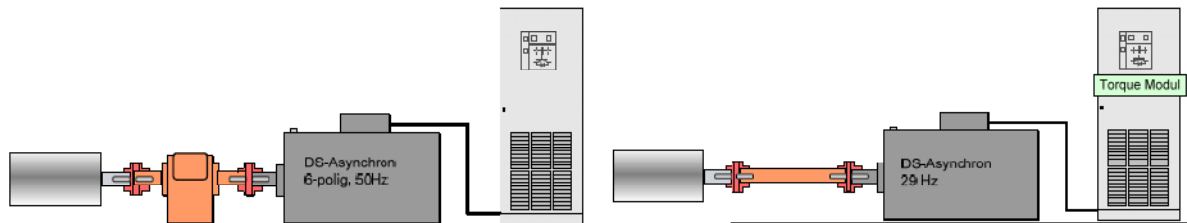
Ebenso erwähnenswert ist die getriebelose Ausführung des Mehrmotorenantriebs mit Asynchronmotoren, die laut Lieferant alleine 1,5 Mio. kWh Strom pro Jahr einspart.

Die bei getriebelosen Papiermaschinen an der Motorwelle abzugebenden hohen Drehmomente bei gleichzeitig niedrigen Drehzahlen werden häufig durch den Einsatz hochpoliger Synchronmaschinen erreicht. Aus einer Reihe von Gründen entschied sich die Papier- und Kartonfabrik Varel jedoch gegen den Einsatz von Synchronmotoren zugunsten einer getriebelosen Lösung mit Asynchron-Normmotoren in 29 Hz Ausführung. Die Nenndrehzahlen dieser Motoren liegen bei 430 U/min, die Nennmomente erreichen bei der PM 4 20.000 Nm.

Sowohl Synchronmaschinen als auch Asynchronmotoren haben einen drehbaren Anker, um den ein magnetisches Drehfeld aufgebaut wird. Beim Synchronmotor hat der Anker selbst ein statisches, festes Magnetfeld, entweder ein Permanentmagnet oder eine von Gleichstrom durchflossene Wicklung. Dieser Magnet wird vom Drehfeld "mitgerissen" und dreht sich dann exakt mit der Drehzahl des Drehfelds.

Beim Asynchronmotor ist der Anker ein Metallkäfig ohne weiteren elektrischen Anschluss und ohne Magnetfeld. Dieser Käfig wird vom rotierenden Magnetfeld erfasst. In seinen Stäben entsteht dadurch ein Strom. Dieser Strom erzeugt nun wiederum ein Magnetfeld, welche den Läufer ins Rotieren bringt. Diese Kraft ist stärker, je höher die Drehzahldifferenz zwischen Läufer und umgebenden Drehfeld ist. Dabei bewirkt Reibung, dass sich der Läufer ein wenig langsamer, also asynchron dreht als das Drehfeld.

Der Einsatz von Asynchronmotoren als Papiermaschinenantrieb ist als solches nichts Ungewöhnliches. Neuartig ist aber die getriebelose Ausführung, siehe Abbildung 12. Durch den Wegfall von Reibungsverlusten werden dauerhaft 3% der Antriebsleistung eingespart, was zu o.g. Leistungseinsparung aufsummiert.



**Abbildung 12: Asynchronantrieb mit und ohne Getriebe**

Weitere Vorzüge der gewählten Lösung für Papier- und Kartonfabrik Varel sind folgende:

- Vorteilhafte Ersatzteilhaltung, da zum großen Teil gleiche Motortypen wie an der PM 5
- Motoren haben Normausführung
- Asynchronmotoren können, im Gegensatz zu Synchronmotoren, von jedem qualifiziertem Motorenbauer in lokaler Umgebung repariert werden
- Betriebsverhalten der Asynchronmaschinen für Instandhaltungspersonal bekannt
- Preisvorteil, insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Preisentwicklung bei seltenen Erden
- Sehr robust, da mechanisch überdimensioniert

Die bisherigen positiven Betriebserfahrungen der PM 4 mit dem gewählten Antriebskonzept zeigen sehr deutlich, dass damit eine optimale Abstimmung von Papiermaschine und Antrieb erreicht wurde.

#### **2.3.4 Nachklärbecken 3 und neue Abwasserleitung**

Aufgrund der größeren Hydraulik war ein ungenutztes ehemaliges Belebungsbecken (ehem. BB1) zur dritten Längskläreinheit zur Feststoffabtrennung umzubauen.

Die Papier- und Kartonfabrik Varel ist sich als Einleiter von Abwasser direkt in den Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“ der damit verbundenen Verantwortung bewusst und sorgt für eine vorbildliche Prozess- und Abwasserbehandlung bei stark minimiertem Frischwassereinsatz durch die Rückführung biologisch vollgereinigten Wassers in den Produktionskreislauf. Im Rahmen der Erweiterung des Produktportfolios um weiß gedeckte Testlinersorten war jedoch aus Qualitätsgründen die Frisch- und damit auch die Abwassermenge zu steigern. Dabei stellte die seit den 60er Jahren bestehende, 7 km lange Abwasserleitung einen hydraulischen Engpass dar. Die Abwasserleitung wurde im Watt durch redundante Leitungen mit größerem Durchmesser ersetzt.

Zunächst musste gemeinsam mit der Nationalparkverwaltung und einem Fachgutachter für Gewässerkunde ein neuer Standort für ein Auslaufbauwerk gefunden werden, da die bisherige Ableitstelle, ca. 3,5 km von der Küste entfernt, in einem Bereich lag, der bei

Niedrigwassertide trocken fiel, was für die angrenzenden Bereiche aufgrund des zeitweisen Wärmeeintrags unvorteilhaft war. Die neue Einleitstelle sollte an einem dauerhaft wasserführenden Priel liegen. Am Ende stand ein Standort am Vareler Tief, ca. 2 km vor dem Vareler Hafen fest. Die Bauarbeiten wurden im Sommer 2011 durchgeführt.



**Abbildung 13: Nachkläre 3**

### **2.3.5 Hocheffiziente Kältemaschinentechnik**

Für die Kühlung sensibler Prozesstechnik wird ganzjährig Kühlwasser mit einer Vorlauftemperatur von ca. 12 °C benötigt. Zur Erzeugung von Kühlwasser mit dieser relativ niedrigen Temperatur müssen elektrisch angetriebene Kältemaschinen eingesetzt werden. Der Energieaufwand für solche Anlagen ist jedoch bei Einsatz herkömmlicher Technik ganz erheblich.

Aus diesem Grund hat die Papier- und Kartonfabrik Varel beim Umbau der PM 4 eine neue, besonders energieeffiziente Kühlenergieversorgung für den Bereich Prozesskühlung

installiert. Im konkreten Fall werden wassergekühlte Maschinen verwendet, um eine möglichst niedrige Verflüssigertemperatur zu realisieren, die Voraussetzung für einen hohen Wirkungsgrad ist. Die Rückkühlung des Kreislaufwassers, das über die Verflüssiger geführt wird, erfolgt über außen aufgestellte, frostsichere Freikühler. Mit dieser Anlagenkonfiguration lässt sich in 98 % der Jahresbetriebsstunden ein Effizienzgrad der Kältemaschinen von mindestens 6,1 realisieren. Dieser Effizienzgrad steht für das Verhältnis von erzeugter Kälteleistung zu dem Elektroenergieeinsatz.

Obwohl der Kältemaschinenbetrieb aus energetischer Sicht durch diese Ausführungsvariante bereits optimiert wurde, wollte die Papier- und Kartonfabrik Varel den verbleibenden Energieaufwand durch zusätzliche Maßnahmen reduzieren. Es sollte erreicht werden, dass sich der Kältemaschinenbetrieb weitestgehend auf die Sommermonate und einen kurzen Zeitraum in der Übergangszeit beschränkt. Das Kältemaschinensystem wurde dazu mit einer so genannten Winterentlastung ausgerüstet. Sobald sich mit der Außenluft die geforderte Kühlwassertemperatur über die vorhandenen Freikühler bereitstellen lässt, werden die Kältemaschinen einfach abgestellt. Dadurch wird über ca. 60 % der Betriebszeit auf den Einsatz der Maschinen verzichtet. Das spart weiter Energie ein.

Das dazugehörige Energiemanagement übernimmt ein beim Hersteller ONI entwickeltes dynamisches Regelsystem mit energieoptimierender Systemsoftware. Damit wird zu jeder Zeit sichergestellt, dass die Kälteerzeugung mit einem möglichst niedrigen Energieaufwand betrieben wird.

## **2.4 Umsetzung des Vorhabens**

Die Papier- und Kartonfabrik Varel hat bereits in 2004 ein millionenschweres Investitionsprojekt gestemmt. Da die Fabrik über eine niedrige Personalfuktuation verfügt, blieb der Erfahrungsschatz im Umgang mit Großprojekten glücklicherweise weitgehend erhalten. Insbesondere in der Führungsriege gab es seitdem kaum personelle Veränderungen. Somit war man von dieser Seite her bereits bestens ausgerüstet.

Außerdem baut man in Varel auf langjährige Lieferantenbindung, weshalb man bei Zufriedenheit die jeweiligen Zulieferer gerne wieder in Nachfolgeprojekte einbindet. Besonders hervorzuheben ist die Einbindung von hochkarätigen Planungskapazitäten, die Varel über die eigenen Erfahrungen hinaus mit Know-how unterstützen und wichtige Beiträge zum aktuellen Stand der Technik leisten können.

Dementsprechend konnte das Projekt des Umbaus der PM4 zielgerichtet wie folgt aufgebaut werden:

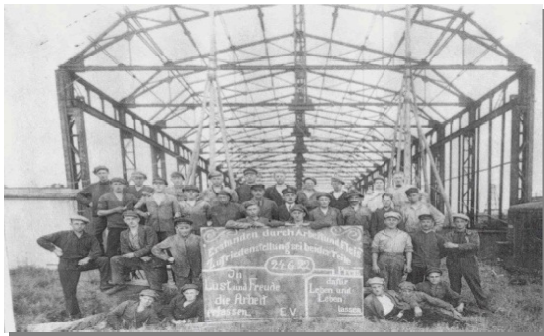
Phase 1: Ideenfindung  
Basierend auf der genauen Analyse von Marktbewegungen und der Beobachtung von Veränderungen der Kundenanforderungen seitens der Verkaufsleitung wurde zwischen 2008 und 2009 die Idee zum Umbau der PM4

ausgearbeitet. Zur Kosten-Nutzen-Rechnung wurde durch eine interne Projektgruppe unter Mitwirkung der Geschäftsführung ein Gesamtbudget erstellt und die wirtschaftliche Machbarkeit nachgewiesen.

- Phase 2:      Basic-Engineering und Genehmigungsplanung  
In 2009 begann das Projektteam mit der Spezifikation von Hauptkomponenten, um in die Phase des Basic-Engineerings einzutreten und das Know-how von Schlüssellieferanten abzurufen und in der Projektplanung zu integrieren. Die Ergebnisse waren Grundlage der immissionsrechtlichen Genehmigungsplanung, die das erste Halbjahr 2010 in Anspruch nahm. Hier wurde auch der Fördermittelantrag ausgearbeitet.
- Phase 3:      Beschaffungsmanagement, Detail-Engineering und Bau,- bzw. Montagephase  
Mit Erteilung der Genehmigungen sowie der Förderzusage konnte in die Verhandlungs- und Bestellphase eingetreten werden. Das Projektteam begann die Ausarbeitung aller Details. Aufgrund von Planungsiterationen kam es hier zu Abweichungen vom Zeitplan, der noch Grundlage des Fördermittelantrags war, zumal mit Zunahme der Detailkenntnis sich zeigte, dass auch im Sinne des Umweltschutzes und der Ressourcenschonung mehr Varianten zu prüfen waren, als ursprünglich vorgesehen war. Als Beispiel sei die Biowasserentfärbung genannt.
- Phase 4:      Teil-Inbetriebnahme  
Im Juli 2011 wurden die Stoffaufbereitung der braunen Standard-Altpapiersorten (Linie 1) und die umgebaute PM4 erfolgreich in Betrieb gesetzt.
- Phase 5:      Nachbesserungen und Rest-Projektabwicklung  
Planmäßig nach Wiederaufnahme der Standardproduktion wurden die beiden neuen Stoffaufbereitungsstränge für Kraft-Ersatzpapiere und weiß gedeckten Testliner fertig errichtet, die schrittweise folgend ab August 2012 ebenfalls in Betrieb gingen. Gleichzeitig war, wie bei einem Umbau dieser Größenordnung unvermeidbar, an einigen Maschinen und Komponenten Nachbesserungen erforderlich. Diese Phase konnte mit einem großen Werksstillstand im September 2012 weitgehend abgeschlossen werden.
- Phase 6:      Optimierungen  
Natürlich sind insbesondere die Prozessingenieure seit der Inbetriebnahme daran interessiert, die Prozesse zu optimieren und technisch auszureizen. Aber auf die eigentliche Optimierungsphase konnte man sich im Prinzip mit Abschluss der Nachbesserungen konzentrieren. Die Optimierungsphase wird sich bei einem Projekt mit so hohem finanziellen wie personellen Aufwand auch sicher noch einige Monate und Jahre hinziehen, wie man dies auch von den Anlaufkurven neuer Papiermaschinen kennt.

## 2.5 Behördliche Anforderungen

Die ersten genehmigungsrechtlichen Urkunden zeugen von einer erstmaligen Bauantragstellung im Jahre 1949, damals noch für die Halbzellstoffherstellung am Standort in Varel. 1986 wurde die Bestandsanlage nach § 67 Absatz 2 BImSchG rechtlich nachgemeldet.



**Abbildung 14: Bau der ersten Produktionshalle (1922)**

Der heutige genehmigungsrechtliche Rahmen sieht folgende Produktionskapazitäten vor:

|       | Stundenmaximum | Tagesbruttokapazität | Bemerkung                           |
|-------|----------------|----------------------|-------------------------------------|
|       | t/h            | t/d                  |                                     |
| KM2   | 20             | 480                  | einschließlich 8 t/h Kaschierpapier |
| KM3   | 22             | 528                  |                                     |
| PM4   | 42             | 1008                 |                                     |
| PM5   | 50             | 1200                 |                                     |
| Summe | 134            | 3216                 |                                     |

**Tabelle 6: Genehmigungswerte Maschinenkapazitäten**

Der Umbau der PM4 wurde im Juni 2010 genehmigungsrechtlich nach §16 BImSchG beantragt und am 28.07.2010 vom Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg genehmigt. Zusätzlich war die wasserrechtliche Einleiterlaubnis an die erhöhte Hydraulik anzupassen, weshalb im März 2011 ein entsprechender Wasserrechtsantrag nach §§8, 9, 12 und 57 WHG i.V.m. §§9 und 12 NWG gestellt wurde, dem vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz zum 01.09.2011 stattgegeben wurde.

Um die Hydraulik zu erhöhen, war auch eine zusätzliche Frischwassergewinnung durch den Neubau von weiteren Grundwasserbrunnen erforderlich. Der entsprechend erforderliche Wasserrechtsantrag zur Grundwassergewinnung sieht eine Erhöhung der Frischwassermenge von 2,8 auf 4,5 Mio. m<sup>3</sup>/a vor und ist noch in der behördlichen Prüfung.

Die Tatsache, dass in 2012 noch nicht die erhöhte Menge Frischwasser zur Verfügung stand, fällt beim derzeitigen Probetrieb noch nicht ins Gewicht, da die hergestellten Chargen weiß gedeckten Testliners 500 t nicht überschreiten. Hierfür ist ausreichend Frischwasser vorhanden, zumal in den vergangenen Jahren die bewilligte Menge nicht ganz ausgeschöpft wurde. Allein hier besteht eine Reserve von ca. 400.000 m<sup>3</sup>. Hinzu kommt, dass die moderne Frischwasseraufbereitung knapp 100.000 m<sup>3</sup>/a weniger Rückspülwasser verbraucht, was als Mehrmenge zu Produktionszwecken genutzt werden kann. Darüber hinaus hat sich die Papier- und Kartonfabrik Varel beim lokalen Wasserversorger temporär 100.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser vertraglich gesichert. Mit entsprechenden Reserven lassen sich Chargen von bis zu 2.000 t herstellen. Erst ab größeren Tonnagen bestünde die Gefahr, den Frischwasserspeicher leer zu fahren.

## **2.6 Betriebsdatenerfassung**

Die Steuerung der Produktionsprozesse erfolgt über ein Prozessleitsystem welches als „mill-wide-system“ ausgebildet ist. Dies bedeutet, dass von jedem Leitstand der Papier- und Kartonfabrik bei entsprechender Zugriffsberechtigung alle laufenden Prozesse eingesehen und beeinflusst werden können. Im Bereich der PM4 erfolgte eine Anpassung an die neue Maschinenteknik. Gleiches gilt für die Erweiterung der Steuerungstechnik im Bereich der neuen Stoffaufbereitung.

Hinsichtlich der Aussagekraft zur Fördermittelverwendung wurde Wert darauf gelegt, dass sowohl die Stromversorgung der PM4 als auch alle einzelnen Stoffaufbereitungsstränge an geeigneten Stellen im Prozess mit Stromzählern versorgt wurden. Einzelne Hauptverbraucher wurden gezielt mit eigenen Strommengenzählern ausgestattet. Die Auswahl erfolgte in Abstimmung zwischen der Papier- und Kartonfabrik Varel und TBP Upcon.

Gleiches gilt für die Dampfversorgung. Es war sicher zu stellen, dass der Dampf zur PM4 und den drei Stoffaufbereitungsabteilungen ohne Auspeisungen in andere Produktionseinheiten erfassbar wurde und die Versorgung über Bypass-Leitungen ausgeschlossen werden konnte.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung**

Bei einem Vorhaben, wie dem Umbau einer Papiermaschine, muss die Durchführung konsequent und zielgerichtet sein. Die Projektziele müssen stets im Auge behalten werden. Zudem erfordert der Projektfortschritt von allen Beteiligten Flexibilität und die Fähigkeit, sich unvorhersehbaren Belangen anzupassen, was eine entsprechende Entschlussfreudigkeit voraussetzt. Insofern sind Projektziele nicht zwangsläufig starr, sondern während der Abwicklung an neue Erkenntnisse zu adaptieren. Eine nachgelagerte Projektbewertung hat dabei zwar die vorab postulierten Ziele zu berücksichtigen, muss aber auch die Notwendigkeit von Abweichung evaluieren.

Die Vorgehensweise bei der Bewertung unterteilt sich in mehrere Teilbereiche. Neben der rückblickenden Bewertung des Projektablaufs, der Betrachtung von Wirtschaftlichkeitsparametern (3.7), der Beurteilung von Qualitätsparametern steht insbesondere die Umweltrelevanz im Vordergrund. Für den letzten Punkt werden seitens TBP Upcon und der Papier- und Kartonfabrik Varel mehrere Ansätze verfolgt. Als erstes stützt man sich auf gezielt ausgerichtete und gut vorbereitete Testläufe, wie bereits im Förderantrag angekündigt wurde (Kap. 3.2). Zudem finden die allgemeinen Umwelt- und Verbrauchsstatistiken Einklang in die Bewertung, insbesondere helfen sie bei der Darstellung der Verfügbarkeitsentwicklung sowie der längerfristigen Entwicklung der Bedarfs- und Verbrauchszahlen (Kap. 3.3 und 3.4). Daraus sowie aus den Daten aus den Testläufen werden in Abschnitt 3.5 Rückschlüsse auf die Energieeinsparung gezogen und in Punkt 3.6 deren Bedeutung auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Papier- und Kartonfabrik Varel herausgestellt.

Die erzeugten Papierqualitäten überzeugen und bestätigen die Vorplanungen. Die Ware ist verkaufsfähig und erfüllt die Qualitätsvorgaben. Ganz wesentlich ist, dass bei keinem der Standardprodukte die technologischen Werte schlechter sind als vor dem Umbau der PM4. Die ersten Ergebnisse mit den neuen Produkten zeigen, dass man teilweise sogar bessere Parameter erzielt, als erwartet wurde. Die höchsten technologischen Risiken barg das Zweilagenkonzept bei der Spaltfestigkeit (Lagenfestigkeit), speziell bei JadeWhite. Die Befürchtungen haben sich nicht bewahrheitet. Die Filmpresse versetzt die Papier- und Kartonfabrik Varel mit dem außerordentlich großen Walzendurchmesser in die Lage, die Festigkeitssollwerte sogar noch bei Grammaturen von bis zu 220 g/m<sup>2</sup> einstellen zu können.

Der Papierversion dieses Berichts sind im Anhang Produktproben beigelegt (Anhang 5.6), um den Adressaten des Abschlussberichts einen optischen und haptischen Eindruck über die neuen (und alten) Produkte der PM4 aus Varel zu verschaffen.

Auf Wunsch wird Auskunft erteilt über die technischen Sollparameter der Produkte, wobei dies in jedem Fall unter einem Vertraulichkeitsvermerk erfolgen müsste.

### **3.2 Messprogramm**

Bereits im Förderantrag wurden der Wille und das Interesse gezeigt, eine Erfolgskontrolle der angestrebten Energieeinsparung durchführen zu wollen. Das umweltinnovative Maßnahmenpaket, das sich von der Energiebereitstellung über den gesamten Papiererzeugungsprozess von der Stoffaufbereitung bis zur Trockenpartie spannt, beinhaltet schließlich wie alle Investitionen gewisse Risiken in der Umsetzung, auch wenn viele unterschiedliche Versuchsreihen bereits vor Umsetzung zur Minimierung der Risiken beigetragen haben. Umso wichtiger ist es alleine schon im Eigeninteresse der Papier- und Kartonfabrik Varel, die wirtschaftlichen und technischen Kennzahlen der Investition gut zu überprüfen und damit auch weitere Optimierungspotentiale ausloten zu können.

Wie angekündigt wurden die Primärenergieeinsätze erfasst, die Dampfverteilung an die neue PM4 wie an die anderen Papier- und Kartonmaschinen ermittelt und danach der thermische Leistungsbedarf dem angestrebten Ziel sortenspezifisch und flächengewichtsbezogen gegenübergestellt. Zur Erfassung der Trockengehalte der Papierbahn vor der Filmpresse stand ein Querprofiler zur Verfügung. Auch die Strombedarfskennzahlen der Einzelmaßnahmen wurden durch Leistungsbedarfsermittlungen und Aufschreibungen einer Berechnung zugänglich gemacht. Alle erforderlichen Messeinrichtungen sind unabhängig vom Nachweis des Förderungserfolgs, da sie ohnehin zum wirtschaftlichen Betrieb einer Papierproduktion nach dem Stand der Technik erforderlich sind.

Die Konzeption der Messungen erfolgte in Abstimmung mit der TBP Upcon GmbH als fachtechnischem Planungsbüro, zum einen, um sicher zu gehen, die Testläufe absolut reproduzierbar zu machen, zum anderen wird mit dem externen Blick auf das Messprogramm, bzw. mit dem Involvieren der TBP Upcon GmbH der Nachweis erbracht, dass die Testreihen den normalen Produktionsablauf widerspiegeln. Somit wurde bereits zur Konzeptionierung der Testläufe ein Planungsteam gebildet, welchem neben der Geschäftsführung der Papier- und Kartonfabrik Varel und dem Projektleiter und Geschäftsführer der TBP Upcon GmbH der Assistent der Fabrikationsleitung sowie die Vareler Fachingenieure für Energietechnik, der Elektrotechnik sowie die Leitung des werkseigenen Kraftwerks angehörten.

In einer ersten Phase wurde unter Federführung der TBP Upcon GmbH geprüft, in wie weit die planmäßige Ausstattung der Papierfabrik mit Messeinrichtungen noch um weitere Strommengenähler und Dampfmenagemessungen ergänzt werden musste. Die Messwertfassungssysteme wurden auf ihre Tauglichkeit geprüft. Außerdem fand eine Inaugenscheinnahme des gesamten Dampfverteilsystems statt, um sicher zu gehen, dass die Messgeräte auch nur die Dampfmenagen aufschreiben, die zur PM4 und den drei Stoffaufbereitungsabteilungen geführt werden und keine Nebenanlagen versorgt werden, die keinen direkten Zusammenhang zur PM4 haben. Auch bei einer Noteinspeisung aus dem Dampfnetz der PM5 wurde sichergestellt, dass entsprechende Absperrorgane geschlossen waren.

Folgende Grafiken zeigen schematisch den Stromlaufplan mit entsprechenden Einzelabgängen der Hauptverbraucher wie Disperger und Refiner (Abbildung 15) und das Dampfverteilsystem, mit entsprechenden Anschlüssen an Nebengewerke, die nicht in Zusammenhang mit der PM4 stehen und während der Testläufe verschlossen waren (Abbildung 16).

Die Messungen lassen sich in drei unterschiedliche Messprogramme untergliedern. Die Testläufe der Messserie A dienen hauptsächlich der Erfassung der spezifischen Dampf- und Stromverbräuche unter konstanten, reproduzierbaren Bedingungen. Sie werden vom Antragsteller als Nachweis des Einhalts der Förderkriterien hinsichtlich des Gesamtvorhabens „Umbau PM4“ verstanden. Darüberhinaus wurde der Strombedarf einzelner Aggregate erfasst, um die Prognosen des Förderantrags für Einzelmaßnahmen nachzuweisen.

Desweiteren wurde ein Test mit stetig zunehmender Produktionskapazität durchgeführt (Testfahrt B), denn die Testläufe der Messreihe A erfolgten bei weitgehend eingefrorenen Maschineneinstellungen zu einem Zeitpunkt, zu welchem die Optimierungsphase der PM4 noch nicht als abgeschlossen angesehen werden kann. Mit Testlauf B erhält man als Zusatzinformation einen Anhaltspunkt, wie sich die Verbrauchsdaten langfristig noch weiter entwickeln können bzw. wo noch Optimierungsbedarf besteht.

Außerdem gab es zwei Dauertests mit wechselnden Flächengewichten und leicht abweichenden Rezepturen, mit welchen der Dampfverbrauch und der Stromverbrauch über die gesamte Produktionszeit erfasst wurde, also auch mit Abrissen und den Ausfallzeiten bei den Sortenwechseln (Testreihe C). Dieses Messprogramm hatte zum Ziel, einen Hinweis auf die langfristigen Bruttoverbrauchsdaten zu erlangen. Auch hieraus kann weiteres Optimierungspotential im Vergleich zu den Testläufen der Serie A abgeleitet werden.

### **3.2.1 Testreihe A – konstante Bedingungen**

Zur Erfassung der spezifischen Dampf- und Stromverbräuche sollten Produktionszyklen unter gleichbleibenden Bedingungen möglichst lange ohne besondere Vorkommnisse wie Abrisse etc. oder Flächengewichtswechsel erfasst werden. Das Ziel war je Test eine Dauer mehrerer Stunden. Längere Phasen lassen sich ohne Änderung des Flächengewichtes kaum darstellen.

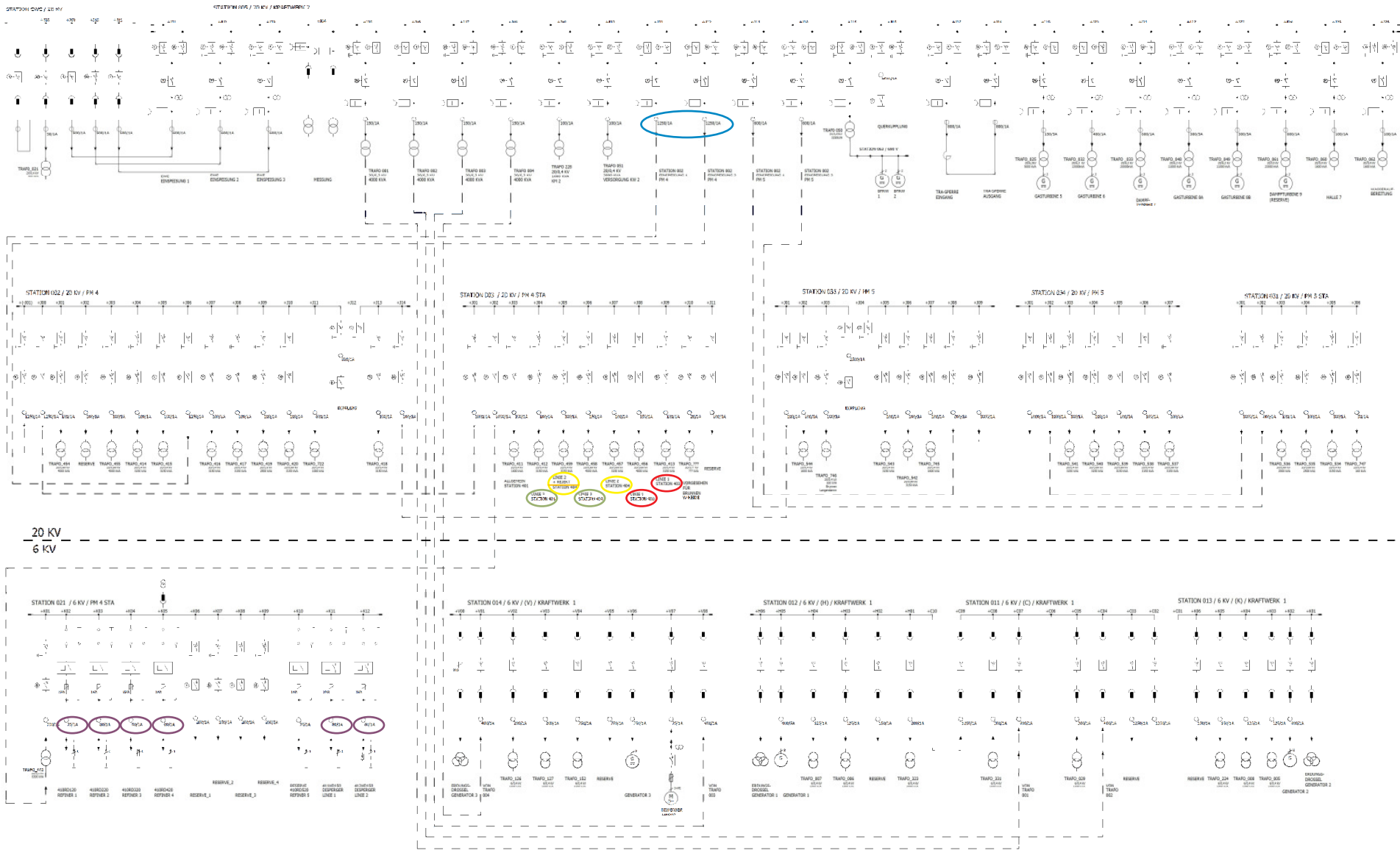
Die während eines Testlaufs abzuprüfenden, zur Reproduzierbarkeit wesentlichen Maschineneinstellungen wurden in Form eines Messprotokolls aufgelistet. Ein blanko Messprotokoll findet sich beispielhaft in Anhang 5.2. Die Prozessleittechniker der Papier- und Kartonfabrik Varel haben zur Vereinfachung der Messwertaufnahme dieses Messprotokoll weitgehend im PLS hinterlegt, so dass während der Testphasen die Messwerte sich anhand von Bildschirmausdrucken regelmäßig zum Tambourwechsel dokumentieren ließen. Durch die Maßnahme wurde der Personalaufwand der Testläufe gering gehalten. Ein beispielhafter PLS-Bildschirmausdruck zum Zeitpunkt eines Testlaufs ist ebenfalls beigefügt (Anhang 5.3).

Im Konsens wurde im Projektteam beschlossen, die Testläufe an drei Referenzsorten mit jeweils dem gleichen Flächengewicht durchzuführen. Es handelt sich um die Sorten

|   |     |                          |                      |
|---|-----|--------------------------|----------------------|
| - | 904 | Wellenstoff              | 140 g/m <sup>2</sup> |
| - | 960 | Kraft-Ersatz             | 140 g/m <sup>2</sup> |
| - | 400 | weiß gedeckter Testliner | 140 g/m <sup>2</sup> |

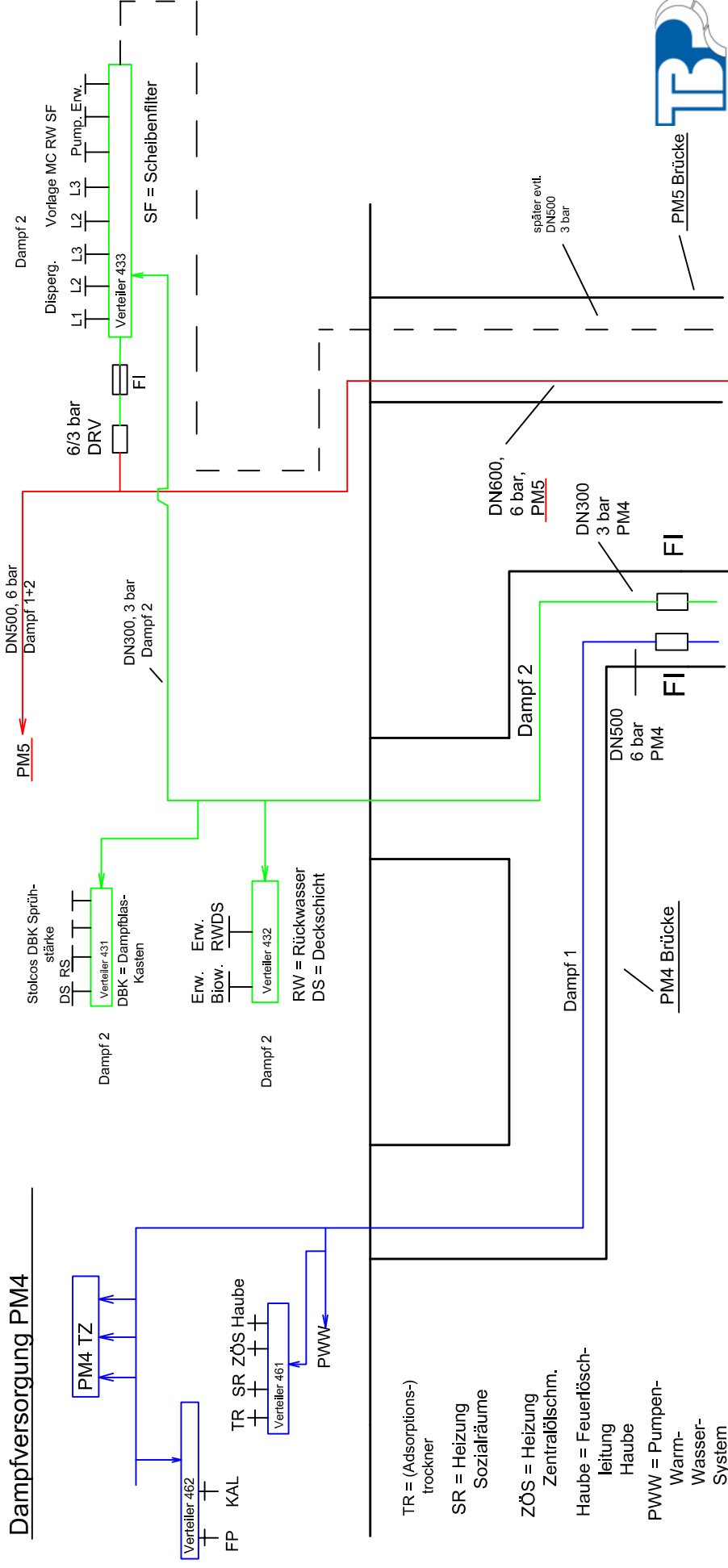
bei gleichem Flächengewicht, um auf diesem Wege die Vergleichbarkeit untereinander zu erhöhen. Die Testläufe sollten dabei jeweils mindestens drei Mal wiederholt werden, nicht nur, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu manifestieren, sondern auch um die Wirkung von Optimierungsmaßnahmen beurteilen zu können anhand einer Vorher/Nachher-Betrachtung. Das Flächengewicht 140 g/m<sup>2</sup> wurde gewählt, da es das mittlere Flächengewicht der PM4 ist und die Filmpresse hier bereits im innovativen Flächengewichtsbereich betrieben wird.

Mittelspannungsnetz Papier- und Kartonfabrik 2011



Blau=Gesamtmessung PM4 (vor und nach Umbau) / Rot, Gelb, Grün=Einzelmessung für die Stoffaufbereitungslinien 1 bis 3 (neu) / Violett=Einzelmessung Refiner und Disperger (neu) / Orange=Einzelmessung Rejekt (neu)

## Dampfversorgung PM4



Die Termine zur Durchführung der Testreihen wurden intern mit dem Vertrieb festgelegt, denn der bestimmt den Zeitpunkt und die Dauer der Produktionszyklen. Für die Tests selbst wurde die PM4 nicht eigens gestartet und hochgefahren, sondern man hat bei laufender Produktion den Sortenwechsel hin zur jeweiligen Referenzsorte durchgeführt und mit den Aufschreibungen begonnen, sobald die Prozessdaten stabil waren und die Papierbahn auf einem Leertambour aufgewickelt wurde.

Vor dem jeweiligen Sortenwechsel wurden die Maschineneinstellungen und die Positionen der Absperrklappen im Dampfsystem geprüft und die Pulperbänder inspiziert, um die Übereinstimmung des Altpapiereintrags mit der Rezeptur verifizieren zu können. Während der Testläufe selbst wurde darauf geachtet, dass die jeweiligen Stoffaufbereitungskapazitäten der Produktionsleistung der Papiermaschine entsprachen. Es sollten verzerrende Einflüsse aufgrund vorauseilender oder reduzierter Stoffaufbereitungsgeschwindigkeiten vermieden werden. Abrisse, Unregelmäßigkeiten an der PM oder in den Stoffaufbereitungen oder erneute Sortenwechsel führten zu einem Testabbruch. Nach den Testläufen wurden die Laborbücher ausgewertet, um sicher zu gehen, dass die Qualitätsvorgaben erreicht wurden und weder Ausschuss produziert, noch Ware deklassiert und zu minderwertigen Qualitäten umgewidmet werden musste. Außerdem wurden die Produktionstagebucheinträge gesichtet und ausgewertet.

Tabelle 7 zeigt die Mittelwerte über alle Tests der Testreihe (A), also unabhängig von Flächengewicht, Maschinengeschwindigkeit und Stärkekonsistenz. Die Tabelle zeigt zum Vergleich auch die Zielwerte. Die darauffolgende Tabelle 8 gibt ein zusammenfassendes Bild aller Testreihen der Serie A.

|                          | Erreichte Werte              |                                | Zielwerte                    |                                | Erreichte Werte                        | Zielwerte                              |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|                          | Dampf gesamt<br>spez.<br>t/t | Prozesswärme<br>spez.<br>kWh/t | Dampf gesamt<br>spez.<br>t/t | Prozesswärme<br>spez.<br>kWh/t | Gesamter<br>Strombedarf spez.<br>kWh/t | Gesamter<br>Strombedarf spez.<br>kWh/t |
| weiß gedeckter Testliner | 1,35                         | 948                            | 1,35-1,40                    | 945 - 980                      | 421                                    | 490                                    |
| Wellenstoff              | 1,26                         | 884                            | 1,38 - 1,43                  | 965 - 1000                     | 362                                    | 370                                    |
| Kraftliner-Ersatz        | 1,41                         | 988                            | 1,45 - 1,50                  | 1000 - 1050                    | 434                                    | 470                                    |

**Tabelle 7: Mittelwerte über alle Tests der Testreihe A**

Die Zielwerte für den Dampfverbrauch (siehe auch Tabelle 4; Seite 28) und den Strombedarf (siehe auch Tabelle 5; Seite 28) wurden erreicht, bzw. teils deutlich unterschritten, und das, obwohl die Anlage sich noch immer in der Anlaufkurve befindet und die Maschine innerhalb der Testläufe noch nicht voll ausgefahren wurde. Die Werte beziehen sich auf die Bruttoproduktion.

## UIP Vorhaben „Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage“

Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH &amp; Co. KG

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: left;">  <p><b>Demonstrationsvorhaben Umweltinnovation</b><br/> <b>Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage</b></p> <p>Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH &amp; Co. KG</p> <p>Messprogramm zur Erfolgskontrolle<br/> der Fördermittelverwendung</p> </div> <div style="text-align: right;">  <p>TESTAUSWERTUNG<br/> STAND 10.10.2012</p> </div> </div> |       |                               |                  |                                |                                            |                       |                              |                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Sorte | Flächeng.<br>g/m <sup>2</sup> | Prod. menge<br>t | mittlere<br>Prod. menge<br>t/h | mittlere<br>Maschinen-<br>geschw.<br>m/min | Stärke-<br>konsistenz | Dampf gesamt<br>spez.<br>t/t | Gesamter Strombedarf<br>spez.<br>MWh/t |
| 24.07.2012 weiß gedeckter<br>Testliner                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 400   | 140                           | 126,71           | 32,08                          | 731                                        | 15                    | 1,41                         | 0,423                                  |
| 14.08.2012 weiß gedeckter<br>Testliner                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 400   | 140                           | 86,65            | 25,61                          | 595                                        | 14                    | 1,30                         | 0,419                                  |
| Mittelwert                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |                               |                  |                                |                                            |                       | 1,35                         | 0,42                                   |
| 25.07.2012 Wellenstoff                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 904   | 140                           | 206,39           | 32,59                          | 734                                        | 14                    | 1,29                         | 0,361                                  |
| 22.08.2012 Wellenstoff                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 904   | 140                           | 8,92             | 38,23                          | 869                                        | 13                    | 1,34                         | 0,377                                  |
| 03.10.2012 Wellenstoff                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 904   | 140                           | 184,75           | 32,13                          | 734                                        | 10                    | 1,15                         | 0,349                                  |
| Mittelwert                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |                               |                  |                                |                                            |                       | 1,26                         | 0,36                                   |
| 26.07.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 135                           | 49,98            | 32,95                          | 777                                        | 14                    | 1,47                         | 0,418                                  |
| 27.07.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 140                           | 38,80            | 36,38                          | 825                                        | 14                    | 1,42                         | 0,426                                  |
| 27.07.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 135                           | 74,85            | 34,55                          | 835                                        | 14                    | 1,41                         | 0,428                                  |
| 10.08.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 135                           | 154,00           | 35,40                          | 810                                        | 17                    | 1,30                         | 0,420                                  |
| 05.09.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 135                           | 106,95           | 34,69                          | 817                                        | 14                    | 1,44                         | 0,443                                  |
| 06.09.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 140                           | 71,16            | 34,71                          | 816                                        | 14                    | 1,44                         | 0,417                                  |
| 22.09.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 140                           | 93,81            | 28,86                          | 645                                        | 14                    | 1,47                         | 0,467                                  |
| 22.09.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 135                           | 229,58           | 27,83                          | 655                                        | 14                    | 1,51                         | 0,475                                  |
| 06.10.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 140                           | 38,71            | 30,17                          | 681                                        | 9                     | 1,25                         | 0,412                                  |
| 20.10.2012 Kraftliner-Ersatz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 960   | 140                           | 66,87            | 30,40                          | 695                                        | 14                    | 1,40                         | 0,446                                  |
| Mittelwert                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |                               |                  |                                |                                            |                       | 1,41                         | 0,43                                   |

Tabelle 8: Zusammenfassung Testreihe A

Zur Verbreiterung der Datenbasis wurden auch Testläufe verwertet, bei welchen 135 g/m<sup>2</sup> produziert wurden, da die Abweichung zu den Sorten mit 140 g/m<sup>2</sup> mit knapp 3% innerhalb des technischen und kundenseitigen Toleranzbereichs liegen.

Die Einzelaggregate, die in den Testreihen neben dem gesamten Energiebedarf beobachtet wurden, sind

- die einzelnen Stoffaufbereitungsstränge
- die Disperger aller drei Linien
- die Refiner aller drei Linien
- der Drucksortierer der weißen Stoffaufbereitung, der Rückenlage sowie des Deckenstrangs im Konstant-Teil

Bei Betrachtung der Stromverbräuche der Einzelmaßnahmen, also der Vielzahl wegweisender Einzelentscheidungen, welche das Gesamtprojekt bislang zu einem Unikum macht, ergibt sich folgendes Bild. Bei den Testläufen der Versuchsreihe A wurden die Stromverbräuche der Disperger sowie der Refiner mitgeschrieben. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 10, einen Überblick über die Stromverbräuche der verbliebenen Aggregate verschafft bereits Tabelle 9.

| kWh/t                    | Disperger | Mahlung |
|--------------------------|-----------|---------|
| weiß gedeckter Testliner | 13,93     | 23,72   |
| Wellenstoff              | 16,75     |         |
| Kraft-Ersatz             | 29,90     | 30,76   |

**Tabelle 9: Mittl. Stromverbrauch von Disperger und Mahlung (Teilstromfahrweise)**

## UIP Vorhaben „Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage“

Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH &amp; Co. KG

|                                                                                   |                                                                                               |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Demonstrationsvorhaben Umweltinnovation</b><br><b>Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage</b> |  |
| Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH & Co.KG                                        |                                                                                               |                                                                                     |
| Messprogramm zur Erfolgskontrolle<br>der Fördermittelverwendung                   | TESTAUSWERTUNG<br>STAND 20.10.2012                                                            |                                                                                     |

|                                        | Disperger L1<br>kWh/t | Disperger L2<br>kWh/t | Disperger L3<br>kWh/t | Mahlung L1<br>kWh/t | Mahlung L2<br>kWh/t | Mahlung L3<br>kWh/t | Vert.Sichter L3<br>kWh/t | Vert.Sichter DS<br>kWh/t | Vert.Sichter RS<br>kWh/t |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 24.07.2012 weiß gedeckter<br>Testliner | 13,2                  | 0,0                   | 0,0                   | 0,0                 | 0,0                 | 23,2                | 1,5                      | 4,0                      | 5,1                      |
| 14.08.2012 weiß gedeckter<br>Testliner | 14,6                  | 0,0                   | 0,0                   | 0,0                 | 0,0                 | 24,2                | 0,3                      | 5,0                      | 6,4                      |
| Mittelwert                             | <b>13,93</b>          | <b>0,00</b>           | <b>0,00</b>           | <b>0,00</b>         | <b>0,00</b>         | <b>23,72</b>        | <b>0,88</b>              | <b>4,50</b>              | <b>5,74</b>              |
| 25.07.2012 Wellenstoff                 | 18,7                  | 0,0                   | 0,0                   | 0,0                 | 0,0                 | 0,0                 | 0,0                      | 3,3                      | 3,8                      |
| 22.08.2012 Wellenstoff                 | 16,4                  | 0,0                   | 0,0                   | 0,0                 | 0,0                 | 0,0                 | 0,0                      | 2,7                      | 7,5                      |
| 03.10.2012 Wellenstoff                 | 15,2                  | 0,0                   | 0,0                   | 0,0                 | 0,0                 | 0,0                 | 0,0                      | 3,0                      | 4,7                      |
| Mittelwert                             | <b>16,75</b>          | <b>0,00</b>           | <b>0,00</b>           | <b>0,00</b>         | <b>0,00</b>         | <b>0,00</b>         | <b>0,00</b>              | <b>3,00</b>              | <b>5,33</b>              |
| 26.07.2012 Kraftliner-Ersatz           | 17,0                  | 8,6                   | 0,0                   | 0,0                 | 24,6                | 0,0                 | 0,0                      | 3,0                      | 4,9                      |
| 27.07.2012 Kraftliner-Ersatz           | 15,0                  | 14,2                  | 0,0                   | 0,0                 | 28,7                | 0,0                 | 0,0                      | 2,5                      | 4,2                      |
| 27.07.2012 Kraftliner-Ersatz           | 15,9                  | 12,6                  | 0,0                   | 0,0                 | 25,6                | 0,0                 | 0,0                      | 2,5                      | 4,2                      |
| 10.08.2012 Kraftliner-Ersatz           | 16,2                  | 12,3                  | 0,0                   | 0,0                 | 34,0                | 0,0                 | 0,0                      | 2,8                      | 4,1                      |
| 05.09.2012 Kraftliner-Ersatz           | 17,1                  | 14,5                  | 0,0                   | 0,0                 | 39,3                | 0,0                 | 0,0                      | 2,7                      | 4,6                      |
| 06.09.2012 Kraftliner-Ersatz           | 16,9                  | 13,3                  | 0,0                   | 0,0                 | 38,3                | 0,0                 | 0,0                      | 2,6                      | 4,3                      |
| 22.09.2012 Kraftliner-Ersatz           | 19,2                  | 14,1                  | 0,0                   | 0,0                 | 33,0                | 0,0                 | 0,0                      | 3,5                      | 5,3                      |
| 22.09.2012 Kraftliner-Ersatz           | 20,4                  | 14,9                  | 0,0                   | 0,0                 | 33,6                | 0,0                 | 0,0                      | 3,5                      | 5,3                      |
| 06.10.2012 Kraftliner-Ersatz           | 15,5                  | 11,5                  | 0,0                   | 0,0                 | 19,7                | 0,0                 | 0,0                      | 3,3                      | 4,9                      |
| 20.10.2012 Kraftliner-Ersatz           | 18,4                  | 20,1                  | 0,0                   | 0,0                 | 25,2                | 0,0                 | 0,0                      | 3,7                      | 5,7                      |
| Mittelwert                             | <b>17,02</b>          | <b>12,88</b>          | <b>0,00</b>           | <b>0,00</b>         | <b>30,76</b>        | <b>0,00</b>         | <b>0,00</b>              | <b>2,93</b>              | <b>4,63</b>              |

**Tabelle 10: Stromaufnahme von ausgewählten Einzelaggregaten in Testreihe A**

### **3.2.2 Testlauf B – Anstieg der Produktionsgeschwindigkeit an die Auslegungsgrenze**

Der Test der Serie B hatte die spezifischen Verbrauchswerte bei stetig zunehmender Produktionskapazität im Vordergrund.

Mitte September 2012 gab es einen geplanten Produktionsstillstand, der genutzt wurde, um an der PM4 Optimierungsarbeiten durchzuführen. Z.B. wurde der damals angekündigte Austausch der Trockensiebleitwalzen zu Ende gebracht. Test B fand nach dieser Optimierungsphase der PM4 statt, die zeitlich nach den Tests der Reihe A liegt.

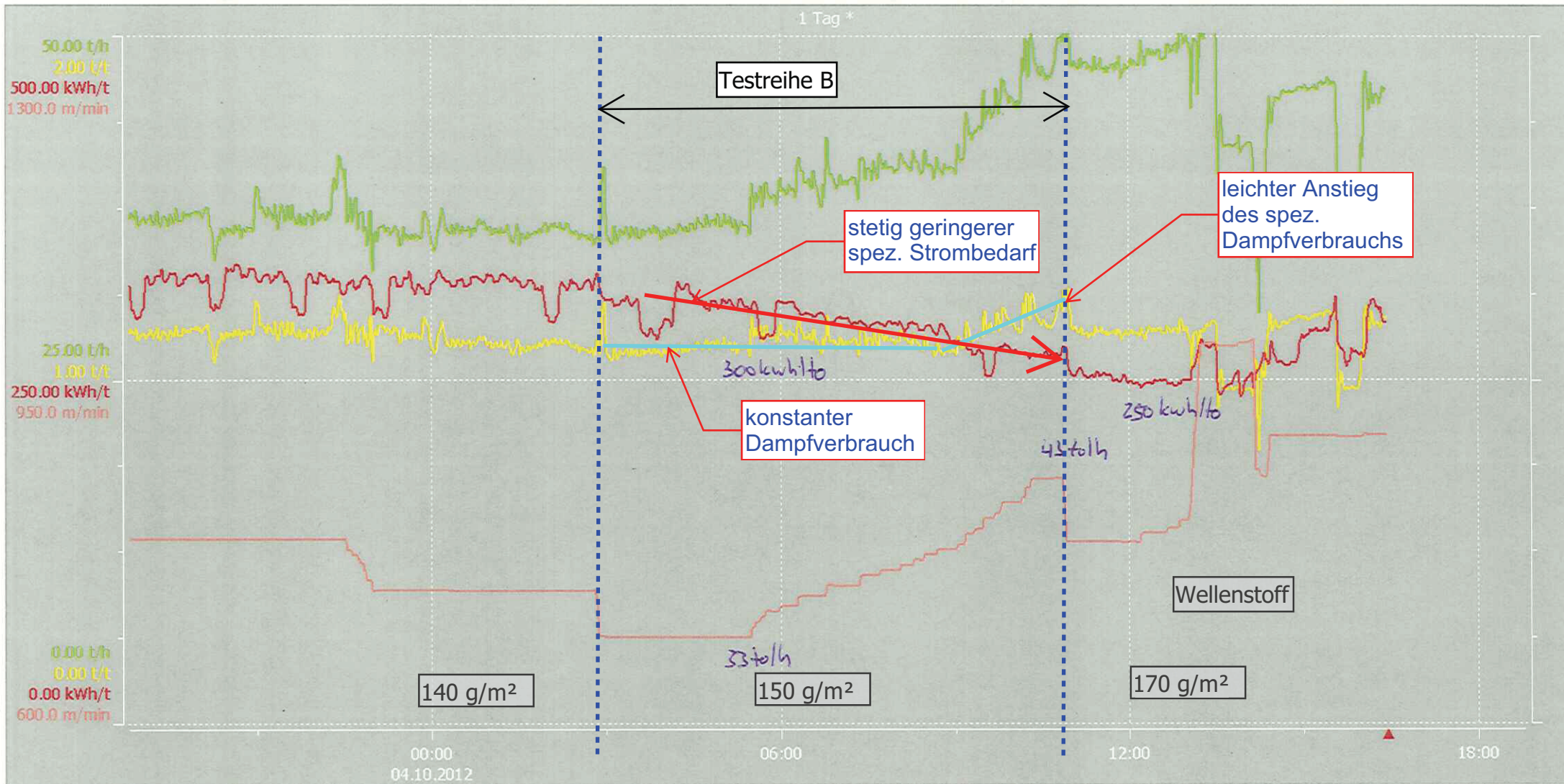
Für den Test B wurde die Standardsorte Wellenstoff 150 g/m<sup>2</sup> zunächst bei konstanter Maschinengeschwindigkeit hergestellt und dann nahezu kontinuierlich die Produktionsgeschwindigkeit bis auf Maximalgeschwindigkeit erhöht.

Den Einfluss der Produktionsgeschwindigkeit zeigt die Grafik auf Seite 65. In Testfahrt B wurde die PM 4 in der Produktionsleistung an die Auslegung herangefahren. Die Produktion wurde von 33 t/h auf 43 t/h hochgefahren. Wellenstoff wurde als Produkt gewählt. Da er sich dafür alleine schon eignet, weil die Produktionsabläufe hierfür bestens bekannt sind. Das Flächengewicht wurde etwas höher festgelegt, als bei den Testreihen der Serie A, um die Abrisswahrscheinlichkeit während des Tests zu minimieren.

Das Diagramm zeigt ausgewählte Parameter über die Zeit der Testreihe B. Der grüne Graph zeigt die aktuelle Produktionsmenge in t/h an. Die rote Kurve ist der auf die Tonnage bezogene Messwert der Stromaufnahme der gesamten PM4, während der gelbe Graph den spezifischen Dampfverbrauch darstellt. Die Kurve in Rosa zeigt die Maschinengeschwindigkeit in m/min. Gerade an letztgenannter Kurve ist der Testzeitraum deutlich zu erkennen, der mit einem Flächengewichtswechsel sowohl begonnen als auch beendet wurde.

Während des Hochfahrens der Produktionsgeschwindigkeit ist der spezifische Strombedarf von ca. 300 kW/t um ca. 50 kWh/t auf 250 kW/t gesunken. Der spezifische Dampfverbrauch an der PM 4 ist bis ca. 800 m/min bei etwa 1,15 – 1,2 t/t (800 – 840 kWh/t) konstant geblieben und dann auf ca. 1,25 t/t (875 kWh/t) angestiegen. Das kann beispielsweise an begrenztem Wasseraufnahmevermögen der Pressfilze liegen und deutet auf weiteres Optimierungspotential hin. Als Fazit der Testreihe B kann festgehalten werden, dass die Optimierungsmaßnahmen erfolgreich waren. Außerdem bestätigt sich die Prognose, dass der spezifische Strombedarf im Vergleich zur Testserie A mit Ausschöpfung der Maschinenkapazität noch deutlich verbessert werden kann und dass beim spezifischen Dampfbedarf noch Potential für weitere Optimierung gegeben ist.

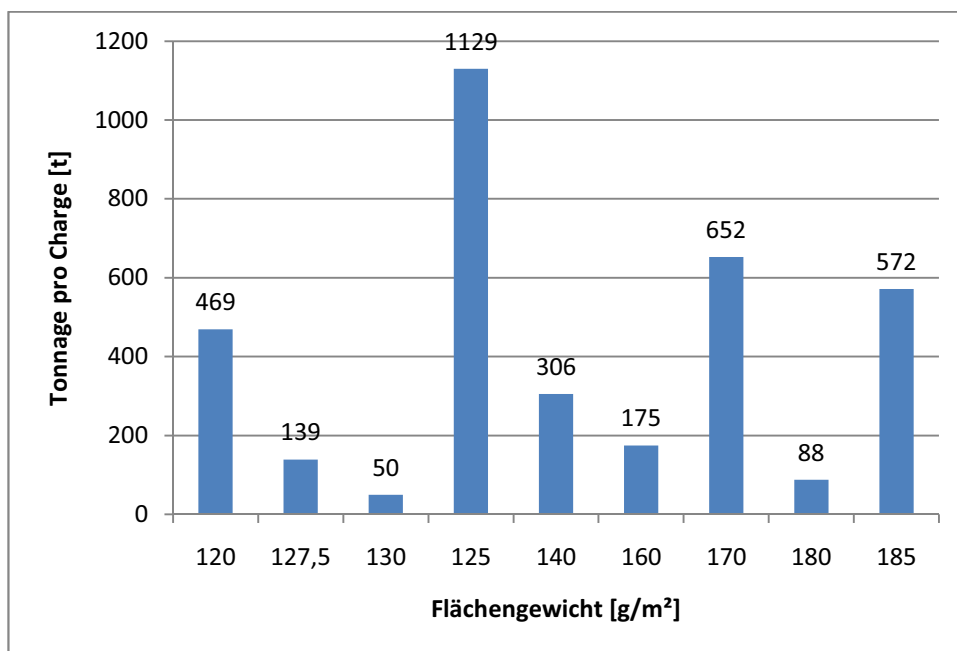
Abbildung 17: Dampf- und Strombedarf bei steigender Maschinengeschwindigkeit



| Sichtba | Status                              | Kurven | Objekte | Objektname    | Objektbeschreibung                    | Aspekt         | Eigenschaft | Aktueller  | Linealzeit | Linealwert | Quellennam | Stil   | Unterer | Oberer | Mittelw  | Kleinst  | Größter  |
|---------|-------------------------------------|--------|---------|---------------|---------------------------------------|----------------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------|---------|--------|----------|----------|----------|
| 5       | <input type="checkbox"/>            |        |         | _490M0610STA  | Dampfmenge 3,0 bar Dampf STA          | Function Block | In          | 0.00 t/h   |            |            | NAHTLOS    | Linear | 0.00    | 15.0   | -3.50    | -3.50    | -3.50    |
| 6       | <input checked="" type="checkbox"/> |        |         | _420AA010_SPE | Spezifischer Dampfverbrauch           | Function Block | In.Value    | 1.18 t/t   |            |            | NAHTLOS    | Linear | 0       | 2      | 1.12 t/t | 0.79 t/t | 1.27 t/t |
| 7       | <input checked="" type="checkbox"/> |        |         | _420AA010_SPE | Spezifischer Stromverbrauch           | Function Block | In.Value    | 293.35 kW  |            |            | NAHTLOS    | Linear | 0       | 500    | 294.22   | 237.58   | 334.38   |
| 8       | <input type="checkbox"/>            |        |         | _400AM431_U9_ | 490GA123 Wirkleistung                 | Function Block | In.Value    | 1333073.8  |            |            | NAHTLOS    | Linear | 0       | 1300   | 112732   | 690483   | 149901   |
| 9       | <input type="checkbox"/>            |        |         | _400AM431_U10 | 490UG131 Wirkleistung                 | Function Block | In.Value    | 1609037.5  |            |            | NAHTLOS    | Linear | 0       | 1500   | 134551   | 116993   | 182764   |
| 10      | <input type="checkbox"/>            |        |         | _400AM431_U8_ | 490GA113 Wirkleistung                 | Function Block | In.Value    | -97826.92  |            |            | NAHTLOS    | Linear | 0       | 0      | -95885.  | -10054   | -93589.  |
| 11      | <input checked="" type="checkbox"/> |        |         | _458YG001_D51 | Maschinengeschw. Istwert              | Function Block | Out         | 893.5 m/mi |            |            | NAHTLOS    | Linear | 600.    | 1300   | 781.4    | 687.8    | 991.9    |
| 12      | <input type="checkbox"/>            |        |         | _452FM042_MLK | Sollwert Mittlere Linienkraft Intensa | Function Block | Pv          | 999.98     |            |            | NAHTLOS    | Linear | 400.    | 1500   | 962.62   | 0.80     | 1004.2   |

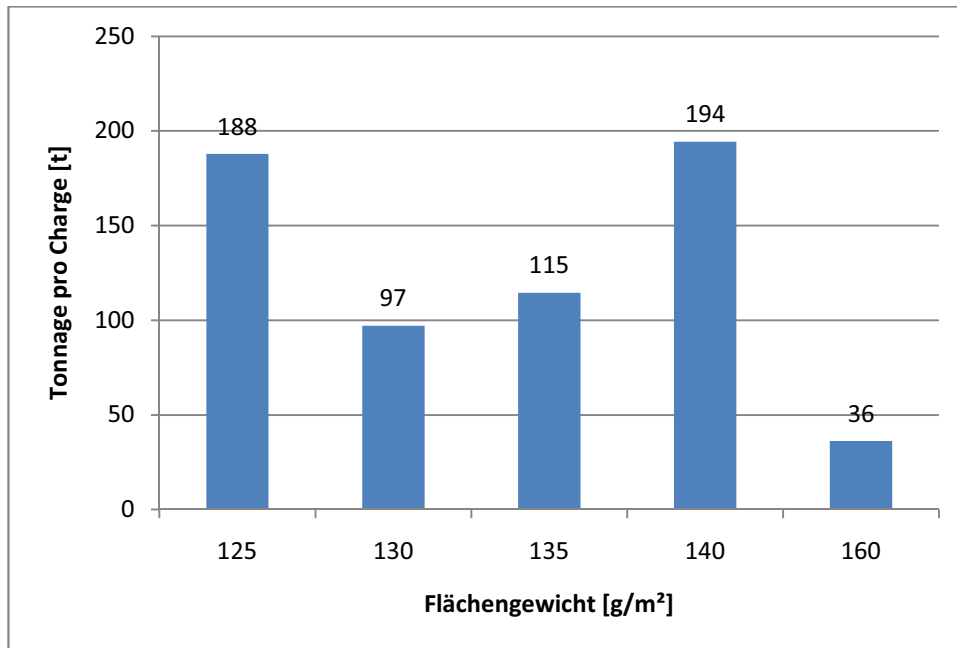
### 3.2.3 Testreihe C – längere Produktionszyklen mit Flächengewichtswechsel

Die Testläufe der Messreihe A wurden so gelegt, dass konstante Produktionsperioden mitgeschrieben werden konnten, die nicht durch Verluste, hervorgerufen durch Sorten- oder Flächengewichtswechsel beeinflusst waren. Kam es zu Störungen oder Abrissen galt der jeweilige Testlauf als beendet. Um sich ein Bild dessen zu verschaffen, was die Multiproduktmaschine PM4 nach dem Umbau unter realen Bedingungen fähig ist zu produzieren, bzw. bei welchen Verbrauchsdaten eine Produktion unter normalen Betriebsbedingungen erfolgt, wurden zwei Langzeitaufnahmen durchgeführt. Diese hatten das Ziel, die spezifischen Verbrauchsdaten unter Einfluss von Rezepturwechseln und Abrissen etc. zu erfassen. Dementsprechend wurden zwei möglichst lange Zyklen protokolliert, in welchen unterschiedliche Chargen ähnlicher Produktgruppen mit unterschiedlichen Flächengewichten hergestellt wurden. In der ersten 5-tägigen Aufnahme wurden 3.580 t Kraftliner-Ersatz produziert. Dabei wurde das Flächengewicht entsprechend der Produktionsplanung schrittweise von anfangs 120 g/m<sup>2</sup> auf 185 g/m<sup>2</sup> angehoben. Die mengenmäßige Verteilung der einzelnen Flächengewichte ist Abbildung 18 zu entnehmen.



**Abbildung 18: Testreihe C 1. Lauf (Kraftliner-Ersatz)**

Im zweiten Langzeitlauf der Testreihe C wurde ein Produktionszyklus mit weiß gedecktem Testliner untersucht, bei welchem das Flächengewicht von 125 g/m<sup>2</sup> auf 160 g/m<sup>2</sup> anstieg. Wie sich die Produktionsmenge von 630 t auf die einzelnen Flächengewichte verteilt, zeigt Abbildung 19.



**Abbildung 19: Testreihe C 2. Lauf (weiß gedeckter Testliner)**

In den längeren Testreihen inklusive Grammaturnwechsel und Abrissen (Testreihe C) ergab sich folgendes Bild (Tabelle 11):

| Sorte                                    |                          |     | mittlere<br>Prod.menge<br>t | mittlere<br>Prod.menge<br>t/h | Dampf gesamt<br>spez.<br>t/t | Prozesswärme<br>spez.<br>kWh/t | gesamter<br>Strombedarf spez.<br>kWh/t |
|------------------------------------------|--------------------------|-----|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|
| 22.11.2012 - 23.11.2012<br>08:38 - 07:07 | weiß gedeckter Testliner | 400 | 630                         | 32,4                          | 1,19                         | 833                            | 481                                    |
| 15.11.2012 - 19.11.2012<br>17:27 - 19:22 | Kraftliner-Ersatz        | 960 | 3580                        | 37,9                          | 1,29                         | 903                            | 399                                    |

**Tabelle 11: Energieverbrauch bestimmter Produkte in Testreihe C**

Auch bei Testreihe C fallen die Werte für den spezifischen Dampfbedarf besser aus, als bei Testlauf A (siehe Tabelle 7). Eine Begründung dafür liegt bei den Optimierungsmaßnahmen des September-Stillstands. Insofern ist Testlauf C auch eine Erfolgskontrolle für die Richtigkeit der gewählten Optimierungsmaßnahmen.

Bei C1 liegt das mittlere Flächengewicht bei 142,5 g/m² und ist damit gut vergleichbar. Der Strombedarf liegt höher, was an anderen Maschineneinstellungen insbesondere an den Mahl-aggregaten liegt.

Im zweiten Testlauf C 2 liegt das mittlere Flächengewicht bei 134 g/m².

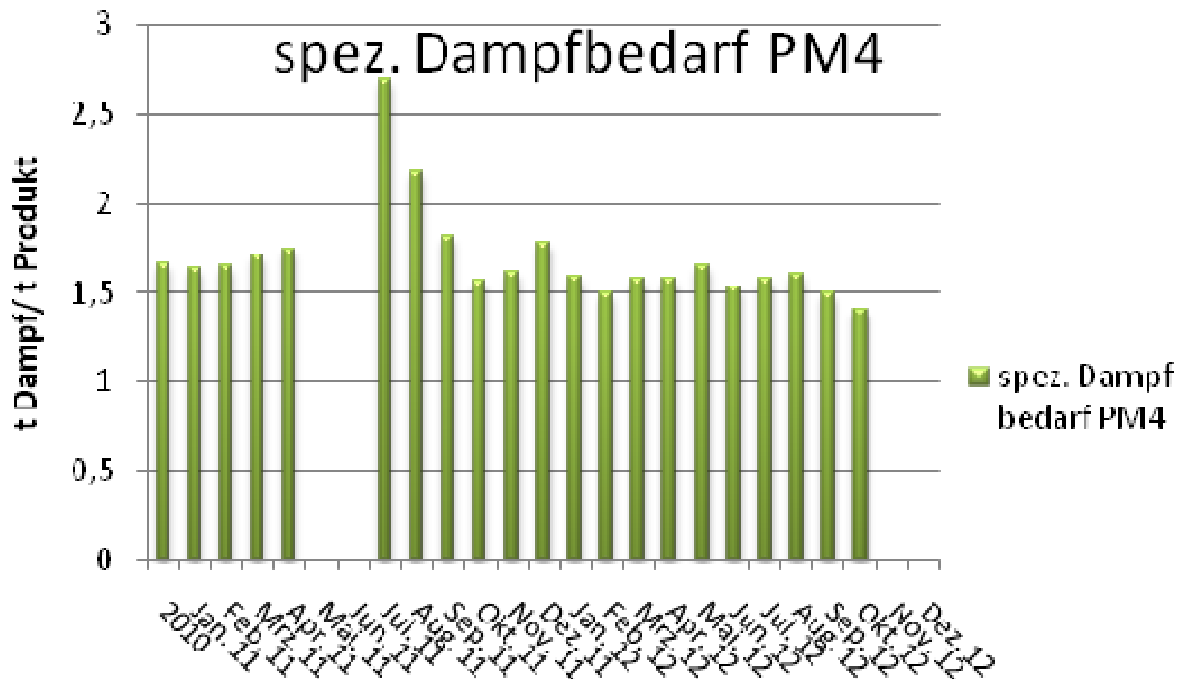
An dieser Stelle würde es sich anbieten, weitere Auswertungen vorzunehmen, z.B. Versuchsreihen mit unterschiedlichen Stärkekonsistenzen an der Filmpresse bei sonst gleichen (ähnlichen) Maschineneinstellungen und Produktparametern. Hierfür raten wir jedoch der Papier- und Kartonfabrik Varel auf Werte ausschließlich nach dem letzten Optimierungsschritt zurückzugreifen, was aber für den hier vorliegenden Abschlussbericht noch verfrüht ist.

### **3.3 Langfristige Verbrauchsentwicklung**

Neben den Testläufen, die als Erfolgskontrolle für die gesetzten Ziele dienen, ist auch der Blick auf die langfristige Verbrauchsentwicklung interessant. Er verdeutlicht die Erfolge des Umbaus der PM4, zeigt den Status Quo der Optimierungskurve, gibt ebenfalls Ausdruck über weiteres Optimierungspotential und erlaubt Verbrauchsprognosen.

#### **3.3.1 Entwicklung des Dampfverbrauchs**

Das folgende Diagramm der Monatsmittelwerte zeigt eindrucksvoll ein typisches Startverhalten von Papiermaschinen nach Umbauten dieser Größenordnung. Es ähnelt der Anlaufkurve von neuen Papiermaschinen, wobei die Kombination aus neu und alt für gewöhnlich flachere Steigungen der Kurven der spezifischen Werte verursacht. Was hier am spezifischen Dampfverbrauch (Sattdampf 6 bar) sichtbar wird, gilt auch für den Output und den Produktionsausstoß, der hier allerdings nicht dargestellt wird.



**Abbildung 20: Entwicklung des spez. Dampfbedarfs**

Hier beziehen sich die Werte auf den Gesamtverbrauch (einschließlich des Eigenbedarfs des Kesselhauses und der Verdampfungsverluste) und sind auf verkaufsfähige Produktionsmenge bezogen.

So startet der spezifische Dampfverbrauch der Papiermaschine 4 gleich nach dem Umbau mit  $2,7 \text{ t}_{\text{Dampf}}/\text{t}_{\text{Produkt}}$  auf einem relativ hohen Niveau. Die Ursache ist bei der eingeschränkten Verfügbarkeit der PM4 zu diesem Zeitraum zu finden. Diese wiederum geht in einer Startphase nicht nur auf technische Probleme zurück, sondern auch auf ein technologisches Herantasten an eine kontinuierliche Betriebsweise mit Erreichung der erforderlichen Qualitätsparameter. Beispielsweise konnte man erstmals am 25.07.2011 mit der Filmpresse erfolgreich die angestrebten Festigkeitsparameter mit hohem Trockengehalt der Stärkeflotte einstellen.

In den Folgemonaten sinkt der spezifische Dampfverbrauch mit gleichzeitiger Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit. Bereits im Oktober 2011 fielen die Verbrauchszahlen unter  $1,6 \text{ t/t}$  bzw.  $1.120 \text{ kWh/t}$  und damit erstmals auch unter das Niveau vor dem Umbau. Im Dezember 2011 kam es zu Abstellmaßnahmen zu Reparaturzwecken und zu Ausfallzeiten aufgrund ungeplanter Stillstände.

Die erste Hälfte 2012 war geprägt durch die Inbetriebnahme der Stoffaufbereitungsstränge der weißen Sorten und der Kraft-Ersatzpapiere. Wie berichtet gab es Maschinenausfälle, auch verfahrenstechnische Probleme haben die Papier- und Kartonfabrik Varel gezwungen, im September erneut die PM4 länger abzustellen, um Umbauten an der PM und in der Stoffaufbereitung zu ermöglichen. Erst ab September 2012 konnte die Trockensiebspannung in allen Trockengruppen erhöht werden, was sich beim Dampfverbrauch gleich deutlich bemerkbar macht.

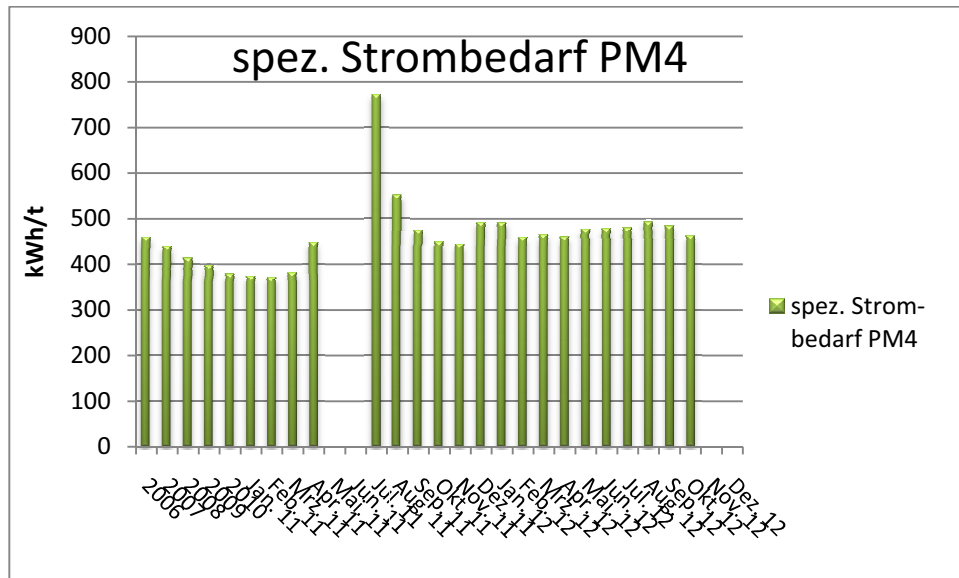
Die Resultate sind eindeutig in obiger Grafik zu erkennen, wenngleich das Diagramm weder Sorten noch Grammaturen unterscheidet oder etwas darüber aussagt, wie effizient die Produktion gelaufen ist, bzw. welche Tonnage als Output verzeichnet wurde. Aber der Zielkorridor von 1,3 t/t über alle Sorten wurde bereits fast erreicht und es ist eine Frage der Zeit, bzw. weiterer Optimierung, bis das interne Ziel erreicht sein wird.

### **3.3.2 Entwicklung des Strombedarfs**

Die Jahresmittelwerte der Jahre vor dem Umbau der PM4 zeigen eine stetige Verringerung der spezifischen Verbrauchswerte. Lag man in 2006 noch knapp über 450 kWh/t hat man sich in 2010 und im ersten Quartal von 2011 bei knapp unter 380 kWh/t stabilisiert. Der Anstieg im April 2011 geht auf erste Abstellmaßnahmen zurück. Nach dem Umbau steigt der spezifische Wert exorbitant, bedingt durch typische Anlaufschwierigkeiten während der Inbetriebnahme, auf einen Wert knapp unter 800 kWh/t. In den Folgemonaten zeigt sich eine stete Normalisierung des Werts, wobei die Verbrauchszahlen vor dem Umbau nicht vollends erreicht wurden. November 2011 war bislang der beste Monat. Allerdings lag der Wert noch 18 % über dem Quartalswert vor dem Umbau. Die Verfügbarkeit kann hier mit als eine Ursache für den Wert herangezogen werden. Gleiches gilt für die Tatsache, dass die PM4 noch unter der eigentlichen Auslegung betrieben wurde und noch keine JadeKraft bzw. JadeWhite produziert wurden.

Das Jahr 2012 war insgesamt geprägt durch die Implementierung der neuen, aber stromintensiveren Sorten des White-Top-Testliners sowie des Kraft-Ersatzes, was sich ebenfalls beim Gesamtstrombedarf bemerkbar macht. Die PM4 ist weiterhin in der Optimierungsphase; gerade daher war die Durchführung der Testfahrten so wichtig, um bereits jetzt zeigen zu können, dass die Förderkriterien erreicht sind.

Auch hier beziehen sich die Werte auf den Gesamtverbrauch (einschließlich des Eigenbedarfs des Kesselhauses und der Prozess- und Abwasserreinigungsanlage) und sind auf verkaufsfähige Produktionsmenge bezogen.



**Abbildung 21: Entwicklung des spez. Strombedarfs**

### 3.3.3 Entwicklung des Abwasseranfalls

Abbildung 22 zeigt, dass der Abwasseranfall der PM4 nach dem Umbau etwas gestiegen ist, was den Erwartungen entspricht. September 2012 war als Ausreißer der Statistik geprägt durch die Inbetriebnahme der weißen Stoffaufbereitungslinie (Strang 3). Auch wenn bis auf diesen Ausreißer sich der Abwasseranfall der PM4 bislang eher tendenziell verringert, wird er zukünftig eher wieder mit der angestrebten Zunahme des Anteils weißer Sorten ansteigen. Die jüngsten Werte vom Herbst 2012 zeigen jedoch die Wirksamkeit der Maßnahme der Biowasserentfärbung. Deren weiterer Ausbau wird noch weitere Fortschritte bringen und dem Anstieg aufgrund der Kapazitätsausweitung des weiß gedeckten Testliners entgegenwirken.

Als Nachweis für die Wirksamkeit der Biowasserentfärbung kann Abbildung 24 herangezogen werden. Sie zeigt grafisch den Frischwassereinsatz, der an zwei Produktionschargen des weiß gedeckten Testliners mitgeschrieben wurde. Außerdem wurde protokolliert, wieviel Bioreinwasser eingesetzt wurde. Ohne Einsatz des rückgeführten biologisch behandelten und entfärbten Prozesswassers wäre der Einsatz des Frischwassers entsprechend größer gewesen. Deshalb konnte der Frischwasserbedarf zwischen 1 und 2,5 m<sup>3</sup>/t gesenkt werden. Da der Abwasseranfall gleich dem Frischwassereinsatz abzüglich des Wassers ist, welches in der Trockenpartie verdunstet oder mit der Restfeuchte des Papiers und der Rejekte ausgetragen wird, sinkt auch der Abwasseranfall analog um 1 – 2,5 m<sup>3</sup>/t.

Auch der Branchenvergleich zeigt, wie zukunftsweisend das Konzept der PM4 in Hinblick auf Ressourcenschonung ist. Liegt der durchschnittliche Abwasseranfall der deutschen Papierindustrie (über alle Sorten) bei ca. 10 m<sup>3</sup>/t und sind es bei braunen AP-Verpackungspapieren

5 m<sup>3</sup>/t, so ist der durchschnittliche Abwasseranfall der PM4 mit unter 3 m<sup>3</sup>/t immer noch außerordentlich gering. Dies wird ganz besonders deutlich, wenn man die PM4 mit aktuellen Neuanlagen vergleicht, wie neue Maschinen in Ungarn, Polen oder Deutschland (hier in den neuen Bundesländern). Deren Werte liegen zwischen 4,5 und 6 m<sup>3</sup> Abwasser pro Tonne Produkt (verkaufsfähig), auch an den Standorten ohne Produktion weiß gedeckter Sorten.

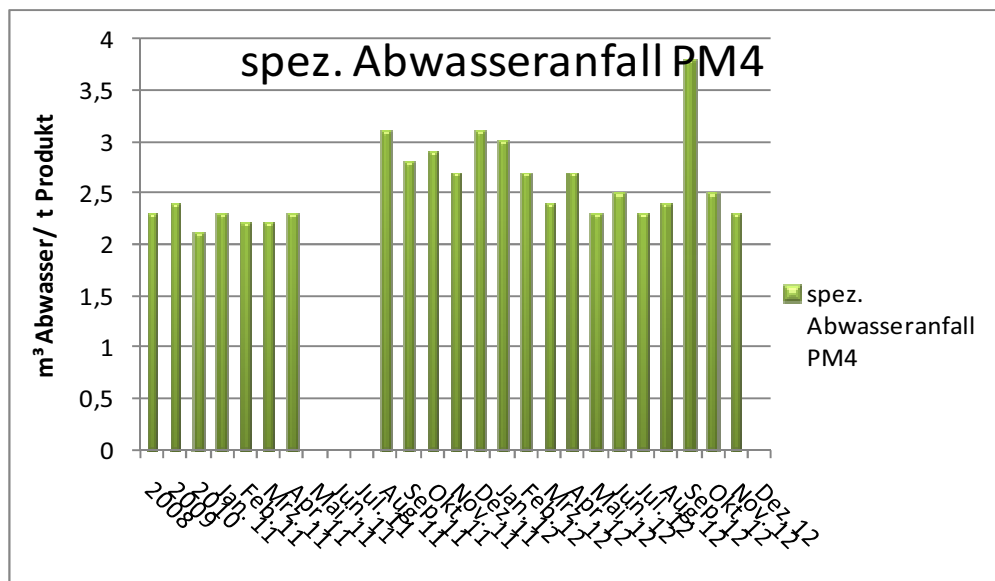
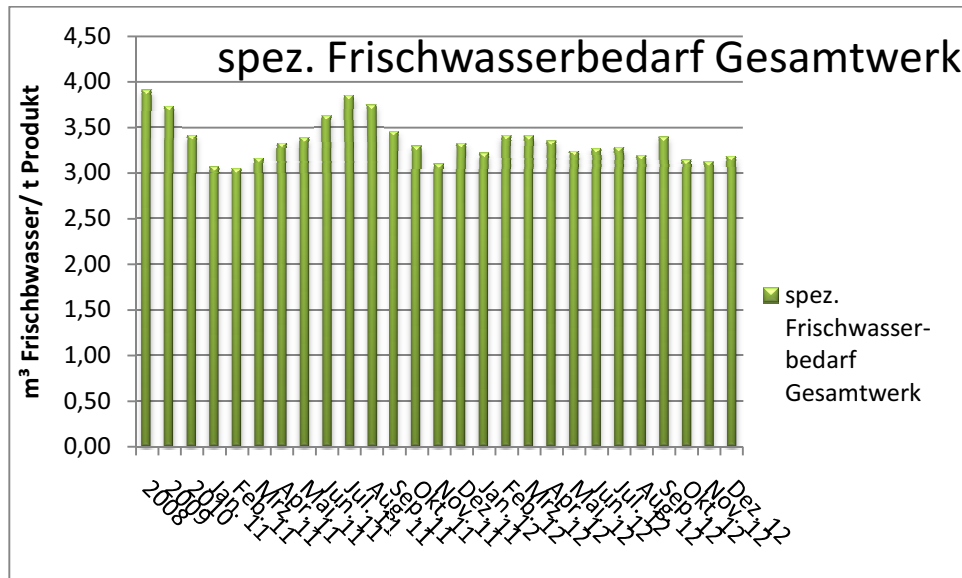


Abbildung 22: Entwicklung des spez. Abwasseranfalls

### 3.3.4 Entwicklung des Frischwasserbedarfs

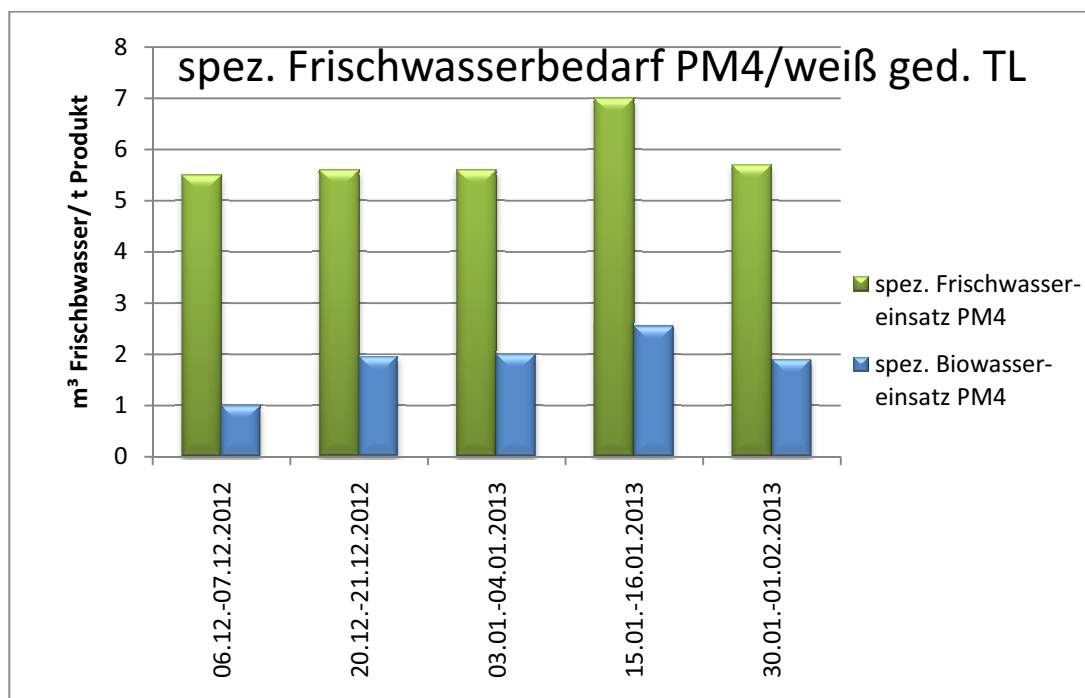
Abbildung 23 zeigt die Entwicklung des spez. Frischwasserbedarfs des Gesamtwerks einschließlich Kesselhaus, bezogen auf verkaufsfähige Produktionsmenge. Einzelmessungen der PM4 vor Herbst 2012 liegen nicht vor.

Die Bemühungen der Vorjahre sind erkennbar, die spez. Werte von knapp 4 auf 3 m<sup>3</sup>/t zu reduzieren. Während des Umbaus stand die Gesamtanlage nicht still, weshalb die Werte in dieser Zeit wieder anstiegen, zumal die PM4 im internen Vergleich bislang unterhalb des Werksmittelwerts lag. Nach kurzer Anlaufzeit normalisierte sich der Wert wieder, wobei jedoch anzumerken ist, dass es in 2012 kaum zur Produktion von weiß gedecktem Testliner kam, bei welcher es zu erhöhtem Frischwasserbedarf kommt. In 2012 wurde nur an 13 Tagen weiß produziert.



**Abbildung 23: Entwicklung des spez. Frischwasserbedarfs**

Um die Aussagekraft zu erhöhen, wurden jetzt noch 5 Produktionszyklen weißer Produktion speziell auf deren Frisch- und Biowassereinsatz hin untersucht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 24 festgehalten.



**Abbildung 24: Spez. Frischwassereinsatz PM4, weiß gedeckter Testliner**

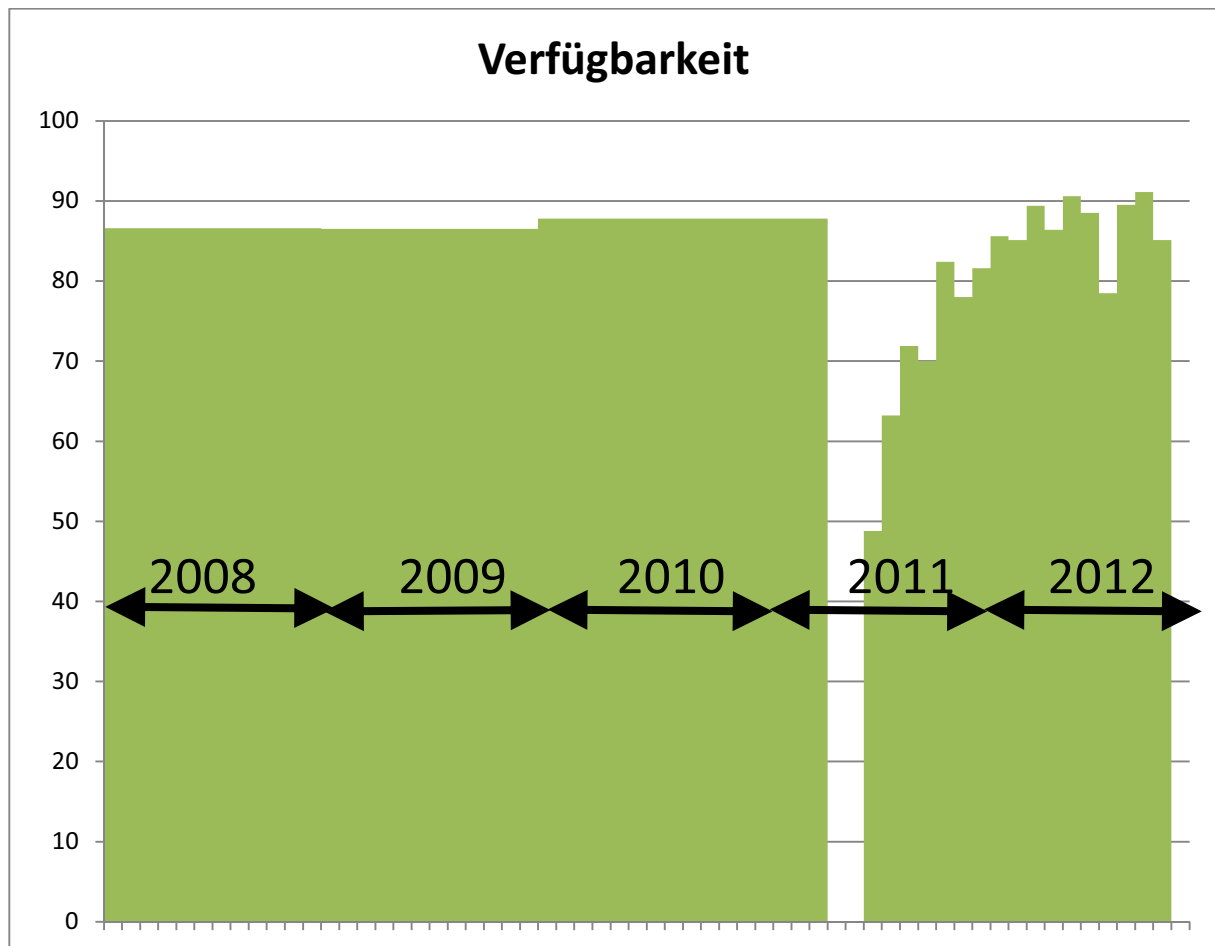
Die Frischwassermenge lag dabei bei allen Chargen weißen Testliners zwischen 5,5 m<sup>3</sup>/t und 7 m<sup>3</sup>/t. Es ist aber auch erkennbar, dass die Rückführung von entfärbtem Biowasser tatsächlich hilft, die Frischwassermenge um 2 m<sup>3</sup>/t, stellenweise 2,5 m<sup>3</sup>/t zu reduzieren, denn ohne den Einsatz von entfärbtem Biowasser läge der Wert des Frischwassereinsatzes entsprechend höher.

Eine noch höhere Rückführquote wird nicht angestrebt, da jede Kreislaufeinengung auch eine Aufsalzung der Prozesswasserkreisläufe bedeutet. Eine Erhöhung der Chloridkonzentration bewirkt in Verbindung mit den vorherrschenden Kreislaufwassertemperaturen zwischen 40 und 50 °C Korrosion und Lochfraß auch bei den eingesetzten hochwertigen V4A-Edelstählen.

### **3.4 Verfügbarkeit**

Das Projekt beinhaltet auch wesentliche Maßnahmen zur Verfügbarkeitssteigerung (siehe 2.2.4). Wie die folgende Grafik (Abbildung 25) zeigt, hat die Verfügbarkeit die Werte vor dem Umbau stellenweise bereits übertroffen, Tendenz weiter steigend. Ausreißer, wie August 2012 sind noch immer durch Inbetriebnahmeprozesse und verfahrenstechnische Optimierung verursacht, aber der Trend geht in die richtige Richtung. Im Jahresmittel (bis Nov. 2012) wird ein Durchschnitt von 86,4% erreicht. In 2011 lag die Verfügbarkeit bei 78,0%, was natürlich auf den Umbaumaßnahmen beruht. Der Wert aus 2010, das Jahr vor dem Umbau, wird damit bereits fast eingestellt (87,8%). Erste Monate zeigten bereits Verfügbarkeiten über 90%, weshalb man überzeugt davon ist, dass die Werte sich noch weiter steigern lassen. Ein wesentlicher Beitrag hierzu erfolgte durch die Arbeiten zum Septemberstillstand dieses Jahres, aber die Lernkurve hat sich noch nicht asymptotisch an die maximal erreichbare Konstante angenähert.

Wichtig ist, in diesem Zusammenhang, dass die Abrisshäufigkeit sich in 2012 bei dem niedrigen Wert von 1,45 Abrissen pro Tag eingespielt hat, was auch den verfügbarkeitssteigernden Maßnahmen gezollt ist. Wichtig der Vergleich zu den Vorjahren: In 2008 waren es noch 3,2 Abrisse am Tag, in 2009 liegt der Mittelwert bei 3,3, was sich in 2010 leicht auf 3,4 erhöht hat. In 2011 waren es 2,9 Abrisse täglich.



**Abbildung 25: Entwicklung der Maschinenverfügbarkeit**

### 3.5 Energiebilanz

Der Erfolg des Vorhabens steht in direktem Zusammenhang mit dem Eintreten der Prognose bezüglich dem Einsparen von Energie. Um den Nachweis hierfür zu führen, sind die tatsächlichen Verbräuche der beiden wichtigen Energieformen Prozesswärme (Dampf) und Strom mit den Zielwerten des Förderantrags zu vergleichen.

#### 3.5.1 Dampfeinsparung

Um die Wärmemenge zu bilanzieren, die eingespart wird, bieten sich verschiedene Herangehensweisen an. Zum einen kann auf die letzten spezifischen Werte der langfristigen Verbrauchsentwicklung (Kap. 3.3) zurückgegriffen werden. Zum anderen stehen die erreichten Werte der Testläufe der Serie A zur Verfügung. In beiden Fällen wurden die Dampfbedarfsmengen pro Tonne Produkt ermittelt. Diese Werte können mit dem Wert des

Energieeintrags multipliziert werden, der zur Erzeugung des Dampfes erforderlich ist. Dieser liegt in Varel bei 700 kWh/t Dampf, wie langfristige Messungen ergaben. Und letztlich bleibt noch die Bilanzierung der geförderten Einzelmaßnahmen, was Ausdruck darüber gibt, in wie weit diese zur gesamten Energieeinsparung beitragen.

Beim Blick auf die langfristige Entwicklung des spezifischen Dampfeinsatzes, wird sortenübergreifend deutlich, dass das Vorhaben von Erfolg geprägt ist. Ohne die Optimierungsphase bereits abgeschlossen zu haben, sank der spezifische Dampfverbrauchswert über alle Sorten und Flächengewichte im Oktober 2012 auf 1,4 t/t, wofür 980 kWh/t aufgewendet werden. Diese Werte beziehen sich im Gegensatz zu den Werten der Testreihen der Serie A auf die Netto-Verkaufsproduktion und berücksichtigen nicht den Kraftwerks- und Abwasserreinigungsanteil (Eigenbedarf).

Bei den Referenzsorten (140 g/m<sup>2</sup>) liegt der Wert bei 1,26 t/t bzw. 882 kWh/t (Wellenstoff), 1,35 t/t bzw. 945 kWh/t (weiß gedeckter Testliner) und 1,41 t/t bzw. 987 kWh/t (Kraft-Ersatz), wobei hierfür jeweils das Ergebnis der Testreihe A herangezogen wurde. Die selbstgesteckten Ziele, die als Förderkriterium betrachtet werden, wurden dabei bereits erreicht und teilweise sogar schon übertroffen. Prognostiziert waren 1,43 t/t (Wellenstoff), 1,36 t/t (weiß gedeckter Testliner) und 1,49 t/t (Kraft-Ersatz). Die Differenz, hochgerechnet auf 7920 Betriebsstunden und bei gleichen Produktionsanteilen ergibt, dass mehr als 14.000 MWh/a mehr eingespart würden, als im Antrag erwähnt.

Da nun nicht nur Referenzsorten mit 140 g/m<sup>2</sup> produziert werden, kann auch die Berechnung anhand der tatsächlich erreichten Filmpressen-Stärkekonsistenz erfolgen, womit auch der Erfolg der wesentlichsten Einzelmaßnahme abgebildet wäre. Denn bei der Ermittlung der Energieeinsparung ging man zum Zeitpunkt der Antragstellung von einer in der Nachtrockenpartie durchschnittlich zu verdampfenden Wassermenge aus, resultierend aus dem Feuchteeintrag über die Filmpresse. Mit den dabei zugrunde gelegten Annahmen lag man seinerzeit auf der sicheren Seite, denn es wurde ein Stärkekonsistenzbereich von 12 – 14 % unterstellt (Verdoppelung der Konsistenz laut Vorversuchen). Dementsprechend wurde auch Wert darauf gelegt, die Versuchsreihen überwiegend bei 14% Stärkekonsistenz durchzuführen, obwohl die Filmpresse einen Stärkeauftrag bei noch höheren Konsistenzen erlaubt, wie sich in der Praxis gezeigt hat.

Die Berechnung mit den bei allen Produkten erreichten 14% zeigt, dass anstelle der prognostizierten 8,4 t/h Wasser nunmehr nur noch 6,5 t/h verdampft werden müssen, als Mittelwert über das Sortenspektrum laut Tabelle 16 im Anhang 5.4. Mit den erforderlichen 1,296 t Dampf pro Tonne verdampften Wassers ergibt sich eine Heizdampfeinsparung von 109.000 t/a im Vergleich zu 98.500 t/a laut Antrag. Mit der Verdampfungsenthalpie von 2014 kJ/kg für Sattedampf ergibt sich eine Energieersparnis von 61.500 MWh pro Jahr, was immer noch 6.500 MWh mehr sind, als in 2010 vorsichtigerweise ausgewiesen wurde.

Bei der Ermittlung der Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes wurde nur Wellenstoff als Referenzsorte herangezogen, um sich an den ERP-Kriterien zu orientieren hinsichtlich des Vorher-Nachher-Vergleichs. Hier wurde eine Verbesserung des spez. Heizdampfbedarfs von 0,32 t

Dampf pro Tonne Wellenstoff auf den Wert 1,39 t/t (über alle Flächengewichte) angenommen. Unterstellt man bei allen Flächengewichten eine ähnliche Verbesserung des spezifischen Werts wie bei dem Referenz-Flächengewicht, dann erhöht sich die Differenz auf > 0,45 t/t. Bei dieser Berechnung erhöht sich die Einsparung von 50.000 MWh/a auf über 70.000 MWh/a, wenn also nur Wellenstoff hergestellt werden würde.

Hinzu kommt als weiterer Effekt die Einsparung aufgrund der noch zu erwartenden Verfügbarkeitssteigerung auf Werte über 90% hinaus. Wie sich in einigen Monaten des Jahres 2012 zeigte, ist ein Wert deutlich über 90% möglich, weshalb davon ausgegangen wird, dass der Zielwert des Förderantrags von 90,8% dauerhaft überschritten werden kann (87,8% in 2010 zuzüglich Verfügbarkeitssteigerung um 3%). Die dem Antrag zugrunde gelegte Dampfersparnis um 1.900 MWh/a erscheint realistisch.

Beide Einzelmaßnahmen (Filmpresse und Verfügbarkeitssteigerung) sind in der zusammenfassenden Tabelle 12, S. 79 enthalten.

### **3.5.2 Stromeinsparung**

Auch bezüglich des Themas Stromeinsparung verfolgte der Förderantrag sowohl die Strategie, den erwarteten spezifischen Strombedarf der einzelnen Sorten zu betrachten als auch die Effekte von Einzelmaßnahmen.

Die Sollwerte der dabei herangezogenen Referenzsorten mit 140 g/m<sup>2</sup> Flächengewicht liegen bei 370 kWh/t (Wellenstoff), 470 kWh/t (Kraft-Ersatz) und 490 kWh/t (weiß gedeckter Testliner). Dagegen liegen die in den Testreihen der Versuchsreihe A erreichten Werte bei 360 kWh/t (Wellenstoff), 430 kWh/t (Kraft-Ersatz) und 420 kWh/t (weiß gedeckter Testliner). Somit sind alle Zielwerte zumindest erreicht. Rechnet man die zusätzlichen Einsparenerfolge, analog zur Betrachtungsweise beim Dampf, auf das Jahr hoch, so ergibt sich eine Erhöhung der eingesparten Leistung von 12.500 MWh/a. Diese Werte sind, im Gegensatz zu den Zahlen der langfristigen Entwicklung des Stromverbrauchs aller Sorten (Abbildung 21), auf Bruttoproduktionszahlen bezogen und ohne Berücksichtigung der Eigenbedarfsmengen der Nebenanlagen (Kraftwerk und Abwasserbehandlung) ermittelt.

Bei den Einzelmaßnahmen wurde im Antrag für die Stoffaufbereitung von einer Stromeinsparung von 3.000 MWh/a ausgegangen. Diese resultierten aus der Reduktion von ca. 30 kWh/t alleine aus der Teilstromfahrweise. Legt man übliche spezifische Werte für Mahlung und Dispergierung in den jeweiligen Produktgruppen zugrunde und vergleicht diese mit den Aufschreibungen aus Tabelle 10, so liegt die Differenz mit Sicherheit noch höher. Da der Sortenmix hier sehr maßgeblich ist, wird weiterhin von 30 kWh/t an erzielter Einsparung ausgegangen, obwohl alles danach aussieht, dass der Wert in der Realität höher liegt. Die Drucksortierer leisten mit Werten zwischen 1 und 8 kWh/t wie prognostiziert ihren Beitrag zum sparsamen Gesamtkonzept.

Weitere Einzelmaßnahmen sind der Verzicht auf eine dritte Lage einschließlich Konstantteil sowie der Wegfall einer Nachtrockengruppe und der in der Produktgruppe der Verpackungspapiere neuartige Verdünnungswasserstoffauflauf. Deren Verbrauchsdaten liegen im Plan, weshalb die Einsparziele, die in Tabelle 3 aufgezeigt wurden, in der Tabelle 12 übernommen wurden.

## UIP Vorhaben „Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage“

Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH &amp; Co. KG

|                       | Maßnahmen                                                 | Energieeinsparung |                            |       | Herleitung                                    |               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------------------|---------------|
| 4.1 Gesamtanlage PM4  | Multiproduktanlage                                        | siehe 4.2-4.8     |                            |       | siehe 4.2-4.8                                 |               |
| 4.2 Stoffaufbereitung | 3 Linien Teilstrom mahlung                                | Strom             | 3.000                      | MWh/a | Min                                           | Max           |
|                       |                                                           |                   |                            |       | 70                                            | 100 kWh/t     |
|                       |                                                           |                   |                            |       | 20                                            | 50 %          |
|                       |                                                           |                   |                            |       | 14                                            | 50 kWh/t      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | 12                                            | 12 t/h        |
|                       |                                                           |                   |                            |       | 7920                                          | 7920 h/a      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | 168                                           | 600 kWh/h     |
|                       |                                                           |                   |                            |       | 1331                                          | 4752 MWh/a    |
|                       |                                                           |                   |                            |       |                                               | 3041 MWh/a    |
|                       |                                                           |                   |                            |       |                                               | 3000 MWh/a    |
|                       | Biowasserentfärbung in weißem Deckenstrang                | Wassereinsparung  | spez. Abwassermenge 2 m³/t |       |                                               |               |
| 4.3 Konstanter Teil   | Drucksortierer mit Rejekt-zirkulation                     | Strom             | 475                        | MWh/a | Einsparung                                    | 60 kW         |
|                       |                                                           |                   |                            |       |                                               | 475,2 MWh/a   |
| 4.4 Papiermaschine    | Zweilagigkeit (m. Hybridformer)                           | Strom             | 4.000                      | MWh/a | Einsparung                                    | 500 kW        |
|                       |                                                           |                   |                            |       |                                               | 3960 MWh/a    |
|                       | Druckversutarter Verdünnungs-wasserstoffauflauf           | Strom             | 295                        | MWh/a | Durchsatz                                     | 70000 l/min   |
|                       |                                                           |                   |                            |       | geringere Druckdifferenz                      | 30000 Pa      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Minderleistung                                | 35 kW         |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Prod.zeit                                     | 8400 h/a      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Einsparung                                    | 294,0 MWh/a   |
| 4.5 Verfügbarkeit     | Maßnahmen zur Verfügbarkeits-steigerung                   | Strom             | 2.400                      | MWh/a | Verfügbarkeitssteigerung                      | 3 %           |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Prod.zeit                                     | 8400 h/a      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Mehrzeit                                      | 252 h/a       |
|                       |                                                           |                   |                            |       | mittl. Produktion pro Stunde                  | 23,5 t/h      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Mehrproduktion pro Jahr                       | 5922 t/a      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | mittl. Stromverbrauch pro Tonne               | 400 kWh/t     |
|                       |                                                           |                   |                            |       |                                               | 2369 MWh/a    |
|                       |                                                           | Dampf             | 1.900                      | MWh/a | mittl. Dampfverbrauch                         | 1,71 t/t      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | mittl. Dampfverbrauch bei Abriss              | 33,3 %        |
|                       |                                                           |                   |                            |       | mittl. Dampfverbrauch bei Abriss              | 0,56943 t/t   |
|                       |                                                           |                   |                            |       | geringere Dampfverluste                       | 3372 t/a      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Energieinhalt pro Tonne Dampf                 | 0,55944 MWh/t |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Energieeinsparung                             | 1887 MWh/a    |
| 4.6 Filmpresse        | Erhöhung des Feststoffgehalts der Stärkeflotte            | Dampf             | 61.500                     | MWh/a | mittlere Wasserverdampfung aus Strich vorher  | 17,9713 t/h   |
|                       |                                                           |                   |                            |       | mittlere Wasserverdampfung aus Strich nachher | 7,5049 t/h    |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Diff.                                         | 10,4664 t/h   |
|                       |                                                           |                   |                            |       | spez. Dampfmenge pro verdampfte Wassermenge   | 1,32613 t/t   |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Prod.zeit                                     | 7920 h/a      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Dampfeinsparung                               | 109928 t/a    |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Wärmeinhalt Sattedampf 10 bar                 | 2014 kJ/kg    |
|                       |                                                           |                   |                            |       |                                               | 0,55944 MWh/t |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Einsparung                                    | 61499 MWh/a   |
| 4.7 Trockenpartie     | Stahlmantelzylinder (Erhöhung Wärmedurchgangskoeffizient) | siehe 4.6         |                            |       | siehe 4.6                                     |               |
|                       | Wegfall Nachtrockengruppe                                 | Strom             | 1.500                      | MWh/a | Antriebsleistung Trockengruppe                | 188 kW        |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Prod.zeit                                     | 7920 h/a      |
|                       |                                                           |                   |                            |       | Einsparung                                    | 1488,96 MWh/a |
| 4.8 Kesselhaus        | neue Dampfturbine mit erhöhtem Wirkungsgrad               | siehe 4.6         |                            |       | siehe 4.6                                     |               |
| Summe                 |                                                           | 75.070 MWh/a      |                            |       |                                               |               |

Tabelle 12: Energieeinsparung

### 3.6 CO<sub>2</sub>-Bilanz

Resultierend aus der Energiebilanz ergibt sich für die CO<sub>2</sub>-Reduktion folgendes Bild (Tabelle 13):

|                       | Maßnahmen                                                 | Energieeinsparung  | CO <sub>2</sub> -Einsparung        |                            | weitere Umwelteffekte                                       |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                       |                                                           |                    | CO <sub>2</sub> -Äquivalent Strom  | 544 kgCO <sub>2</sub> /MWh |                                                             |
|                       |                                                           |                    | CO <sub>2</sub> -Äquivalent Erdgas | 202 kgCO <sub>2</sub> /MWh |                                                             |
| 4.1 Gesamtanlage PM4  | Multiproduktanlage                                        | siehe 4.2-4.8      | siehe 4.2-4.8                      |                            | opt. Maschinennutzung<br>opt. Kraftwerkswirkungsgrad        |
| 4.2 Stoffaufbereitung | 3 Linien Teilstrom-mahlung                                | Strom 3.000 MWh/a  | 1.632 t CO <sub>2</sub> /a         |                            |                                                             |
|                       | Biowasserentfärbung in weißem Deckenstrang                |                    |                                    |                            | Wassereinsparung<br>spez. Abwassermenge 2 m <sup>3</sup> /t |
| 4.3 Konstanter Teil   | Drucksortierer mit Rejekt-rezirkulation                   | Strom 475 MWh/a    | 258 t CO <sub>2</sub> /a           |                            |                                                             |
| 4.4 Papiermaschine    | Zweilagigkeit (m. Hybridformer)                           | Strom 4.000 MWh/a  | 2.176 t CO <sub>2</sub> /a         |                            |                                                             |
|                       | Druckverlustarmer Verdünnungs-wasserstoffauflauf          | Strom 295 MWh/a    | 160 t CO <sub>2</sub> /a           |                            |                                                             |
| 4.5 Verfügbarkeit     | Maßnahmen zur Verfügbarkeits-steigerung                   | Strom 2.400 MWh/a  | 1.306 t CO <sub>2</sub> /a         |                            |                                                             |
|                       |                                                           | Dampf 1.900 MWh/a  | 384 t CO <sub>2</sub> /a           |                            |                                                             |
| 4.6 Filmpresse        | Erhöhung des Feststoffgehalts der Stärkeflotte            | Dampf 61.500 MWh/a | 12.423 t CO <sub>2</sub> /a        |                            |                                                             |
| 4.7 Trockenpartie     | Stahlmantelzylinder (Erhöhung Wärmedurchgangskoeffizient) | siehe 4.6          | siehe 4.6                          |                            |                                                             |
|                       | Wegfall Nachtrockengruppe                                 | Strom 1.500 MWh    | 816 t CO <sub>2</sub> /a           |                            |                                                             |
| 4.8 Kesselhaus        | neue Dampfturbine mit erhöhtem Wirkungsgrad               | siehe 4.6          | siehe 4.6                          |                            | Ausgleich Wirkungsgrad durch Änderung Stromkennzahl         |
| Summe                 |                                                           | 75.070 MWh/a       | 19.155 t CO <sub>2</sub> /a        |                            |                                                             |

**Tabelle 13: Erzielte CO<sub>2</sub>-Reduktion**

Die Umrechnung der Energieverbrauchswerte auf die entsprechende CO<sub>2</sub>-Reduktion erfolgte für den Dampfverbrauch gemäß der in 2010 bei Antragseinreichung von der Papier- und Kartonfabrik Varel ausgefüllten Anlage „Energieumrechnungszahlen und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren“ der Anlage zum Kreditantrag des ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramms (237, 247) der KfW-Förderbank mit dem CO<sub>2</sub>-Äquivalent für Erdgas von 202 g/kWh. Dort ist als Quelle das UBA genannt und angegeben, dass es sich um den Stand Oktober 2007 handelt. Beim Strombedarf wurde der Vergleichswert des gesamtdeutschen Strom-Mixes von 544 g/kWh gemäß uns per E-Mail im Februar 2013 vom UBA direkt übermittelten Angaben für 2010 eingesetzt, was das Gesamtbild im Vergleich zum Antrag noch einmal deutlich verbessert.

Hier ist hervorzuheben, dass zur Ermittlung der Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes nur die Zahlen der Einzelmaßnahmen verwendet wurden. Auf die Einsparungen, die in den Testläufen ermittelt wurden oder die sich aus der Beobachtung der langfristigen Verbrauchsentwicklung ergeben haben wird nicht zurückgegriffen, um die Herangehensweise mit den geringsten Einsparerfolgen verwendet zu haben.

### **3.7 Wirtschaftlichkeitsanalyse**

Die neue PM4 überzeugte von Beginn an mit einer Produktivität, die bereits in den ersten Monaten deutlich machte, dass die Ziele, die sich die Papier- und Kartonfabrik Varel mit dieser Anlage bezüglich der Produktionsmenge pro Stunde gesetzt hat, erreicht werden würden. Schon nach wenigen Monaten wurde wieder eine zur alten PM4 vergleichbare Fixkostendegression erreicht. Inzwischen fährt die PM4 zum Teil deutlich über der Produktivität vor dem Umbau und erhöht rein dadurch die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage.

Einen wie geplant wesentlichen Beitrag zur Kostensenkung leistet die neue Filmpresse, wobei hier noch keine vollständige Umsetzung vermeldet werden kann. Die heutigen Ergebnisse lassen aber vielmehr den Schluss zu, dass es Chancen gibt, über den geplanten Energiekostensenkungen in den spezifischen Dampfkosten pro Tonne zu liegen. Darüber hinaus können im Bereich der Qualität der Produkte gute bis sehr gute Ergebnisse bis zu einem Flächengewicht von 220 g/m<sup>2</sup> im Produktsegment Testliner III vermeldet werden. Das innovative Layout dieses Aggregates hat sich ausgezahlt und die vorhandenen Risiken im Bereich der Papierfestigkeiten sind nicht eingetreten.

Wesentlich ist dabei zu erwähnen, dass es neben den Effekten in den Fixkosten vor allem Erfolge im Bereich der Verfügbarkeit gibt. Dies führt parallel auch zur Senkung variabler Kosten, da eine bessere Verfügbarkeit insbesondere im Energiebereich Vorteile erzeugt. Auch die Hilfsstoffverbräuche werden dadurch nachhaltig beeinflusst und reduziert, da in vielen Fällen im Abrisszustand ansonsten Hilfsstoffe dosiert würden, die am Ende nicht in verkaufsfähiger Gutproduktion münden. Dies ist aus den Hilfsstoffaufschreibungen auch heute schon erkennbar, wenn auch auf Grund der Einfahrphase noch nicht im vollen Umfang.

Nach den ersten 9 Monaten, in denen die Anlage mit den üblichen Standardsorten auf Produktivität gebracht wurde, konnte seit dem zweiten Quartal 2012 mit der neuen Qualität JadeKraft erste Erfahrung auf der Maschine, aber vor allen Dingen am Markt gesammelt werden. Ziel der Papier- und Kartonfabrik Varel war es mit diesem Produkt eine sehr gute Alternative zu einem reinen Kraftlinerprodukt zu bieten. Neben den oben beschriebenen Effekten kann für dieses Produkt schon heute gesagt werden, dass die Ziele in Bezug auf die energetische Kostenreduktion im Vergleich zum Wettbewerbsprodukt sehr gut erreicht werden. Darüber hinaus konnten, wie erwartet, durch einen geeigneten Rohstoffmix in der Deckenlage, die optischen und auch technischen Eigenschaften sehr nahe an den Kraftliner herangeführt werden und dies bei geringeren Herstellkosten und flächengewichtsgleichem Einsatz bei den Kunden der Papier- und Kartonfabrik Varel. Die Verkaufserfolge können sich schon nach wenigen Monaten sehen lassen. Inzwischen werden bereits 5.000-6.000 t pro Monat von diesem Produkt auf der neuen PM4 gefahren, und dies mit gutem wirtschaftlichen Erfolg bei gleichzeitigem Einkaufsvorteil für unsere Kunden und geringerem Gesamtenergieverbrauch mit entsprechenden positiven Effekten auf die Umwelt. Weitere Paralleleffekte sind durch dieses Produkt zusätzlich im Logistikbereich zu sehen. So wird das Multiproduktkonzept mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit den Frachtkosten dienlich sein. Bei Produktions-

steigerungen auf einer Monoproduktmaschine müsste der Aktionsradius erhöht werden, um den Absatz zu sichern. JadeKraft als erstes neues Produkt zeigt schon auf, dass die Papier- und Kartonfabrik Varel dieses Produkt parallel zu den Standardprodukten zur Stammkundschaft vermarkten kann, ohne nennenswerte Erweiterung der logistischen Lieferkreise. Dies ist wirtschaftlich ein schöner Effekt und gleichzeitig umweltpolitisch sehr sinnvoll, da Importe aus Übersee oder Russland und Skandinavien mit langen Frachtwegen entfallen, da genau diese Produkte substituiert werden. Also eine echte win-win-Position unter mikro-ökonomischer Betrachtung für die Papier- und Kartonfabrik Varel und ökologischer Sicht im Bereich Energieeinsatz in der Logistik in direkter und indirekter Form.

Die nächste Produkteinführung hat dann im Herbst 2012 den Bereich der weißen Deckenpapiere betroffen. Die neue Sorte JadeWhite wird nach einer Reihe von Versuchsläufen nun langsam in den Markt eingeführt. Hier ist neben den niedrigen Energiekosten insbesondere der Faserstoffmix zu nennen, der eine nachhaltige Wirtschaftlichkeit versprechen lässt. Die Ansätze insbesondere auch Altpapiere einsetzen zu können, die üblicherweise wenig oder keine Verwendung für die Produktion weißer Deckenpapiere finden, geht hier voll auf. Die installierte Technologie führt zu guten Produkteigenschaften, es wurden bereits verschiedenste Druckversuche unternommen mit guten Ergebnissen. Ebenso die Festigkeiten sind beachtlich im Vergleich zum Wettbewerb und bieten somit langfristig für unsere Kunden Potentiale für Flächengewichtsreduktionen und damit Materialeinsparungen ohne Festigkeitsverlust bei der Verpackung.

Auch im Sektor der weißen Wellpappenpapiere zeigt sich, obgleich am Anfang der Marktbearbeitung, dass die für JadeKraft beschriebenen Effekte in der Logistik hier ebenso wirken.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass man mit heutigem Blick auf die Wirtschaftlichkeit der neuen PM4 sehr zufrieden sein kann. Insbesondere die Einsparungen im Energieumfeld sowie Logistik und die zu erwartenden Effekte im Hilfsstoffbereich durch die bessere Verfügbarkeit leisten wesentliche Kostenentlastungen. Die sehr guten Produkteigenschaften der neuen Papiere sowie der Standardsorten unterstreichen den Erfolg der Innovationsmaßnahmen im Energiebereich ohne technische Einschränkungen bei den Produkten. Wichtig ist abschließend noch zu erwähnen, dass die Umstellzeiten, gewissermaßen ein Nachteil eines Multiproduktlayouts, sehr gering sind. So kann heute von Standardsorten auf JadeKraft oder JadeWhite mit Rüstzeiten unter 30 min gerechnet werden, was zu geringen Ausschussquoten führt. Die Positiveffekte überwiegen bei Weitem.

Für das Kalenderjahr 2013 wird angestrebt die Papiermaschine 4 nahezu schon zu 40-50 % mit den neu entwickelten Qualitäten zu belegen. Das Produktspektrum soll dann um einen weißen JadeKraft ergänzt werden und auch der Bereich Wellenstoffe wird noch um ein Produkt erweitert, welches den Wettbewerb zu reinen Flutingpapieren sucht.

Nach nun fast 1,5 Jahren Produktion und noch nicht abgeschlossener Anfahrkurve kann man fest davon ausgehen, dass mit der Multiproduktmaschine 4 eine unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sehr erfolgreiche Anlage geschaffen wurde, die im Wesentlichen durch eine perfekte Kombination von Innovationen im Energiebereich und Produktvielfalt zu gutem

wirtschaftlichem Erfolg führen wird. Es handelt sich um ein praktisches Beispiel, bei dem sich Ökologie und Ökonomie Hand in Hand entwickeln und welches nicht nur von quantitativem Wachstum lebt, sondern sehr stark die Wertschöpfung neuer Produkte in den Vordergrund hebt.

## **4. Empfehlungen**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Die Erfahrungen aus der Praxiseinführung bestätigen die Erkenntnis, dass bei einem Investitionsprojekt dieser Größenordnung mit seinem sehr hohen Innovationsgrad nicht sämtliche Detailprobleme im Vorfeld zu erkennen und zu lösen sind. Dabei berühren die Detailfragen nicht die grundsätzliche Machbarkeit des Verfahrens im großtechnischen Maßstab. Diese Machbarkeit konnte bereits frühzeitig im Rahmen von Produktionsversuchen gezeigt werden. Hierfür herrschen in Varel ideale Voraussetzungen vor, aufgrund der Tatsache, dass bereits mit der Filmpresse der PM5 einige wichtige Vorversuche durchführbar waren, wodurch die Investitionsentscheidung auf technologischem Niveau hervorragend abgesichert werden konnte. Hier ist auch die KM3 mit ihrer Streichanlage zu erwähnen, die auch zum know-how-Gewinn insbesondere hinsichtlich zukünftiger Pläne, wie dem Pigmentieren in der Filmpresse der PM4, beitragen konnte.

Die Herausforderungen bei der Praxiseinführung eines solchen Demonstrationsvorhabens stellen sich vielmehr in Bezug auf die Unerfahrenheit im Umgang mit der neuen Technologie, die mit der Aufnahme neuer Produkte in den Warenkatalog zwangsläufig verbunden sind. Die Fähigkeiten der Papiermacher sind beim Zugewinn solch einer Produktvielfalt sehr gefragt. Insbesondere die Planung der neuen Stoffaufbereitungslinien wirft Fragen auf, welche durch externe Wissensträger auch nur begrenzt abgedeckt werden können. Insofern ist die Phase nach der Inbetriebsetzung gerade im Bereich der Stoffaufbereitungen in Teilbereichen als Iterativprozess zu sehen, bei welchem durch Erfahrungsgewinn Entscheidungen hinsichtlich Apparatewahl und deren Dimensionierung korrigiert werden müssen. Das kostet zwar Zeit, aber hier ist die Produktvielfalt wiederum ein klarer Vorteil, da die Papiermaschine trotz Schwierigkeiten bei einigen Produkten durch Belegung mit anderen Sorten hervorragend ausgelastet werden kann.

Unter diesem Aspekt ist die vorsichtige Herangehensweise bezüglich zu erwartender Qualitätsparameter, wie sie vom Vareler Planungsteam gegangen wurde, ein Vorteil. Das höchste technologische Risiko barg die Zweilagigkeit, bzw. das damit verbundene Risiko von Spaltfestigkeitsverlusten, wobei sich die Befürchtungen nicht bestätigt haben. Eher zu vorsichtig war man bei der Prognose der Festigkeitsparameter, die deutlich weniger Stärkeauftrag auf die weiß gedeckten Sorten erfordern, als dies erwartet wurde. Aus energetischer Sicht ist das derzeit noch ein Nachteil, denn um bei gleich hoher Stärkekonsistenz den Leim aufzutragen, benötigt man Rakel mit kleinerem Durchmesser, als die derzeit vorhandenen Typen. D.h. dass im weißen Produktbereich derzeit noch eher zu viel Wasser aufgetragen wird, was durch Nachrüstung kleinerer Auftragseinheiten als eines der nächsten Optimierungspunkte verstanden werden kann. Hier liegt also aus energetischer Sicht noch ein weiteres Potential, welches in 2013 einzubringen sein wird.

#### **4.2 Modellcharakter**

Abschließend sei hier noch einmal wiederholt, dass man in Varel überzeugt ist, dass sich gute Innovationen durchsetzen. Am Markt ist erfolgreich, wer wirtschaftlich produziert. Die nachhaltigen Anstrengungen der Papier- und Kartonfabrik Varel um integrierten Umweltschutz gehen mit den Bemühungen um Wirtschaftlichkeit einher.

Natürlich ist ein 4-Maschinenstandort in der glücklichen Lage, dass der Dampfversorgung fast immer eine hohe Grundlast abverlangt wird, was natürlich ideale Voraussetzungen für die Energiezentrale und deren Wirtschaftlichkeit mit sich bringt. Aber das Kraftwerkskonzept ist mit Sicherheit Vorbild für andere Mehrmaschinenstandorte, was bereits zwei Maschinen mit einschließt.

Die Antragsgegenstände, welche die Produktion betreffen, sind weitgehend übertragbar auf andere Hersteller von Wellpappenpapieren. Ganz im Vordergrund stehen die Filmpresse und die damit verbundene Stärkeflotte. Hier wird ein energetischer Nutzen auf äußerst hohem Niveau generiert, der Nachahmer in der Branche finden muss.

Auch die Stahlzylinder werden sich im Verpackungspapierbereich durchsetzen, denn die Papier- und Kartonfabrik Varel erbringt gerade deren Eignungsnachweis. Bei Neuanlagen wird dies durch die mögliche Verkürzung der Trockenpartie eine Kostensenkung durch eine kleinere Hallenbauweise erbringen.

Das neue Verdünnungswasserkonzept wird alleine schon im Interesse des potentiellen Anlagenlieferanten weltweit Vermarktung finden, sobald Varel als Erstreferenz im Verpackungspapierbereich genannt werden kann. Gleiches gilt für die Sortierkonzepte sowie die Biowasserentfärbung und die Langfasermahlung in allen Strängen, bzw. die Teilstromdispergierung mit anschließender Vollstromflotation.

Sicher ist die Konstellation der Papier- und Kartonfabrik Varel aus Karton- und Papierproduktion in dem beschriebenen, äußerst weiten Flächengewichtsbereich einmalig. Aber gerade diese Gruppierung von Papier- und Kartonmaschinen ermöglichte überhaupt erst die Entwicklung des Innovationsgedankens. Bereits 1999 wurde an der Kartonmaschine 3 eine Filmpresse für Stärke- und Pigmentauftrag installiert und mit Erfolg in Betrieb genommen. Als 2005 die PM 5 die Produktion mit einer Filmpresse aufnahm, lagen bereits wertvolle Erfahrungen mit diesem Aggregat vor.

Diese Erfahrungen führten im Nov./Dez. 2009 zu einem Programm diverser Versuchsreihen, höhere Wellpappenpapiergewichte zwischen 120 bis 170 g/m<sup>2</sup> mit einem Filmpressenauftrag zu präparieren. Diese Ergebnisse wurden mit den Leimpresenwerten der PM 4 verglichen. Hierauf basiert die Idee, auch an der PM 4 eine Filmpresse mit großem Walzendurchmesser zu installieren. Daraufhin wurde mit den infrage kommenden Maschinenlieferanten die Planung neu konzipiert. Im Gegensatz zur PM 5 mit 16 Nachtrockenzylindern, traute sich die Papier- und Kartonfabrik Varel zu, die PM 4 mit nur 13 Nachtrockenzylindern zu planen.

Andere Wellpappenpapierhersteller haben diese Möglichkeiten eben nicht, im laufenden Betrieb Erfahrungen mit Maschinenteknik zu sammeln, die eigentlich anderen Flächengewichtsbereichen zugeordnet ist. Die Risiken zu solchen Innovationsschüben erfordert die technologische Absicherung entweder durch Versuchsreihen, oder durch den Vergleich mit Referenzanlagen. Nur Varel hat die Ausstattung, welche die Sicherheiten lieferte, welche für die Umsetzung des Vorhabens angebracht war. Daher wird die Papier- und Kartonfabrik Varel die erste Referenz für den Filmpressenbetrieb im hohen Flächengewichtsbereich sein, an welcher sich Nachahmer orientieren können. Die Papier- und Kartonfabrik Varel trägt damit dazu bei, dass durch Innovation das Klima auch an Standorten der Papierindustrie besser geschützt und Ressourcen effizienter genutzt werden können.

#### 4.3 Zusammenfassung

Die Papier- und Kartonfabrik Varel hat im März 2010 bei der KfW-Bankengruppe einen Fördermittelantrag zum Demonstrationsvorhaben der Umweltinnovation „Umbau einer Papiermaschine (PM4) zur Multiproduktanlage“ gestellt. Die Fördermittel wurden bewilligt. Das Ziel des geförderten Umbaus war es auf der PM4 neben den bisherigen Standardsorten (Testliner II und III sowie Wellenstoff) Ersatzprodukte für Halbzellstoff-Fluting und Kraftliner produzieren zu können sowie weiß gedeckte Testliner.

Dabei soll der Anteil der Standardsorten an zukünftigen Produktionszahlen etwa 25 % ausmachen. Nach heutiger Produktionsplanung werden die weiß gedeckten Sorten die Papiermaschine zu etwa 50 % auslasten, die restlichen 25 % sind Kraft-Ersatzpapieren.

Die dabei eingesetzte Verfahrenstechnik sollte gleichzeitig die spezifischen Energieverbräuche senken. Folgende Umweltentlastungen wurden erwartet:

- Energieeinsparungen in Höhe von 67.070 MWh /a, was einer Senkung des Energieverbrauchs um 16,6% entspricht
- Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 13.548 t /a
- Senkung der spezifischen Abwassermenge bei der Produktion von weißen Papiersorten um 2 m<sup>3</sup>/t durch die Verwendung von biologisch gereinigtem Produktionswasser

Der Weg zur Multiproduktanlage geht über die in Tabelle 14 aufgelistete Einzelmaßnahmen.

| Bereich           | Maßnahmen                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stoffaufbereitung | <ul style="list-style-type: none"><li>• 2 neue Stoffaufbereitungslinien (weißer Strang, Kraftersatzstrang)</li><li>• Teilstrommahlung</li><li>• Biowasserentfärbung in weißem Deckenstrang und Rückführung in den Produktionsprozess</li></ul> |

|                 |                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Konstanter Teil | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drucksortiererkonzept mit Rejektrezirkulation</li> </ul>                                                                                              |
| Papiermaschine  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweilagigkeit (m. Hybridformer)</li> <li>• Druckverlustarmer Verdünnungswasserstoffauflauf</li> <li>• Maßnahmen zur Verfügbarkeitserhöhung</li> </ul> |
| Filmpresse      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung des Feststoffgehalts in der Stärkeflotte</li> </ul>                                                                                          |
| Trockenpartie   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahlmantelzylinder (Erhöhung des Wärmedurchgangskoeffizienten)</li> </ul>                                                                            |
| Kesselhaus      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• neue Dampfturbine mit erhöhtem Wirkungsgrad</li> </ul>                                                                                                |

**Tabelle 14: Maßnahmen Multiproduktanlage**

Das Ziel der Papier- und Kartonfabrik Varel der Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von rund 13.500 t CO<sub>2</sub> pro Jahr wird erreicht durch die hier gelisteten Einzelmaßnahmen. Den größten Einzelposten liefert dabei die Fahrweise der neuen Filmpresse, wobei dies durch die Summe von Einzelmaßnahmen erst ermöglicht wurde. Durch die innovative Erhöhung der Stärkeflottendichte auf hohe Konsistenzen wurde der spezifische Dampfverbrauch auf Werte weit unter Branchenvergleichswerte gedrückt.

Dies wird begleitet durch Stromeinsparmaßnahmen mit weiterem Innovationscharakter und neuen Wegen der Stoffaufbereitung, welche den Anstieg der Frisch – und Abwassermenge durch die Erweiterung des Produktportfolios zwar nicht verhindern, jedoch die neuen Sorten mit spezifischen Verbräuchen herstellbar machen, welche auch in diesem Bereich weit unter Branchenvergleichswerten liegen.

Bei der Produktion von weißgedecktem Testliner werden ca. 50% des Prozesswassers durch biologisch gereinigtes Produktionswasser substituiert. Dieses wird hierfür speziell konditioniert, bzw. entfärbt. Hierfür hat die Papier- und Kartonfabrik Varel anhand von Labor- und Betriebsversuchen einen Prozess ausgewählt, bei welchem das Klarwasser der Prozesswasserbehandlungsanlage mit einer Natriumdithionit-Lösung (= Hydrosulfit) versetzt wird. Dadurch können derzeit ca. 127.500 m<sup>3</sup> Frischwasser gespart werden. Dieser Wert kann langfristig noch verdoppelt werden. Dadurch liegt der spezifische Frischwasserbedarf für die weißen Sorten statt bei 7 bis 10 m<sup>3</sup>/t nur bei 5,5 bis 7 m<sup>3</sup>/t Produkt.

Die Umweltentlastungsziele, welche als Förderkriterien heranzuziehen sind, wurden damit erfüllt. Zur Bewertung der Umweltauswirkungen wurden umfangreiche Testläufe vorbereitet und durchgeführt, um spezifische Kennzahlen hinsichtlich Dampf- und Stromverbrauch sorten- und flächengewichtsabhängig zu ermitteln. Damit konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Ziele erreicht und teilweise sogar deutlich überschritten wurden, siehe Tabelle 15.

|                          | Erreichte Werte              |                                | Zielwerte                    |                                | Erreichte Werte                        | Zielwerte                              | Erreichte Werte                               | Zielwerte                                      |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                          | Dampf gesamt<br>spez.<br>t/t | Prozesswärme<br>spez.<br>kWh/t | Dampf gesamt<br>spez.<br>t/t | Prozesswärme<br>spez.<br>kWh/t | Gesamter<br>Strombedarf spez.<br>kWh/t | Gesamter<br>Strombedarf spez.<br>kWh/t | spez. CO <sub>2</sub> -<br>Äquivalent<br>kg/t | spez. CO <sub>2</sub> -<br>Äquivalent<br>kg/t* |
| weiß gedeckter Testliner | 1,35                         | 948                            | 1,35-1,40                    | 945 - 980                      | 421                                    | 490                                    | 421                                           | 461                                            |
| Wellenstoff              | 1,26                         | 884                            | 1,38 - 1,43                  | 965 - 1000                     | 362                                    | 370                                    | 376                                           | 400                                            |
| Kraftliner-Ersatz        | 1,41                         | 988                            | 1,45 - 1,50                  | 1000 - 1050                    | 434                                    | 470                                    | 436                                           | 463                                            |

\* bei mittlerem Zielwert

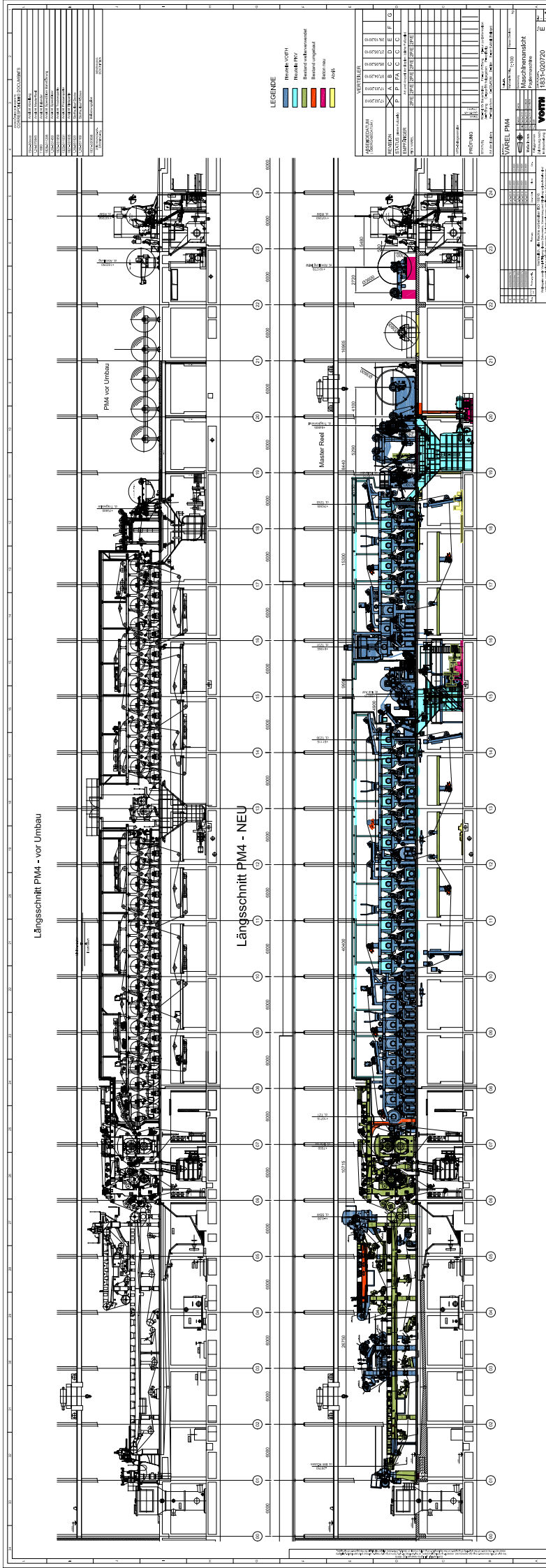
**Tabelle 15: Mittelwerte über alle Tests der Testreihe A bezogen auf Brutto-  
produktion ohne Nebengewerke**

Auch die Betrachtung der Entwicklung der spezifischen Dampfverbräuche über alle Sorten und Flächengewichte zeigt hervorragende Tendenzen. Der absolute Stromverbrauch ist leicht gestiegen, gleiches gilt für die Menge Abwasser, was in beiden Fällen an der Verschiebung im Produktportfolio hin zu höheren Qualitäten liegt. Aber auch hier zeigt der Benchmark mit anderen Herstellern, dass man die Messlatte für die Verbrauchszahlen deutlich höher legen konnte. Darüber hinaus kann man bestätigen, dass alle Einzelmaßnahmen, die zur Berechnung der angestrebten CO<sub>2</sub>-Reduktion beigetragen hatten, entsprechenden Beitrag leisten und gerade beim wichtigsten Teilprojekt, der höheren Stärkekonzentration an der Filmpresse, die Erwartungen übertroffen wurden. Somit kann heute anstatt der angestrebten 13.548 t CO<sub>2</sub> von einer Reduktion von mehr als 19.155 t/a ausgegangen werden, ausgelöst durch die geförderten Einzelmaßnahmen. Im Bezug zu den Annahmen des Förderantrags ist dies noch einmal eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Reduktion um 41,3 %. Zusammenfassend wurden durch die geförderten Maßnahmen tatsächlich folgende Einsparungen erreicht:

- Energieeinsparungen in Höhe von 75.070 MWh /a
- Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 19.155 t /a
- Senkung der benötigten Frischwassermenge um 127.500 m<sup>3</sup>/a

## **5. Anhang**

### **5.1 Längsschnitt PM4 vor und nach Umbau**



## **5.2    Blanko-Messprotokoll**

Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH & Co.KG

**Messprogramm zur Erfolgskontrolle  
der Fördermittelverwendung**

|                              |                                      |                    |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| <b>1. Datum:</b>             |                                      |                    |
|                              | Beginn Uhrzeit:                      | Ende Uhrzeit:      |
| <b>2. Referenzsorte</b>      |                                      |                    |
|                              | Sortennummer:                        | Sortenbezeichnung: |
|                              | Papiersorte:                         |                    |
| <b>3. Qualitätsparameter</b> |                                      |                    |
|                              | Flachstauchwiderstand, CMT:          | N                  |
|                              | Spaltfestigkeit, Scott-Bond:         | J/m <sup>2</sup>   |
|                              | Streifenstauchwiderstand, SCT quer:  | kN/m               |
|                              | Streifenstauchwiderstand, SCT längs: | kN/m               |
|                              | Berstfaktor:                         | kPa                |
|                              | Weißgrad                             | %                  |
|                              | Rupffestigkeit, Dennison             |                    |
|                              | Rauhigkeit, Bendtsen                 | ml/min             |
|                              | Wasseraufnahme, Cobb                 | ml                 |

|                                              |          |          |
|----------------------------------------------|----------|----------|
| 4. Altpapiereintrag                          |          |          |
| Rückenlage                                   | Sorte 1: | Menge: % |
|                                              | Sorte 2: | Menge: % |
|                                              | Sorte 3: | Menge: % |
|                                              | Sorte 4: | Menge: % |
| Deckenlage                                   | Sorte 1: | Menge: % |
|                                              | Sorte 2: | Menge: % |
|                                              | Sorte 3: | Menge: % |
|                                              | Sorte 4: | Menge: % |
| 5. Maschineneinstellungen                    |          |          |
| Maschinengeschwindigkeit (Poperoller): m/min |          |          |
| Produktionsleistung (Poperoller): t/h        |          |          |
| Stoffauflaufkonsistenz Rücken: %             |          |          |
| Stoffauflaufdruck Rücken: kPa                |          |          |
| Stoffauflaufkonsistenz Decke: %              |          |          |
| Stoffauflaufdruck Decke: kPa                 |          |          |
| Trockengehalt vor Filmpresse: %              |          |          |
| Trockengehalt nach Trockenpartie: %          |          |          |
|                                              |          |          |
| Bahnbreite am Poperoller: mm                 |          |          |
| Pressdruck 1. Presse: kN/m                   |          |          |
|                                              |          |          |

|                                                      |                  |      |                    |     |    |     |
|------------------------------------------------------|------------------|------|--------------------|-----|----|-----|
| Pressdruck 2. Presse:                                |                  | kN/m |                    |     |    |     |
| Pressdruck 3. Presse:                                |                  | kN/m |                    |     |    |     |
| Dampfdrücke                                          | 1.Gruppe         | bar  | 2.Gruppe           | bar |    |     |
|                                                      | 3.Gruppe         | bar  | 4.Gruppe           | bar |    |     |
|                                                      | 5.Gruppe         | bar  | 6.Gruppe           | bar |    |     |
| Dampftemp.                                           | 1.Gruppe         | °C   | 2.Gruppe           | °C  |    |     |
|                                                      | 3.Gruppe         | °C   | 4.Gruppe           | °C  |    |     |
|                                                      | 5.Gruppe         | °C   | 6.Gruppe           | °C  |    |     |
| Differenzdruck                                       |                  | bar  |                    |     |    |     |
| Kondensattemp.                                       |                  | °C   | Kondesatmenge      |     | °C |     |
| Stärkekonsistenz:                                    |                  |      | %                  |     |    |     |
| Stärkeauftragsmenge:                                 |                  |      | g/m²               |     |    |     |
| 6. Einstellungen Stoffaufbereitung AP-Strang Linie 1 |                  |      |                    |     |    |     |
| Hydrocyclon (Cleaner)                                | Durchsatz:       | m³/h | Einlaufkonsistenz: |     | %  |     |
|                                                      | Einlaufdruck:    | bar  | Auslaufdruck:      |     |    | bar |
|                                                      | Rejektrate:      | %    |                    |     |    |     |
|                                                      |                  |      |                    |     |    |     |
| Fraktionierung                                       | LF-Anteil:       | %    |                    |     |    |     |
|                                                      | LF-Konsistenz:   | %    | KF-Konsistenz:     |     |    | %   |
| Dispergierung                                        | Durchsatz:       | m³/h | Einlaufkonsistenz: |     |    | %   |
|                                                      | Stofftemperatur: | °C   |                    |     |    |     |
| Mahlung                                              | Durchsatz:       | m³/h | Einlaufkonsistenz: |     |    | %   |

|                                                                 |                    |      |                      |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|------|----------------------|
|                                                                 |                    |      |                      |
|                                                                 | spez. Mahlenergie: | kW/t |                      |
| <b>7. Einstellungen Stoffaufbereitung weißer Strang Linie 3</b> |                    |      |                      |
| Mahlung 1                                                       | Durchsatz:         | m³/h | Einlaufkonsistenz: % |
|                                                                 | spez. Mahlenergie: | kW/t |                      |
| Mahlung 2                                                       | Durchsatz:         | m³/h | Einlaufkonsistenz: % |
|                                                                 | spez. Mahlenergie: | kW/t |                      |
| Vertikalsichter                                                 | Durchsatz:         | m³/h | Einlaufkonsistenz: % |
|                                                                 | Rejektrate:        | %    |                      |
| Hydrocyclon (Cleaner)                                           | Durchsatz:         | m³/h | Einlaufkonsistenz: % |
|                                                                 | Einlaufdruck:      | bar  | Auslaufdruck: bar    |
|                                                                 | Rejektrate:        | %    |                      |
| Fraktionierung                                                  | LF-Anteil:         | %    |                      |
|                                                                 | LF-Konsistenz:     | %    | KF-Konsistenz: %     |
|                                                                 |                    |      |                      |
| Dispergierung                                                   | Durchsatz:         | m³/h | Einlaufkonsistenz: % |
|                                                                 | Stofftemperatur:   | °C   |                      |
| <b>8. Einstellungen Stoffaufbereitung Kraft-Strang Linie 2</b>  |                    |      |                      |
| Fraktionierung                                                  | LF-Anteil:         | %    |                      |
|                                                                 | LF-Konsistenz:     | %    | KF-Konsistenz: %     |
| Hdrocyclon (Cleaner)                                            | Durchsatz:         | m³/h | Einlaufkonsistenz: % |
|                                                                 | Einlaufdruck:      | bar  | Auslaufdruck: bar    |

|                                      |                                                 |                                                           |                      |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|
|                                      | Rejektrate:                                     | %                                                         |                      |
| Mahlung 1                            | Durchsatz:                                      | m³/h                                                      | Einlaufkonsistenz: % |
|                                      | spez. Mahlenergie:                              | kW/t                                                      |                      |
| Mahlung 2                            | Durchsatz:                                      | m³/h                                                      | Einlaufkonsistenz: % |
|                                      | spez. Mahlenergie:                              | kW/t                                                      |                      |
| <b>9. Einstellungen Konstantteil</b> |                                                 |                                                           |                      |
| Vertikalsichter<br>Decke             | Durchsatz:                                      | m³/h                                                      | Einlaufkonsistenz: % |
|                                      | Rejektrate:                                     | %                                                         |                      |
| Vertikalsichter<br>Rücken            | Durchsatz:                                      | m³/h                                                      | Einlaufkonsistenz: % |
|                                      | Rejektrate:                                     | %                                                         |                      |
|                                      |                                                 |                                                           |                      |
| <b>10. Dampfverbrauch</b>            |                                                 |                                                           |                      |
| Dampfleitungen i.O.                  |                                                 | ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> |                      |
| Übereinstimmung Dampfschema          |                                                 | ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> |                      |
| Messeinrichtung i.O.                 |                                                 | ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> |                      |
| Dampfverbrauchsdaten                 | Trockenpartie bei Abriss vor VTP t/h            |                                                           |                      |
|                                      | Vortrockenpartie Normalbetrieb<br>Dampf 1 t/h   |                                                           |                      |
|                                      | Nachtrockenpartie Normalbetrieb<br>Dampf 1 t/h  |                                                           |                      |
|                                      | Stärkeaufbereitung<br>Dampf 2, von PM5-Ltg. t/h |                                                           |                      |
|                                      | Filmpresse<br>Dampf 1 t/h                       |                                                           |                      |

|  |                                               |     |
|--|-----------------------------------------------|-----|
|  | Kalander<br>Dampf 1                           | t/h |
|  | Adsorptionstrockner<br>Dampf 1                | t/h |
|  | (Heizung)<br>Dampf 1                          | t/h |
|  | (Zentralölschmierung)<br>Dampf 1              | t/h |
|  | (Feuerlöschleitung Haube)<br>Dampf 1          | t/h |
|  | (Warmwassersystem)<br>Dampf 1                 | t/h |
|  | Rückwassererwärmung Deckschicht<br>Dampf 2    | t/h |
|  | Erwärmung Biowasser<br>Dampf 2                | t/h |
|  | Dampfblaskasten (Thermokompressor)<br>Dampf 2 | t/h |
|  | Siebwasserinjektoren Deckschicht              | t/h |

|                                  |                                    |                                                                     |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                  | Dampf 2                            |                                                                     |
|                                  | Siebwasserinjektoren Rückenlage    | t/h                                                                 |
|                                  | Dampf 2                            |                                                                     |
|                                  |                                    |                                                                     |
|                                  | MC-Pumpe                           | t/h                                                                 |
|                                  | Dampf 2                            |                                                                     |
|                                  | Sprühstärkekocher                  | t/h                                                                 |
|                                  | Dampf 2                            |                                                                     |
|                                  | Rückwassererwärmung Scheibenfilter | t/h                                                                 |
|                                  | Dampf 2                            |                                                                     |
|                                  | t/h                                |                                                                     |
|                                  | t/h                                |                                                                     |
|                                  | t/h                                |                                                                     |
|                                  | Disperger                          | t/h                                                                 |
|                                  | Dampf 2                            |                                                                     |
|                                  |                                    | t/h                                                                 |
|                                  |                                    | t/h                                                                 |
|                                  | Zuspeisung vom PM5                 | offen <input type="checkbox"/> geschlossen <input type="checkbox"/> |
|                                  |                                    |                                                                     |
| 11. Stromverbrauch               |                                    |                                                                     |
| Übereinstimmung Stromverteilplan |                                    | ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>           |
| Messeinrichtung i.O.             |                                    | ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>           |
| Zu-/Ausspeisung PM5              |                                    | ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>           |
| Stromverbrauchsdaten             | Gesamt PM4                         | kW                                                                  |
|                                  | Soffaufbereitung AP-Strang         | kW                                                                  |
|                                  | Stoffaufbereitung weißer Strang    | kW                                                                  |
|                                  | Stoffaufbereitung Kraft-Strang     | kW                                                                  |
|                                  | Disperger AP-Strang                | kW                                                                  |
|                                  |                                    |                                                                     |

|  |  |                                     |    |
|--|--|-------------------------------------|----|
|  |  | Disperger weißer Strang             | kW |
|  |  | Disperger Kraft-Strang              | kW |
|  |  | Mahlung AP-Strang                   | kW |
|  |  | Mahlung weißer Strang               | kW |
|  |  | Mahlung Kraft-Strang                | kW |
|  |  | Vertikalsichter weißer Strang       | kW |
|  |  | Vertikalsichter Konstantteil Decke  | kW |
|  |  | Vertikalsichter Konstantteil Rücken | kW |
|  |  | Maschinenantriebe Nasspartie        | kW |
|  |  | Maschinenantriebe 6. Trockengruppe  | kW |

### **5.3 Beispiel für einen PLS-Ausdruck als Messprotokoll zur Messreihe A**

## Prozessdaten

Übersicht PM4

Prozessdaten STA

## Leimung

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Leimung DS              | 1110l/min           |
| Leimung RS              | 1199l/min           |
| Rekelanpressung DS      | 65kPa               |
| Rekelanpressung RS      | 65kPa               |
| 1 Airturnkissendruck    | 1.78mbar            |
| 2 Airturnkissendruck    | 1.76mbar            |
| Linienkraft FP DS       | 39.9kN/m            |
| Linienkraft FP RS       | 39.9kN/m            |
| Enzymmenge              | 54.09ml/ml          |
| Stärkeauftrag DS        | 25l/min             |
| Stärkeauftrag RS        | 20l/min             |
| Leimkonzentration AB DS | 14.0%               |
| Leimkonzentration AB RS | 14.0%               |
| Konzentration VE        | 20.17%              |
| Stärkegehalt            | 3.6%                |
| Auftrag AB DS           | 19ml/m <sup>2</sup> |
| Auftrag AB RS           | 12ml/m <sup>2</sup> |

## Dampfdrücke

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Zylinder 1           | 2.98bar |
| Zylinder 2           | 3.16bar |
| Zylinder 3           | 3.16bar |
| Zylinder 4           | 3.16bar |
| Zylinder 5-8         | 3.49bar |
| Zylinder 10          | 3.48bar |
| Zylinder 12          | 3.66bar |
| Zylinder 9+11        | 3.67bar |
| Zylinder 13-30       | 4.17bar |
| Zylinder 31          | 2.98bar |
| Zylinder 32          | 2.94bar |
| Zylinder 33          | 2.99bar |
| Zylinder 34          | 3.04bar |
| Zylinder 36-42 unten | 3.30bar |
| Zylinder 35+43 oben  | 3.29bar |

## Spezifische Verbräuche

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Entschäumer SW1 DS     | 16.0l/h  |
| Entschäumer SW2 DS     | 7.0l/h   |
| Entschäumer SW1 RS     | 11.0l/h  |
| Entschäumer SW2 RS     | 8.1l/h   |
| Störstofffänger DS     | 0.00l/h  |
| Störstofffänger DS     | 4.74l/h  |
| Störstofffänger RS     | 15.57l/h |
| Störstofffänger RS     | 0.00l/h  |
| Störstofffänger RS     | 0.00l/h  |
| Farbstoff DS           | 44.70l/h |
| Farbstoff DS           | 0.00l/h  |
| Farbstoff RS           | 0.00l/h  |
| Farbstoff RS           | 0.00l/h  |
| Rezensionsmittel DS    | 874l/h   |
| Rezensionsmittel RS    | 1982l/h  |
| Spezifischer Dampfverb | 49.23t/h |
| Oberflächenleim P2     | 0.07l/h  |
| Oberflächenleim P1     | 85.42l/h |

## Presse

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Linienkraft: 1 Presse FS | 69.65kN/m |
| Linienkraft: 1 Presse TS | 69.35kN/m |
| Linienkraft: 2 Presse FS | 90.00kN/m |
| Linienkraft: 2 Presse TS | 90.20kN/m |
| Intensa Presse           | 1000kN/m  |

## Antriebe

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| 1 TG Leitsnrieb           | 811.00m/min |
| 2 TG Leitsnrieb           | 813.30m/min |
| 3 TG Leitsnrieb           | 814.90m/min |
| 4 TG Leitsnrieb           | 813.90m/min |
| 5 TG Leitsnrieb           | 815.90m/min |
| 6 TG Leitsnrieb           | 816.8m/min  |
| 7 TG Leitsnrieb           | 816.1m/min  |
| FP Auftragswalze 1        | 814.8m/min  |
| FP Auftragswalze 2        |             |
| Tragtronne                | 816.2m/min  |
| Kalande: Thermowalze      | 813.90m/min |
| Kalande: Breitstreckwalze |             |

## Maschineneinstellungen

|                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Aktuelle Sorte                    | 92960140              |
| Maschinengeschw.                  | 816.2m/min            |
| Flächengewicht                    | 140.4g/m <sup>2</sup> |
| Produktion                        | 36.00t/h              |
| Stoffauflaufkons. RS              | 1.33%                 |
| Stoffauflaufdruck RS              | 952.93mbar            |
| Stoffaufl. Durchfluss             | 71610l/min            |
| Stoffauflaufkons. DS              | 0.43%                 |
| Stoffauflaufdruck DS              | 897.20mbar            |
| Stoffaufl. Durchfluss             | 61221l/min            |
| Trockengehalt vor FP              | 10.9%                 |
| Trockengehalt nach T <sub>2</sub> | 5.9%                  |
| Seinbreite Poperoller             | 524.9cm               |
| Kondensattemperatur               | 96.39°C               |
| Kondensarmenge                    | 8.00t/h               |
| spez. Dampfverbrauch              | 1.37t/t               |
| spez. Stromverbrauch              | 337kWh/t              |

Zählstand el. Wirkleistung PV4

450707.22

Mish

## Prozessdaten STA

Trend frei

#### **5.4 Daten der Testreihe A**





| Dampf 1                     |                 |            |       |       |          |               |                         |                 |                |                         |                         |                            | Dampf 1       | Dampf 1                | Dampf von PA Dampf 2          |                               | Dampf Gesamt           |                  |                        |      |
|-----------------------------|-----------------|------------|-------|-------|----------|---------------|-------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------|
| Testlauf                    | Datum           | Uhrzeit    |       | Sorte | Tambour  | Tambour-start | Maschinen-geschw. m/min | Prod. menge t/h | Prod. Tamour t | Prod. menge Tambour t/h | spez.Dampfverbrauch t/t | spez. Stromverbrauch kWh/t | Stärkekonz. % | Dampfverbr. Gesamt t/h | Dampf-verbr. spez. Gesamt t/h | Dampf-verbr. Stärke 3 bar t/h | Dampf-verbr. 3 bar t/h | Dampf Gesamt t/t | Dampf gesamt spez. t/t |      |
| Kraft-Ersatz                | 960<br>135 g/m² | 26.07.2012 | 10:50 | 00:00 | 92960135 |               |                         | 777             | 32,93          | 0                       |                         | 1,3                        | 301           | 14                     | 42,67                         |                               | 0,91                   | 4,21             | 47,79                  | 1,45 |
|                             |                 |            | 11:36 | 00:46 | 92960135 | 12208078      | 10:53                   | 776             | 32,81          | 24,76                   | 33,01                   | 1,3                        | 346           | 14                     | 42,81                         | 1,30                          | 1,52                   | 4,17             | 48,5                   | 1,48 |
|                             |                 |            | 12:21 | 01:31 | 92960135 | 12208079      | 11:38                   | 777             | 33,12          | 25,22                   | 32,90                   | 1,26                       | 308           | 14                     | 41,76                         | 1,27                          | 1,92                   | 4,94             | 48,62                  | 1,47 |
| Differenz Summe             |                 |            |       |       |          |               |                         |                 | 49,98          |                         |                         |                            |               |                        |                               |                               |                        |                  |                        |      |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                 |            |       | 1,52  |          |               | 776,67                  |                 |                | 32,95<br>49,98          | 1,29                    | 318                        | 14,00         | 42,41                  | 1,28                          | 1,45                          | 4,44                   | 48,30<br>1,47    | 1,47                   |      |
|                             |                 |            |       |       |          |               |                         |                 |                |                         |                         |                            |               |                        |                               |                               |                        |                  |                        |      |
| Kraft-Ersatz                | 960<br>140 g/m² | 27.07.2012 | 05:21 | 00:00 | 92960140 |               |                         | 825             | 36,15          | 0                       |                         | 1,24                       | 313           | 14                     | 45,19                         |                               | 1,65                   | 4,8              | 51,64                  | 1,43 |
|                             |                 |            | 06:25 | 01:04 | 92960140 | 12209097      | 05:27                   | 825             | 36,14          | 37,59                   | 36,38                   | 1,23                       | 338           | 14                     | 44,28                         | 1,22                          | 1,9                    | 5,05             | 51,23                  | 1,42 |
| Differenz Summe             |                 |            |       |       |          |               |                         |                 | 37,59          |                         |                         |                            |               |                        |                               |                               |                        |                  |                        |      |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                 |            |       | 1,07  |          |               | 825,00                  |                 |                | 36,38<br>38,80          | 1,24                    | 326                        | 14,00         | 44,74                  | 1,22                          | 1,78                          | 4,93                   | 51,44<br>1,41    | 1,42                   |      |
|                             |                 |            |       |       |          |               |                         |                 |                |                         |                         |                            |               |                        |                               |                               |                        |                  |                        |      |
| Kraft-Ersatz                | 960<br>135 g/m² | 27.07.2012 | 06:25 | 00:00 | 92960140 |               |                         | 825             | 36,14          | 0                       |                         | 1,23                       | 338           | 14                     | 44,28                         |                               | 1,9                    | 5,05             | 51,23                  | 1,42 |
|                             |                 |            | 07:30 | 01:05 | 92960135 | 12209098      | 06:29                   | 829             | 35,06          | 36,04                   | 33,27                   | 1,23                       | 317           | 14                     | 43,08                         | 1,29                          | 1,47                   | 4,78             | 49,33                  | 1,41 |
|                             |                 |            | 08:35 | 02:10 | 92960135 | 12209099      | 07:34                   | 850             | 35,5           | 38,81                   | 35,82                   | 1,22                       | 316           | 14                     | 43,21                         | 1,21                          | 1,83                   | 4,7              | 49,74                  | 1,40 |
| Differenz Summe             |                 |            |       |       |          |               |                         |                 | 74,85          |                         |                         |                            |               |                        |                               |                               |                        |                  |                        |      |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                 |            |       | 2,17  |          |               | 834,67                  |                 |                | 34,55<br>74,85          | 1,23                    | 324                        | 14,00         | 43,52                  | 1,25                          | 1,73                          | 4,84                   | 50,10<br>1,45    | 1,41                   |      |



| Dampf 1                     |                            |         |       |          |          |               |                         |                 |                |                         |                          |                             | Dampf 1       | Dampf 1                | Dampf von PN              |                         | Dampf 2                | Dampf Gesamt  |                    |
|-----------------------------|----------------------------|---------|-------|----------|----------|---------------|-------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------------|
| Testlauf                    | Datum                      | Uhrzeit |       | Sorte    | Tambour  | Tambour-start | Maschinen-geschw. m/min | Prod. menge t/h | Prod. Tamour t | Prod. menge Tambour t/h | spez.Dampfv erbrauch t/t | spez. Stromverbra uch kWh/t | Stärkekonz. % | Dampfverbr. Gesamt t/h | Dampf-verbr. spez. Gesamt | Dampf-verbr. Stärke t/h | Dampf-verbr. 3 bar t/h | Dampf Gesamt  | Dampf gesamt spez. |
| Kraft-Ersatz                | 960 10.08.2012<br>135 g/m² | 20:10   | 00:00 | 92960135 |          |               | 779                     | 32,76           | 0              |                         | 1,27                     | 355                         | 17            | 41,35                  |                           | 1,73                    | 0                      | 43,08         | 1,32               |
|                             |                            | 21:07   | 00:57 | 92960135 | 12223113 | 20:15         | 800                     | 33,93           | 38,22          | 33,72                   | 1,2                      | 359                         | 17            | 40,53                  | 1,20                      | 1,45                    | 0,01                   | 41,99         | 1,24               |
|                             |                            | 22:20   | 02:10 | 92960135 | 12223114 | 21:23         | 810                     | 34,32           | 37,73          | 34,30                   | 1,24                     | 334                         | 17            | 42,38                  | 1,24                      | 0,73                    | 0                      | 43,11         | 1,26               |
|                             |                            | 23:31   | 03:21 | 92960135 | 12223115 | 22:29         | 817                     | 34,6            | 37,41          | 34,53                   | 1,29                     | 346                         | 17            | 45,71                  | 1,32                      | 1,72                    | 0,01                   | 47,44         | 1,37               |
|                             |                            | 00:31   | 04:21 | 92960135 | 12223116 | 23:34         | 846                     | 36              | 38,4           | 39,05                   | 1,25                     | 343                         | 17            | 45,03                  | 1,15                      | 1,82                    | 0                      | 46,85         | 1,30               |
| Differenz Summe             |                            |         |       |          |          |               |                         | 151,76          |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                            |         | 4,35  |          |          | 810           |                         |                 |                | 35,40<br>154,00         | 1,25                     | 347                         | 17,00         | 43,00                  | 1,23                      | 1,49                    | 0,00                   | 44,49<br>1,26 | 1,30               |
|                             |                            |         |       |          |          |               |                         |                 |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| weiß-gedeckter Testliner    | 400 14.08.2012<br>140 g/m² | 23:08   | 00:00 | 92420140 |          |               | 595                     | 26,16           | 0              |                         | 1,28                     | 398                         | 14            | 33,57                  |                           | 0,95                    | 0                      | 34,52         | 1,32               |
|                             |                            | 00:49   | 01:41 | 92420140 | 12228039 | 23:12         | 595                     | 25,96           | 44,17          | 25,98                   | 1,24                     | 358                         | 14            | 32,15                  | 1,24                      | 1,75                    | 0                      | 33,9          | 1,31               |
|                             |                            | 02:31   | 03:23 | 92420140 | 12228040 | 00:54         | 595                     | 25,91           | 42,91          | 25,24                   | 1,21                     | 351                         | 14            | 31,26                  | 1,24                      | 1,81                    | 0                      | 33,07         | 1,28               |
| Differenz Summe             |                            |         |       |          |          |               |                         | 87,08           |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                            |         | 3,38  |          |          | 595           |                         |                 |                | 25,61<br>86,65          | 1,24                     | 369                         | 14,00         | 32,33                  | 1,24                      | 1,50                    | 0,00                   | 33,83<br>1,32 | 1,30               |
|                             |                            |         |       |          |          |               |                         |                 |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Wellenstoff                 | 904 22.08.2012<br>140 g/m² | 01:25   | 00:00 | 92904140 |          |               | 869                     | 38,21           | 0              |                         | 1,31                     | 289                         | 13            | 49,93                  |                           | 1,49                    | 0                      | 51,42         | 1,35               |
|                             |                            | 01:39   | 00:14 | 92904140 | 12235046 | 01:28         | 869                     | 38,74           | 8,92           | 38,23                   | 1,3                      | 283                         | 13            | 50,39                  | 1,32                      | 1,46                    | 0,01                   | 51,86         | 1,34               |
| Differenz Summe             |                            |         |       |          |          |               |                         | 8,92            |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                            |         | 0,23  |          |          | 869           |                         |                 |                | 38,23<br>8,92           | 1,31                     | 286                         | 13,00         | 50,16                  | 1,32                      | 1,48                    | 0,01                   | 51,64<br>1,35 | 1,34               |



| Dampf 1                     |                            |                |       |          |                        |               |                         |                 |                |                         |                          | Dampf 1                     | Dampf 1       | Dampf von PN Dampf 2   |                           | Dampf Gesamt            |                        |               |                    |
|-----------------------------|----------------------------|----------------|-------|----------|------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------------|
| Testlauf                    | Datum                      | Uhrzeit        |       | Sorte    | Tambour                | Tambour-start | Maschinen-geschw. m/min | Prod. menge t/h | Prod. Tamour t | Prod. menge Tambour t/h | spez.Dampfv erbrauch t/t | spez. Stromverbra uch kWh/t | Stärkekonz. % | Dampfverbr. Gesamt t/h | Dampf-verbr. spez. Gesamt | Dampf-verbr. Stärke t/h | Dampf-verbr. 3 bar t/h | Dampf Gesamt  | Dampf gesamt spez. |
|                             |                            | Momentaufnahme |       |          |                        |               |                         |                 |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               | t/t                |
| Kraft-Ersatz                | 960 05.09.2012<br>135 g/m² | 22:15          | 00:00 | 92960135 |                        |               | 817                     | 34,63           | 0              |                         | 1,39                     | 351                         | 14            | 47,98                  |                           | 1,8                     | 0,01                   | 49,79         | 1,44               |
|                             |                            | 23:23          | 01:08 | 92960135 | 12249073               | 22:21         | 816                     | 34,66           | 35,55          | 34,97                   | 1,38                     | 349                         | 14            | 47,58                  | 1,36                      | 0,94                    | 0,01                   | 48,53         | 1,40               |
|                             |                            | 00:21          | 02:06 | 92960135 | 12249074               | 23:22         | 817                     | 34,7            | 35,16          | 34,58                   | 1,39                     | 325                         | 14            | 48,16                  | 1,39                      | 1,85                    | 0                      | 50,01         | 1,44               |
|                             |                            | 01:20          | 03:05 | 92960135 | 12249075               | 00:23         | 816                     | 34,73           | 33,36          | 34,51                   | 1,42                     | 325                         | 14            | 49,51                  | 1,43                      | 1,58                    | 0,01                   | 51,1          | 1,47               |
| Differenz Summe             |                            |                |       |          |                        |               |                         | 104,07          |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                            |                |       | 3,08     |                        |               | 817                     |                 |                | 34,69<br>106,95         | 1,40                     | 338                         | 14,00         | 48,31                  | 1,40                      | 1,54                    | 0,01                   | 49,86<br>1,44 | 1,44               |
|                             |                            |                |       |          |                        |               |                         |                 |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Kraft-Ersatz                | 960 06.09.2012<br>140 g/m² | 01:20          | 00:00 | 92960135 | 12249075               |               | 816                     | 34,73           |                |                         | 1,42                     | 325                         | 14            | 49,51                  |                           | 1,58                    | 0,01                   | 51,1          | 1,47               |
|                             |                            | 02:25          | 01:05 | 92960135 | 12249076               | 01:21         | 816                     | 36              | 35,57          | 34,42                   | 1,37                     | 337                         | 14            | 49,18                  | 1,43                      | 1,92                    | 0                      | 51,1          | 1,42               |
|                             |                            | 03:23          | 02:03 | 92960135 | 12249077               | 02:23         | 817                     | 35,35           | 37,34          | 35,01                   | 1,38                     | 305                         | 14            | 48,96                  | 1,40                      | 1,87                    | 0,01                   | 50,84         | 1,44               |
| Differenz Summe             |                            |                |       |          |                        |               |                         | 72,91           |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                            |                |       | 2,05     |                        |               | 816                     |                 |                | 34,71<br>71,16          | 1,39                     | 322                         | 14,00         | 49,22                  | 1,41                      | 1,79                    | 0,01                   | 51,01<br>1,47 | 1,44               |
|                             |                            |                |       |          |                        |               |                         |                 |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Kraft-Ersatz                | 960 22.09.2012<br>140 g/m² | 16:13          | 00:00 | 92960135 |                        |               | 645                     | 28,35           | 0              |                         | 1,4                      | 360                         | 14            | 39,62                  |                           | 1,89                    | 0                      | 41,51         | 1,46               |
|                             |                            | 17:35          | 01:22 | 92960135 | 122266117              | 16:18         | 646                     | 27,99           | 37,7           | 28,28                   | 1,4                      | 344                         | 14            | 39,43                  | 1,39                      | 0,98                    | 0                      | 40,41         | 1,44               |
|                             |                            | 19:28          | 03:15 | 92960135 | 122266118<br>122266119 | 17:38         | 645                     | 27,99           | 54             | 29,45                   | 1,41                     | 341                         | 14            | 39,68                  | 1,35                      | 2,19                    | 0                      | 41,87         | 1,50               |
| Differenz Summe             |                            |                |       |          |                        |               |                         | 91,7            |                |                         |                          |                             |               |                        |                           |                         |                        |               |                    |
| Mittelwert spez. Rechenwert |                            |                |       | 3,25     |                        |               | 645                     |                 |                | 28,86<br>93,81          | 1,40                     | 348                         | 14,00         | 39,58                  | 1,37                      | 1,69                    | 0,00                   | 41,26<br>1,43 | 1,47               |











## 5.5 Sortentabelle mit Dampfbedarfsprognose

| Sorten-<br>nr.: | Referenzsorte | Flächengew.<br>g/m <sup>2</sup> | Strich<br>g/m <sup>2</sup> | Konsistenz | PM Prod.<br>t/h | PM abs.<br>t/h | Dampfverbrauch                                  |  | Stoffaufb.<br>t/h | Gesamt<br>t/h | Gesamt Spez.<br>spezifisch t <sub>D</sub> /t <sub>P</sub> |
|-----------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|------------|-----------------|----------------|-------------------------------------------------|--|-------------------|---------------|-----------------------------------------------------------|
|                 |               |                                 |                            |            |                 |                | PM<br>spezifisch t <sub>D</sub> /t <sub>P</sub> |  |                   |               |                                                           |
| 904             | Wellenstoff   | 140                             | 4,6                        | 12%        | 39,6            | 51,1           | 1,29                                            |  | 5,5               | 56,6          | 1,43                                                      |
| 904             | Wellenstoff   | 170                             | 4,6                        | 12%        | 39,4            | 49,0           | 1,24                                            |  | 5,5               | 54,5          | 1,38                                                      |
| 907             | Testliner 3   | 140                             | 4,1                        | 12%        | 39,5            | 48,2           | 1,22                                            |  | 3,5               | 51,7          | 1,31                                                      |
| 907             | Testliner 3   | 170                             | 4,1                        | 12%        | 39,3            | 48,0           | 1,22                                            |  | 3,5               | 51,5          | 1,31                                                      |
| 400             | Weißer Liner  | 140                             | 4,1                        | 12%        | 39,5            | 48,2           | 1,22                                            |  | 5,5               | 53,7          | 1,36                                                      |
| 400             | Weißer Liner  | 170                             | 4,1                        | 12%        | 39,3            | 48             | 1,22                                            |  | 5,5               | 53,5          | 1,36                                                      |
| 903             | HP Fluting    | 140                             | 6                          | 14%        | 39,9            | 51,8           | 1,30                                            |  | 3,5               | 55,3          | 1,39                                                      |
| 960             | Kraft-Ersatz  | 140                             | 6                          | 14%        | 34,8            | 46,5           | 1,34                                            |  | 5,5               | 52            | 1,49                                                      |
| 960             | Kraft-Ersatz  | 170                             | 6                          | 14%        | 34,5            | 44,4           | 1,29                                            |  | 5,5               | 49,9          | 1,45                                                      |

**Tabelle 16: Spezifische Dampfverbräuche**

## **5.6 Papierproben**

Folgende Seiten sind Proben der drei Referenzsorten (nur in der Papierversion des Abschlussberichts enthalten).

- |        |                          |                      |
|--------|--------------------------|----------------------|
| - 904  | Wellenstoff              | 140 g/m <sup>2</sup> |
| - 960  | Kraft-Ersatz             | 140 g/m <sup>2</sup> |
| - 400* | weiß gedeckter Testliner | 140 g/m <sup>2</sup> |

\* Die Sorte hat heute die Bezeichnung 420.

|   |     |             |                      |
|---|-----|-------------|----------------------|
| - | 904 | Wellenstoff | 140 g/m <sup>2</sup> |
|---|-----|-------------|----------------------|

|   |     |              |                      |
|---|-----|--------------|----------------------|
| - | 960 | Kraft-Ersatz | 140 g/m <sup>2</sup> |
|---|-----|--------------|----------------------|

Abschlussbericht zum 30.09.2012

UIP Vorhaben „Umbau der PM4 zur Multiproduktanlage“

Papier- u. Kartonfabrik Varel GmbH & Co. KG

120

---

|   |     |                          |                      |
|---|-----|--------------------------|----------------------|
| - | 400 | weiß gedeckter Testliner | 140 g/m <sup>2</sup> |
|---|-----|--------------------------|----------------------|