

BMU-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

Demonstrationsvorhaben "Wärmerückgewinnung und effektive Abwärmenutzung durch Kombination von zwei unterschiedlichen Prozesslinien am Beispiel von Pommes Frites und Chips"

Fördernehmer/-in:

Agrarfrost GmbH & Co. KG
Aldrup 3
27793 Wildeshausen

Umweltbereich:

Klimaschutz, Energie, Integrierter Umweltschutz

Laufzeit des Vorhabens:

19.07.2013 bis 31.08.2014

Autoren:

Behrens, Andreas
Kerstens, Thomas

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

November 2014

Berichts-Kennblatt

| | |
|--|---|
| Aktenzeichen: UBA 70441-4/1 | Vorhaben-Nr.: 20265 |
| Titel des Vorhabens: " Wärmerückgewinnung und effektive Abwärmenutzung durch Kombination von zwei unterschiedlichen Prozesslinien am Beispiel von Pommes Frites und Chips" | |
| Autor(en); Name(n), Vorname(n) Behrens, Andreas Kerstens, Thomas | Vorhabenbeginn: 19.07.2013 |
| | Vorhabenende (Abschlussdatum): 31.08.2014 |
| Fördernehmer/-in (Name, Anschrift) Agrarfrost GmbH & Co. KG Aldrup 3 27793 Wildeshausen | Veröffentlichungsdatum: 24.11.2014 |
| | Seitenzahl: 32 Seiten |
| Gefördert (aus der Klimaschutzinitiative) im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. | |
| Kurzfassung: Das Demonstrationsprojekt „Wärmerückgewinnung und effektive Abwärmenutzung durch Kombination von zwei unterschiedlichen Prozesslinien am Beispiel von Pommes Frites und Chips“ des Unternehmens Agrarfrost GmbH & Co. KG hatte als Ziel den größten Teil verschiedener Prozessstufen in der Produktion mit einer WRG-Anlage mit anschließender Kälteabsorptionsnutzung aufzubauen. Im Rahmen dieses Projektes konnte demonstriert werden, dass eine Kombination verschiedener Prozesslinien mit der Nutzung der Abwärme aus Brüden in der Produktion von Kartoffelprodukten zu einer hohen Energieeinsparung führen kann. Eine thermische Nachverbrennung kann darüber hinaus eingespart werden. Das Projekt trägt entscheidend dazu bei, den Gesamtprozess umweltverträglicher zu gestalten und damit einen Beitrag zur Harmonisierung von produktionsbedingter Umweltbelastung einerseits und der Notwendigkeit der innovativen Wärmenutzung andererseits zu leisten. | |
| Schlagwörter: Wärmerückgewinnung, Abwärmenutzung, Effizienz in der Produktion, Brüdenkondensation. | |
| Anzahl der gelieferten Berichte: Papierform: fünffach Elektronischer Datenträger: 1 USB Stick | Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet; geplant auf der Homepage www.agrarfrost.de |

Report Cover Sheet

| | |
|--|---|
| Reference number: UBA 70441-4/1 | Project number: 20265 |
| Project title: " Demonstration of a heat recovery system and efficient waste heat usage by combining two different product lines through the example of potato fries and chips" | |
| Author(s), Family Name(s), First Name(s): Behrens, Andreas Kerstens, Thomas | Project start: 19.07.2013 |
| | Project completion: 31.08.2014 |
| Performing Organisation (Name, Address): Agrarfrost GmbH & Co. KG Aldrup 3 27793 Wildeshausen | Publication date: 24.11.2014 |
| | Pages: 32 |
| Funded by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety within the Environmental Innovation programme. | |
| <p>Abstract:</p> <p>The demonstration project "Demonstration of a heat recovery system and efficient waste heat usage by combining two different product lines through the example of potato fries and chips", carried out by Agrarfrost GmbH & Co. KG, aimed at installing a heat recovery solution for several steps in the production process of potato products, including a absorption refrigerating system.</p> <p>In the given project, a sophisticated heat recovery solution for the usage of waste heat from production processes in the potato processing industry is installed and demonstrated. The heat recovery is based on the usage of exhaust vapour. Two different production lines (chips and fries) are combined regarding their characteristic energy demand and supply figures, leading to a remarkable increase in the energy efficiency of the plant and reducing the primary energy consumption. By this innovative approach for a reduction of energy consumption, the project has an effect on the environmental impact of the food production industry and could function as a role model for other plants.</p> | |
| <p>Keywords:</p> <p>Heat recovery, Waste heat usage, efficient production, food production, steam condensation</p> | |
| Number of reports supplied: Hardcopy: 5 Electronic data carriers:: 1 USB Stick | Other media: A publication is planned on the website www.agrarfrost.de |

Kurzfassung

Beschreibung

Das Unternehmen produziert am Standort Oschersleben Chips und Pommes Frites. In dem vorgestellten Vorhaben wurde eine komplexe Wärmerückgewinnungsanlage für die Verwendung von Abwärme in Form von Brüden aus der Produktion von Kartoffelprodukten aufgebaut und die Funktionsweise der Gesamtanlage demonstriert. Zwei verschiedene Produktlinien konnten anhand ihrer charakteristischen Merkmale hinsichtlich Energieverbrauch und Wärmeentstehung optimal miteinander kombiniert werden. Dadurch konnte eine hohe Energieeffizienzsteigerung und eine Einsparung von erheblichen Mengen Primärenergie erreicht werden.

Anwendbarkeit der Technik

Die vorgestellte Technik kann überall dort in industriellen Produktionsprozessen angewendet werden, wo Abwärme in Form von Brüden, Dämpfen oder heißen Gasen entsteht und gleichzeitig Wärmeverbraucher existieren, die diese Abwärme verwenden können. Die Besonderheit liegt in der komplexen Steuerung der Wärmeflüsse in Abhängigkeit von Wärmeangebot und – nachfrage im Werk. Das Anwendungsspektrum in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, wo in diversen Erwärmungsprozessen bzw. Erhitzungsprozessen z.B. Fritteusen, Brateinheiten und Backeinheiten eingesetzt werden, ist sehr groß. Die hierbei entstehenden Brüden aus verschiedensten Ölen, Aerosolen, Fetten oder Gerüchen müssen im Normalfall aufwendig neutralisiert und entsorgt werden.

Wesentliche Vorteile für die Umwelt

Wesentliche Vorteile für die Umwelt durch dieses Vorhaben ergeben sich durch eine große Energieeinsparung in der Produktion von Chips und Pommes Frites am Standort des Unternehmens in Oschersleben. Die eingesparte Energie beträgt derzeit etwa 19.835 MWh pro Jahr, was einer Senkung des CO₂-Ausstoßes um 4.224 t pro Jahr entspricht.

Medienübergreifende Aspekte

Durch die Umsetzung des Projektes werden keine medienübergreifenden Aspekte angesprochen.

Kostendaten

Die Gesamtkosten für die Installation des Wärmerückgewinnungssystem inklusive Peripherie und betragen etwa 3,6 Millionen €. Dem gegenüber stehen Einsparungen durch reduzierte Energiekosten in der Zukunft.

Sonstige Betriebsdaten

-

Referenzliteratur

Printmedien

1. BMU Umwelt Februar 2014
2. Volksstimme – Oscherslebener Tageblatt – 7. Februar 2014
3. Generalanzeiger Oschersleben-Wanzleben – 19. Februar 2014

Internet

4. Umweltinnovationsprogramm – 19. Dezember 2013
5. Pressemitteilung BMU – 10. Januar 2014
6. klimAktiv.de – 10. Januar 2014 (Pressemitteilung BMU)
7. energie-experten.org – 11. Januar 2014
8. umwelt-monitor – Hinweis auf 5. und 7.
9. Pregas – (Pressemitteilung BMU)
10. Gabot.de – 17. Januar 2014 (Pressemitteilung BMU)
11. Homepage Waltraud Wolff – 6. Februar 2014
12. Fördermittel-Beratung – 5. Juni 2014

Summary

Description

Main products of the companies Oschersleben plants are chips and fries. In the given project, a sophisticated heat recovery solution for the usage of waste heat from production processes in the potato processing industry is installed and demonstrated. The heat recovery is based on the usage of exhaust vapour. Two different production lines (chips and fries) are combined regarding their characteristic energy demand and supply figures, leading to a remarkable increase in the energy efficiency of the plant and reducing the primary energy consumption.

Applicability

The described technology is applicable in all production processes with waste heat streams (such as steam) and at the same time heat consumers which can be operated with those waste heat. Key part of the concept is a sophisticated control system, used for the control of heat demand and supply within the factory. Main potential users are from the food and beverage industry (Processes including baking, frying), but further possibilities go beyond this sectors. In many state of the art production processes, polluted (with pollutants such as oils, odours, aerosols) steam has to be cleaned with a tremendous input of energy.

Main environmental benefits, main achieved emission levels

The main environmental benefit of this project is a high saving of energy in the production process of chips and fries within the Oschersleben plant. The total amount of energy saved every year accounts to 19.835 MWh, which is equal to 4.224 t of CO₂-emissions.

Cross-media aspects

Cross-media aspects are not applicable for this project.

Economics

The total costs for the project account to around 3.6 M€, including main components and peripheral equipment. The return on this investment comes from savings in energy costs in the production process.

Operational Data

-

Reference Literature

Printed media

1. BMU Umwelt Februar 2014
2. Volksstimme – Oscherslebener Tageblatt – 7. Februar 2014
3. Generalanzeiger Oschersleben-Wanzleben – 19. Februar 2014

Internet

4. Umweltinnovationsprogramm – 19. Dezember 2013
5. Press release BMU – 10. Januar 2014
6. klimAktiv.de – 10 Januar 2014 (Press release BMU)
7. energie-experten.org – 11. Januar 2014
8. umwelt-monitor – Remark to 5. and 7.
9. Pregas – (Press release BMU)
10. Gabot.de – 17. Januar 2014 (Press release BMU)
11. Homepage Waltraud Wolff – 6. Februar 2014
12. Fördermittel-Beratung – 5. Juni 2014

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Einleitung..... | 9 |
| 1.1. | Kurzbeschreibung des Unternehmens | 9 |
| 1.2. | Ausgangssituation und Stand der Technik | 9 |
| | Situation vor Umsetzung des Projektes..... | 9 |
| | Stand der Technik | 11 |
| 2. | Vorhabensumsetzung..... | 14 |
| 2.1. | Ziel des Vorhabens..... | 14 |
| 2.2. | Darstellung der technischen Lösung | 15 |
| | Auskopplung der Abwärme | 16 |
| | Steuerung der Abwärme..... | 17 |
| | Verwendung der Abwärme | 17 |
| 2.3. | Darstellung der Umsetzung des Vorhabens | 20 |
| 2.4. | Behördliche Anforderungen..... | 20 |
| 3. | Ergebnisse | 22 |
| 3.1. | Bewertung der Vorhabensdurchführung..... | 22 |
| 3.2. | Stoff- und Energiebilanz | 22 |
| 3.3. | Umweltbilanz | 26 |
| 3.4. | Konzeption, Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms..... | 26 |
| 3.5. | Wirtschaftlichkeitsanalyse | 28 |
| 3.6. | Vergleich zum konventionellen Verfahren | 29 |
| 4. | Empfehlungen | 29 |
| 4.1. | Erfahrungen aus der Praxiseinführung | 29 |
| 4.2. | Modellcharakter | 31 |
| 5. | Literatur | 32 |
| 6. | Anhang..... | 32 |
| 6.1. | Emissionsmessprogramm | 32 |

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Agrarfrost GmbH & Co. KG produziert und vertreibt Kartoffelprodukte, insbesondere Pommes frites und Spezialitäten wie Krokette, Reibekuchen, Rösti und Chips. Das Unternehmen verarbeitet mehr als 450.000 t Kartoffeln pro Jahr und ist damit einer der größten Hersteller von Kartoffelprodukten in Deutschland.

Das Unternehmen gehört zu den ersten deutschen Unternehmen in der Kartoffelbranche, die sich streng an den Prinzipien der Nachhaltigkeit orientieren. Als traditionsreicher deutscher Kartoffelverarbeiter mit ländlichen Wurzeln hat das Unternehmen eine „Agenda Nachhaltigkeit“ entwickelt: ein Richtungweisendes Programm, das sich aus Liebe zur Natur konsequent der nachhaltigen Erzeugung von innovativen Produkten mit hochwertigen Zutaten unterordnet. Das Prinzip Nachhaltigkeit erstreckt sich über alle Bereiche des Unternehmens angefangen beim Anbau der Kartoffeln über die Produktion und Logistik – mit kurzen Transportwegen zwischen Anbau und Produktion und Kooperationen zur Vermeidung von Leerfahrten – bis hin zur aktiven Einbindung der Mitarbeiter. Im Produktions- und Vertriebsbereich als auch im Lagerwesen werden höchste Maßstäbe im Bereich des Umweltschutzes angesetzt. Es gibt einen Umweltmanager und einen Energiemanager, die jeweils an beiden Standorten über die gesetzlichen Normen hinaus mit vor Ort gebildeten Teams innerbetriebliche Anforderungen beachten und durchsetzen (Zertifizierung nach DIN EN ISO 14001 und DIN EN ISO 50001).

Das Unternehmen setzt stark auf Investitionen, die den CO₂ Ausstoß verringern, Energie einsparen, den Wasserverbrauch reduzieren, Lärmbelastigungen minimieren und Material einsparen. Hier setzt auch das vorgestellte Vorhaben an.

1.2. Ausgangssituation und Stand der Technik

Situation vor Umsetzung des Projektes

Seit 1992 produziert Agrarfrost in Oschersleben Pommes Frites und Kartoffelchips. Es sind 3 Produktionslinien in Betrieb: die Pommeslinie hat eine Leistung von ca. 7,3 Tonnen/h Standardware mit einer nachgeschalteten Gefrieranlage, die Chipslinie 1 hat eine Leistung von ca. 1,9 Tonnen/h und die Chipslinie 2 hat eine Leistung von ca. 1,4 Tonnen/h.

Die Pommes Frites Produktion durchläuft folgende Schritte:

- 1) Schälen,
- 2) Vorheizung bis 50° im einem Schneckenblancheur,
- 3) schneiden,
- 4) erste Blanchierstufe mit +85°C bis max. +91°C im Bandblancheur
- 5) Produktkühlung auf +30°C zwischen Blancheur 1 und Blancheur 2,
- 6) zweite Blanchierstufe mit +70°C im Bandblancheur
- 7) dreistufiger Bandtrockner von +55°C bis +90°C (~ 40% der gesamten Verdampfungs menge),
zweistufige Fritteuse (60% der gesamten Verdampfungs menge)
- 8) Vorkühler zum Kühlen der Pommes Frites vor dem Froster

9) Dreistufiger Froster

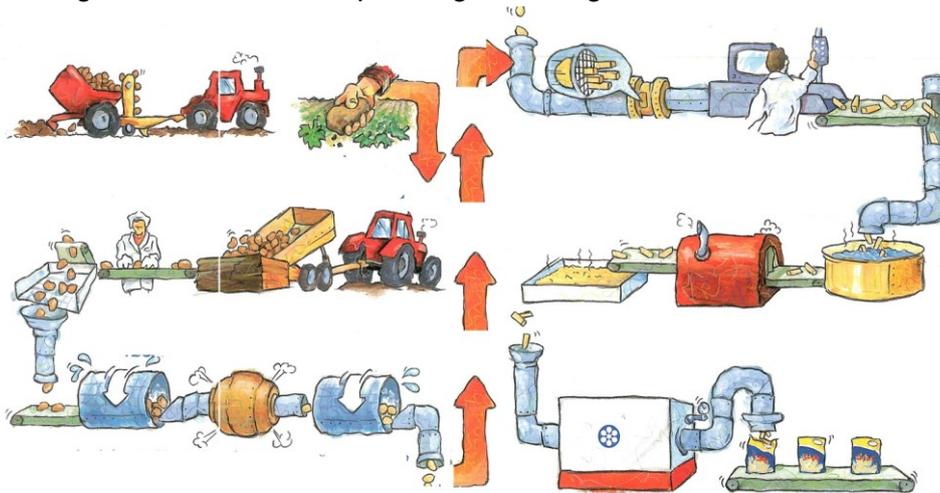
10) Förderung mit -18°C in die Verpackungsabteilung

Abbildung 1: Schema der Pommes Frites Herstellung

Die Chips Produktion läuft nach folgenden Schritten ab:

- 1) Schälen (ohne Dampf)
- 2) Vorheizung auf 40° im einem Schneckenblancheur,
- 3) Schneiden,
- 4) Blanchieren im Trommelblancheur bei $+80^{\circ}\text{C}$
- 5) Frittieren
- 6) Entfetten
- 7) Würzen
- 8) Verpacken

In dem bisherigen Produktionsprozess wurde Dampf über eine Kesselanlage, die mit Braunkohlenstaub betrieben wurde, für die Fritteusen der Chipslinie 1, den Dampfschäler, den Trockner, die Blancheure und die Pommes Fritteuse erzeugt. Neben der Kesselanlage wurde noch eine thermische Nachverbrennungsanlage betrieben, die die Energieversorgung für die Fritteuse der Chipslinie 2 sicherstellte. In der TNV wurden die Brüden der 3 Fritteusen mit einer regelbaren Menge an Frischluft von $\sim +100^{\circ}\text{C}$ auf minimal 750°C erwärmt. Ab dieser Temperatur können sämtliche Geruchskomponenten aus den Brüden der Fritteusen entfernt werden. Die Rauchgase wurden über eine Thermalölrohrschlage abgekühlt. Dies war zwar eine effektive Geruchbekämpfungsmethode aber energetisch sehr viel ungünstiger als die Energieerzeugung mittels Dampfkessel. Aus Messungen wurde ein Nutzungsgrad von ca. 70% ermittelt. Eine moderne Dampfkesselanlage wie z.B. im Braunkohlenstaubkraftwerk erreicht bis zu 93%. Die Auslegung der TNV basierte allerdings darauf, dass in der Vergangenheit mehr Verbraucher angeschlossen waren. Dies führte dazu, dass die Rauchgastemperatur von 750°C nur auf 380°C sank anstatt auf 250°C . Diese sehr hohe Temperatur hatte zur Folge, dass die TNV-Anlage mit einer niedrigen Temperatur in der Reaktionskammer gefahren wurde. Dadurch und durch den ungünstigen energetischen Wirkungsgrad war eine effiziente Prozessführung nicht mehr gewährleistet. Auf Grund von zu niedriger Last fiel der Brenner oft aus. Auch die effektive Geruchsbekämpfung war dadurch erschwert. Die Möglichkeit die Chipslinie 2 mittels Dampf zu betreiben war Anhand dieser Situation nicht gegeben. Aus diesen Gründen wurde die TNV-Anlage außer Betrieb genommen.

In **Tabelle 1** ist der Energieverbrauch der Pommes- und Chipslinie 1,2 vor Projektumsetzung dargestellt.

| | Niederdruckdampfverbraucher [kW _{th}] (8 bar) | Hochdruckdampfverbraucher [kW _{th}] (18 bar) |
|---------------------------------|---|--|
| Pommeslinie | | |
| Schäler | | 601 |
| Vorblancheur | 379 | |
| Blancheur 1 (+90°C) | 950 | |
| Blancheur 2 (+70°C) | 737 | |
| Trockner | 1.947 | |
| Fritteuse | | 2.369 |
| Total | 4.013 | 2.970 |
| Chipslinien | | |
| Vorblancheur C1 | 229 | |
| Vorblancheur C2 | 178 | |
| Blancheur C1 | 845 | |
| Blancheur C2 | 760 | |
| Fritteuse C1 | | 4.200 |
| Fritteuse C2 | | 3.095 |
| Defatter C1 | 240 | 345 |
| Defatter C2 | 240 | 345 |
| Total | 2.492 | 7.985 |
| Warmwasser | 250 | |
| Gesamt Energiebedarf | 6.755 kW_{th} | 10.955 kW_{th} |
| Gesamt Dampfbedarf | 11.979 kg/h Dampf | 20.767 kg/h Dampf |

Tabelle 1: Zusammenfassung des Verbrauches der unterschiedlichen Druckdampfverbraucher (2012)

Anhand von **Tabelle 1** konnte gezeigt werden, dass ohne Brüdenbehandlung und Umstellung der Fritteuse der Chipslinie 2 auf Dampfbedarf bei vorheriger Linienleistung für die Niederdruckdampfverbraucher bei 11.979 kg/h Dampf und für die Hochdruckverbraucher bei 20.767 kg/h Dampf lag. Der totale Dampfbedarf betrug 32.746 kg/h. Dies entsprach einem totalen Energieverbrauch der beiden Linien von 17.710 kW_{th}. Bei einer Leistungserhöhung bei der Produktion wäre der maximale Dampfbedarf wesentlich angestiegen auf bis zu ~38 to/h. Diese Kapazitäten konnten nicht mehr von der BKS-Anlage getragen werden. Auf Grund dessen musste der Energieverbrauch der Produktion gesenkt werden, damit die Linienleistung weiter gedeckt werden konnte.

Stand der Technik

Mit Wasserdampf gesättigte Luft bzw. alle Gase, die beim ein- oder mehrstufigen Destillieren von Flüssigkeitsgemischen, Verdampfen, Entgasen oder Trocknen entstehen, werden in der Verfahrenstechnik als Brüden bezeichnet. Im Prozess wird die Kondensationswärme wieder genutzt. In der Lebensmittelindustrie eignet sich Fritteusen-Abluft auf Grund des relativ hohen Wassergehaltes besonders gut für die Wärmerückgewinnung, durch Teilkondensation des in

den Brüden vorhandenen Wasserdampfs. Für Brüden Wärmerückgewinnung gibt es verschiedene Technologien. Jedoch gab es bisher wenige Lösungen, die gewonnene Wärme optimale und effektiv anwendeten und verbrauchten. Durch die Betrachtung der einzelnen Prozessschritte und durch fehlende technologische Schritte, wurde nicht das Gesamtsystem betrachtet. Es konnte zwar Wärme gewonnen werden, diese wurde aber nicht effektiv auf das Gesamtsystem verteilt und genutzt.

Das Konzept des Demonstrationsprojektes beinhaltete, um eine effektive optimale Wärmerückgewinnung und Wärmenutzung zu gewährleisten, die gesamte Anlage und alle Produktionslinien an einem Standort zu koppeln und mit notwendigen technologischen Schritten zu verknüpfen. Dadurch wurde es möglich, dass die gewonnene Wärmeenergie direkt von weiteren Verbrauchern benutzt wird.

Im Folgenden wird daher auf die einzelnen neuen Bestandteile der Abwärmeauskoppelung und –verwendung eingegangen, welche bei vorherigen Energieoptimierungslösungen in vergleichbaren Prozessen noch nicht so verwendet wurden.

Wärmerückgewinnungsverfahren im Niedertemperaturbereich

Industrielle Abwärme fällt in vielen Prozessen in großen Mengen an, gerade im hohen Temperaturbereich bieten Technologien zur Wärmerückgewinnung wirtschaftliche und umweltfreundliche Lösungen. Anlagen zur Verwertung von Niedertemperatur-Abwärme in der Industrie basierten meistens auf der direkten thermischen Nutzung der Wärme zur Beheizung, Trocknung oder Produktvorwärmung. Oft lassen sich große Abwärmemengen aus Kühlkreisläufen, Druckluftanlagen, Thermoprozessen oder der Abluft zurückgewinnen. Eine hohe Energieeinsparung kann bereits dadurch erreicht werden, indem Büroräume, Produktionshallen oder Sozialräume durch Abwärme beheizt werden. Teilweise werden auch Wärmepumpen verwendet, um in Kombination mit der anfallenden Niedertemperatur-Abwärme eine höhere Effizienz zu erreichen. Oftmals stellt sich allerdings die Frage der wirtschaftlichen Verwertbarkeit der Abwärme auf niedrigem Niveau, da in vielen Betrieben kein Verwendungszweck vorliegt.

Durch die Produktion von zwei verschiedenen Produkten in Oschersleben, welche unterschiedlichen Energieverbrauch im Hoch – und Niedrigtemperaturbereichen bzw. Nieder- und Hochdruckdampfverbraucher haben, wurde es möglich, die rückgewonnene Wärme erneut im Prozess einzusetzen und diese effektiv und kontinuierlich zu nutzen.

Brüdenkondensation

Brüden beinhalten große Mengen thermischer Energie. Diese Energie lässt sich zu einem erheblichen Anteil in einer Brüdenkondensation zurückgewinnen. Die Kondensation der Brüden erfolgt meist in mehreren Schritten. Das Prinzip gängiger Anlagen ist in der folgenden Abbildung verdeutlicht.

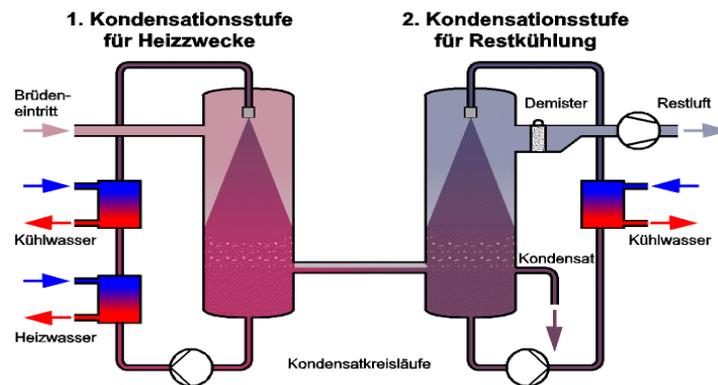


Abbildung 2: Prinzip eines gängigen Brüdenkondensators

In der ersten Kondensationsstufe wird die Heizwärme aus den Brüden gewonnen. Über eine Düse wird rückgekühltes Kondensat fein in den Brüden verteilt und nimmt die Wärme auf, die die Brüden kondensieren. Das dadurch erwärmte Kondensat wird von einer Pumpe im Kreislauf durch die Wärmetauscher gefördert. Aus dem Wärmetauscher kann Heisswasser mit einer Temperatur von bis zu 80 °C gewonnen werden. In der zweiten Kondensationsstufe wird die nicht verwertbare Restwärme aus den Brüden entfernt.

Ähnliche Anlagen werden beispielsweise in Klärwerken verwendet, der gewonnene Wärmestrom kann dann zur Heisswassererzeugung oder Schlammwärmung genutzt werden. Andere Anwendungsfelder finden sich auch im Bereich industrieller Backöfen oder Frittieranlagen.

Oftmals ist aufgrund der nicht ausreichenden Sättigung der Brüden keine besonders effiziente Wärmeauskopplung (nur circa 50% des vorliegenden Systems) möglich. Obwohl Energiegewinnung mit Brüdenkondensation als Stand der Technik angesehen werden kann, zeigt unser Konzept, dass die Wärmerückgewinnung mit den Brüdenkondensatoren erheblich verbessert werden kann.

Sorptionsbasierte Kühlung

Sorptionsbasierte Kühlung wird in der Industrie bereits seit einigen Jahren erfolgreich eingesetzt. Zu den wichtigsten anlagentechnischen Umsetzungen gehören die Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen die sich prinzipbedingt unterscheiden, je nachdem ob flüssige oder feste Sorptionsmittel verwendet werden. Bei diesen Anlagen wird anstelle eines Kompressors einer gewöhnlichen Kältemaschine ein thermischer Verdichter eingesetzt, der mit dem Abwärmestrom angetrieben wird. Die Adsorptionskältemaschine arbeitet mit einem festen Lösungsmittel, an dem das Kältemittel ad- bzw. desorbiert wird. Dem Prozess wird Wärme bei der Desorption zugefügt und bei der Adsorption entnommen. Der Vorgang muss allerdings zyklisch erfolgen. Die Absorptionskältemaschine verfügt über einen Lösungsmittelkreislauf und einen Kältemittelkreislauf. Das Kältemittel wird im Lösungsmittelkreislauf bei geringer Temperatur absorbiert und bei höheren Temperaturen desorbiert. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen das Prinzip dieser Anlagen.

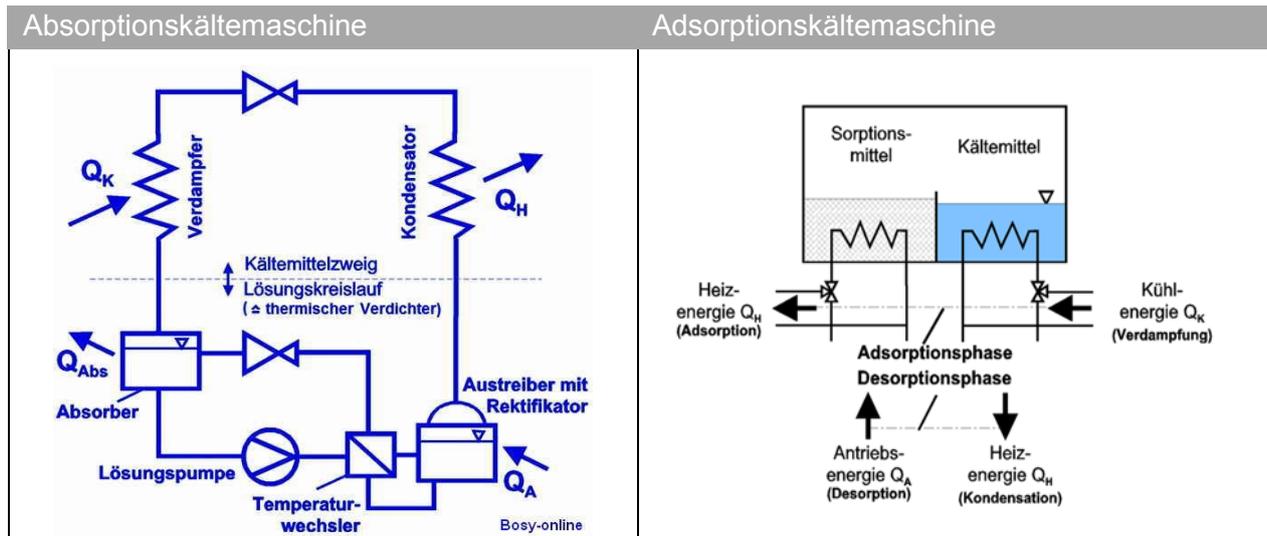


Abbildung 3: Vergleich von Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen

| Anlage | Sorptionsmittel | Temperaturniveau Antriebswärme | Leistungsbereiche (Kälteleistung) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Absorptionskältemaschine | Lithiumbromid oder Wasser | 80-110 °C | 50-5000 kW _{th} |
| Adsorptionskältemaschine | Silikagel | 60-95 °C | 50-450 kW _{th} |

Tabelle 2: Vergleich von Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen

Hauptanwendungsgebiete der Sorptionskältemaschinen sind die Kaltwassererzeugung für Klimatisierung oder Prozesskühlung aus der Abwärme von Motoren oder Gasturbinen sowie die solare Kühlung angetrieben durch Solarkollektoren.

Damit dieser Prozess effektiv und kontinuierlich läuft, ist eine konstante gleich temperierte Wärmezufuhr nötig. Durch die hocheffektive WRG aus den Brüden in unserem Konzept, ist es möglich, die benötigte Wärme kontinuierlich einzusetzen, wodurch erstmalig der Betrieb einer Absorptionskältemaschine mit der Abwärme des Prozesses möglich wurde.

2. Vorhabensumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

Ziel des Projektes war der Aufbau und die Demonstration eines prozessintegrierten Wärmerückgewinnungssystem durch a) Vorschaltung von Turbinenwäscher mit Brüdenkondensatoren und b) Wärmerückgewinnung bei der HD-Kondensatkühlung einerseits und durch eine intelligente Steuerung eine optimale Nutzung der rückgewonnen Wärme durch die Anwendung verschiedenster Niedrigtemperaturwärmenutzer andererseits. Zusätzlich kann die gewonnene Abwärme zur Produktion von Kälte mittels einer chilly Absorptionsanlage genutzt werden. Dabei wurde das Wärmerückgewinnungssystem so konfiguriert, dass Änderungen in Produktionsmengen und Produktsorten die Wirkung und Effizienz des Systems nicht negativ beeinflussen.

Hierdurch wird der Dampfbedarf soweit limitiert, dass mit der jetzigen BKS-Anlage ein höherer Auslastungsgrad ohne Leistungserweiterung erzielt werden kann. So war es auch möglich, alle Linien auf Dampfbetrieb umzustellen. Des Weiteren erfolgt nun eine adäquate

Geruchsbekämpfung, da die vielen unerwünschten Geruchskomponenten mit Hilfe der den Brüdenkondensator vorgeschalteten Turbinenwäschern erfolgreich abgeführt werden können.

Die erfolgreiche Demonstrationsphase hatte als Ziel, den größten Teil der verschiedenen Prozessstufen mit einer WRG-Nutzung mit anschließender Kälteabsorptionsnutzung aufzubauen und in den Dauerbetrieb zu überführen, wobei eventuelle technische Risiken sorgfältig überwacht wurden. Durch die effizientere sowie nachhaltigere Technologie und den Ausbau der Kapazität sowie eine Verringerung der Geruchsemission wurde die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes verbessert, was auch zu einer Arbeitsplatzsicherung führte.

Ein Wärmerückgewinnungskonzept in seiner Gesamtheit und Verfahrensaufbau, wie es mit diesem Projekt demonstriert wurde, stellt eine Innovation dar und wurde zuvor in dieser Form noch nie umgesetzt. Die Innovation setzt auf das Gesamtzusammenspiel von zum Teil erprobten Komponenten auf. Die folgende Abbildung zeigt das gesamte Konzept der Anlage.

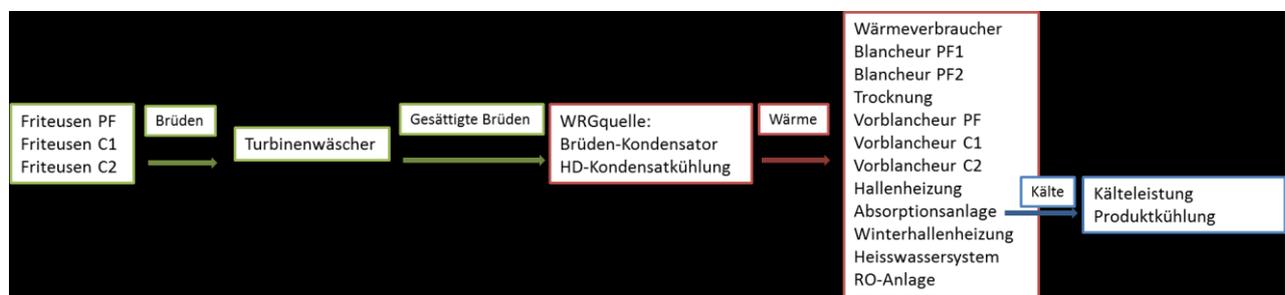


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Konzeptes

2.2. Darstellung der technischen Lösung

Im Rahmen dieses Projektes wurde ein umfassendes Wärmerückgewinnungssystem am Standort Oschersleben errichtet. Die Innovation liegt im neuartigen Gesamtkonzept des Systems, welches die Verwendung von Niedertemperatur-Produktionsabwärme sowohl auf direktem thermischem Weg zur Trocknung und Beheizung als auch zur Kälteerzeugung mittels Absorptionskältemaschine für die notwendige produktionsinterne Kühlung verbindet. Durch das WRG-Konzept ist es möglich, verschiedene Niedrigtemperaturverbraucher mit Energie zu versorgen, diese sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

| Wärmenutzung |
|--|
| Erwärmung des Brunnenwasser für die Reversosmose (RO) Anlage um deren Effizienz zu verbessern |
| Wärmenutzung zu Raumheizzwecken im Winter |
| Wärmenutzung zur Erwärmung von Kaltwasser zu Reinigungszwecken |
| Nutzung der Energie aus der Wärmerückgewinnung zu Kühlzwecken in einer Absorptionskälteanlage |
| Kondensatorkühlung mit Übertragung der Energie auf den Heißwasserkreislauf |
| Kondensatentspannung mit Übertragung der Energie auf den Heißwasserkreislauf |
| Vorblancheur |
| Blancheur |
| Trockner |

Tabelle 3: Verbraucher des Wärmerückgewinnungssystems

Dabei ist die Regelung der Prozessparameter ein wichtiger Teil des Systems, um sowohl eine effiziente Auskopplung der Abwärme aus Brüden, als auch deren bedarfsgerechten Einsatz in verschiedenen Betriebsbereichen mit den jeweils spezifischen Anforderungen zu garantieren. Insgesamt lässt sich die Innovation in die Punkte Auskopplung und Verwendung der Wärme sowie insbesondere auch deren Abstimmung und Steuerung in einem schlüssigen Gesamtsystem einteilen. Aufgrund der Steuerungen kann eine konstante Brüdenmenge kondensiert werden, wodurch Abweichungen und Schwankungen nach oben bzw. nach unten des gesamten Systems vermieden werden und ein deutlich höherer Wirkungsgrad erreicht werden kann. Im Folgenden wird auf die einzelnen Komponenten dieses Systems im Detail eingegangen:

Auskopplung der Abwärme

Brüdenkondensatoren mit Turbinenwäscher

Elementarer Bestandteil des Wärmerückgewinnungssystems ist die hoch effiziente Auskopplung der in der Produktion in Form von Brüden freiwerdenden Abwärme. Dabei ist eine Kontinuität des Wärmestromes und der Dampftemperatur trotz unterschiedlicher Prozessparameter verschiedener Produktlinien in der Chipsproduktion notwendig. Die folgende Abbildung veranschaulicht das Prinzip der Wärmeauskopplung mittels Brüdenkondensator und vorgeschalteten Turbinenwäscher.

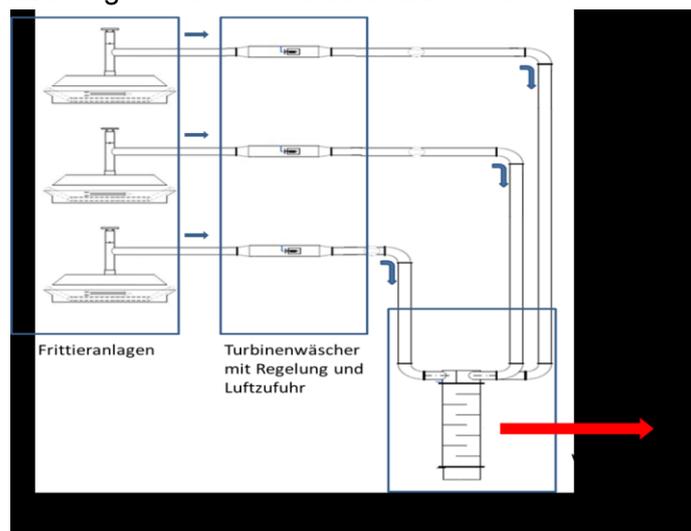


Abbildung 5: Schema der Abwärmeauskopplung aus Brüden

Die Wärme wird aus mehreren Produktionsanlagen in der Pommes- und Chipsherstellung in Form von Brüden (mit Wasserdampf gesättigte Luft) auf einem Temperaturniveau von etwa 110-125 °C frei. Um die in Brüden gespeicherte Energie auf einen Wasserkreislauf zu übertragen, dient ein Kondensator. Damit der Kondensator allerdings auf einem ausreichenden Wirkungsgrad betrieben werden kann und auch die Geruchsemissionen aus der Produktion drastisch verringert werden können, ist eine Wäsche und Sättigung notwendig. Hierzu dienen die Turbinenwäscher. Die konstante Sättigungstemperatur liegt bei 93 °C für eine optimale effektive Nutzung des Kondensators sowie für die darauf folgenden Prozessschritte. Durch die Kondensation wird mit einer Leistung von 4.172 kW_{th} eine Wassermenge von etwa 180 m³/h erhitzt, wobei dann die Wassertemperatur von 70°C auf 90°C erhöht wird. Besonders die kontinuierliche und konstante Dimensionierung und Auslastung des Brüdenkondensators hat großen Einfluss auf die Effizienz des gesamten Systems, da bei einer zu hohen oder zu niedrigen Auslastung des Kondensators, die optimale

Temperatur nicht erreicht wird. Dies würde dazu führen, dass die notwendige Energie für die weiteren Prozessschritte nicht gewonnen werden kann, was zu Prozessschwankungen und zu erhöhten Prozesskosten führt. Diese Lösung ermöglicht eine Wärmerückgewinnung von insgesamt 5.865 kW_{th}, die im Vergleich mit dem Stand der Technik („nur“ Brüdenkondensator) das Doppelte beträgt.

Wärmerückgewinnung bei der Kühlung des Hochdruckkondensats

Durch die Kühlung des Hochdruckkondensats kann eine weitere Wärmerückgewinnung stattfinden. Nach vorherigem Stand wurde das Hochdruckkondensat bei 158°C der Kesselanlage zugeführt, wo es atmosphärisch auf 100 °C abgeflasht wurde.

Jetzt wird dieses Hochdruckkondensat auf 5 bar abgeflasht. Der entstehende Dampf wird dem Niederdruckdampfkreislauf hinzugeführt. Das Kondensat wird über einen Wärmetauscher auf 100°C abgekühlt, wobei Wärme entsteht (1.200 kW_{th}), welche durch den Wärmetauscher an das Warmwassernetz übertragen wird.

Steuerung der Abwärme

Die Regulierung der Sättigungstemperatur bzw. des Brüdenstroms (und damit die hohe Wärmerückgewinnungseffizienz) erfolgt mittels der vorgeschalteten Turbinenwäscher. Die Qualität der in den Kondensator eintretenden Brüden hat einen entscheidenden Einfluss auf die Kontinuität und Effizienz des Gesamtsystems. Es findet jedoch keine konstante Brüdenproduktion statt, aufgrund der Produktion von unterschiedlichen Produkten und variierenden Produktionsmengen. An den 3 Turbinenwäschern wurden zusätzliche regelbare Lufteinlässe angebracht, um die Ausgangstemperaturen für die weitere Verwendung konstant zu halten. Die Daten der Kartoffeln (Trockensubstanz und H₂O-Anteil) und die Zusammensetzungen der Endprodukte sind bekannt. Aufgrund dieser Daten kann ziemlich genau die anfallende Wasserdampfmenge aus den Fritteusenkaminen bestimmt werden. Um Wärme einer bestimmten energetischen Qualität bei einer Feuchtttemperatur von mindestens 93°C zuverlässig zurück zu gewinnen, hat Doornik ein System entwickelt wobei die Brüden zu 100% mit H₂O gesättigt werden. Dadurch kann auch bei verschiedenen Prozessparametern in der vorgelagerten Produktion verschiedener Produktvarianten in den Fritteusen ein optimaler Wärmestrom bei einer Temperatur von etwa 93 °C generiert werden. Diese Temperatur ist notwendig um einen Wasserkreislauf mit einer Rücklauf/Vorlauftemperatur von 70-90°C zuverlässig fahren zu können. Schwankungen in den Brüdenmengen und der Brüdenqualität werden ausgeglichen durch Frequenzregelung der Absaugventilatoren. Auch konnte die Dimensionierung des Brüdenkondensators auf genau diese Ausgangswerte festgelegt werden, sodass eine maximale Effizienz- und Wärmenutzung erreicht wird. Der Brüdenkondensator wurde dementsprechend dimensioniert auf eine Kondensationsmenge der Brüden von 75%. Des Weiteren ist es möglich mit dem Turbinenwäscher nicht kondensierbare Aerosole zu entfernen. Zuvor wurden Geruchspartikel über eine separate thermische Verbrennung entsorgt, durch das neue Wärmerückgewinnungskonzept wurde dies überflüssig.

Verwendung der Abwärme

Dadurch, dass sowohl Chips als auch Pommes am Standort Oschersleben hergestellt werden, ist eine produktübergreifende Verwendung der Abwärme möglich, da sich aufgrund der verschiedenen Verarbeitungsschritte die Wärme- und Kältebedarfe der jeweiligen Produkte gut ergänzen. Der aus dem Kondensator gewonnene Wärmestrom, hauptsächlich Wärme aus den Brüden, die während des Frittierens bei der Pommes Frites und Chips Produktion

entstehen, wird im Anschluss mit einem maximal möglichen Anteil ausgenutzt, hauptsächlich für Prozessschritte der Pommes Frites Produktion im Niedrigtemperaturbereich bzw. Niederdruckdampfverbrauch. Die effiziente Nutzung des ausgekoppelten Wärmestromes basiert in erster Linie auf der Verwendung sowohl zur Kühlung von Produkten, die zuvor energieintensiv mit konventionellen Kompressionskältemaschinen gekühlt werden mussten, als auch gleichzeitigen direkten Wärmenutzung für Trockner, Blancheurs und die Belüftungsanlage sowie zur Wassererwärmung. Die folgende Abbildung veranschaulicht das Verwendungsschema des gewonnenen Wärmestromes.

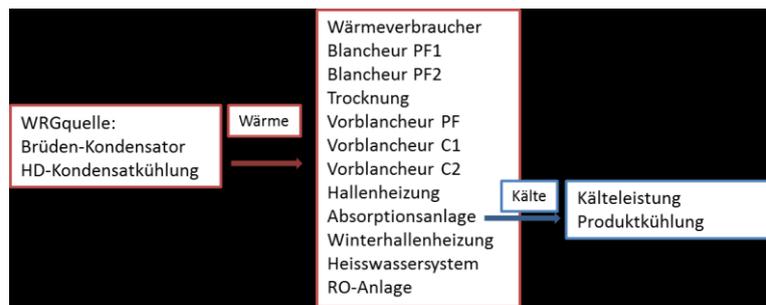


Abbildung 6: Schema der Abwärmeverteilung

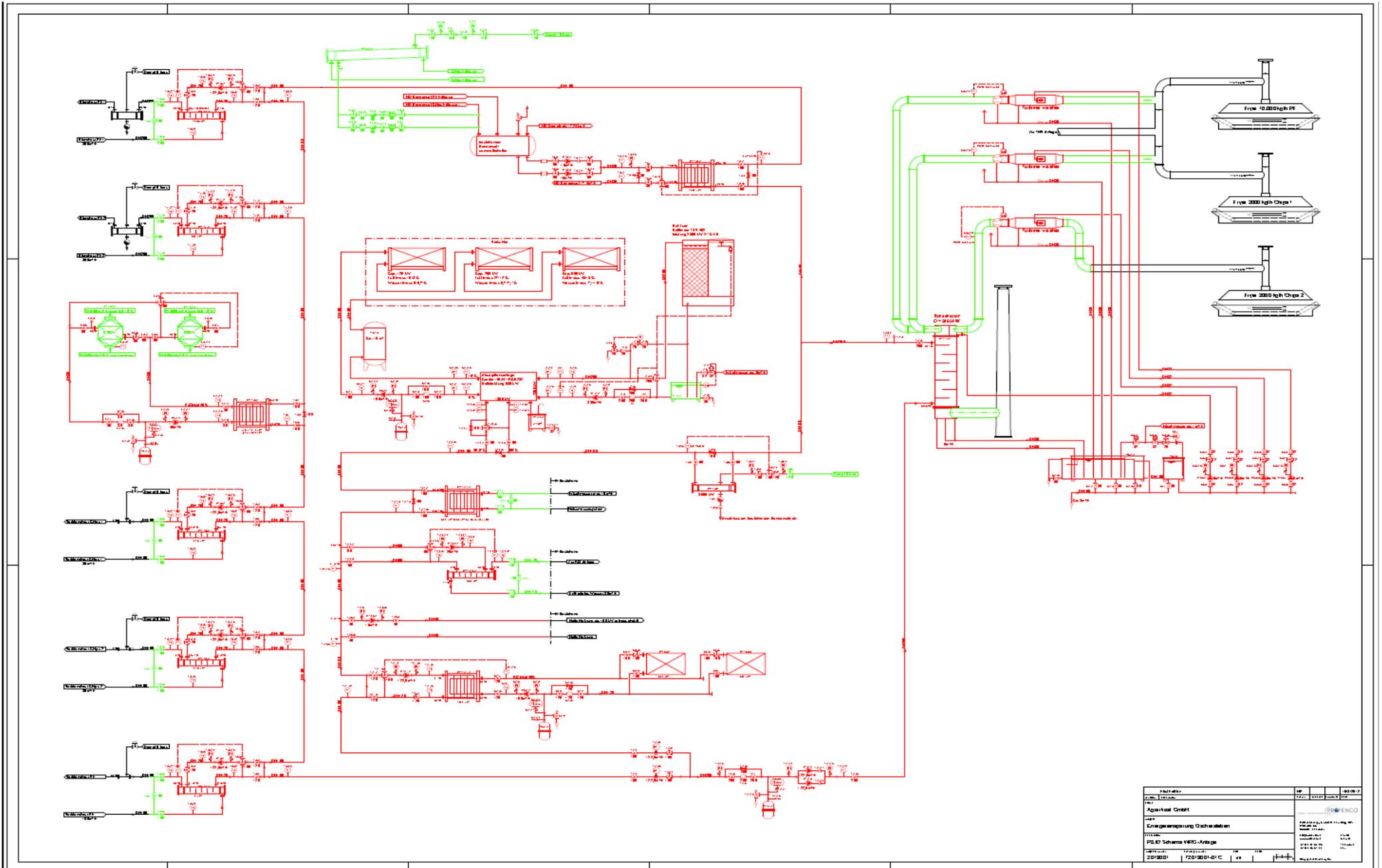
Die Wasserversorgung benötigt teilweise sowohl eine Erwärmung des Frischwassers als auch eine Bereitstellung von enthärtetem Wasser. Die dazu nötigen Anlagen können mit Abwärme betrieben oder im Falle der Enthärtung unterstützt werden.

Insgesamt 3 Vorblancheurs dienen zur thermischen Vorbehandlung der Kartoffelprodukte und wurden zuvor direkt mit Dampf betrieben, auch an dieser Stelle wird im Rahmen des Projektes jetzt die gewonnene Abwärme verwendet. Da das gesamte Wärmerückgewinnungskonzept in dieser Form in seiner Komplexität nur durch eine aufwendige Prozessregelung beherrscht werden kann, wurde diese ebenfalls implementiert. Durch diese ist es möglich, einen kontinuierlichen konstanten Wärmestrom zu gewährleisten durch den die Absorptionsanlage kontinuierlich betrieben werden kann.

Verwendung der Abwärme zur Produktkühlung

Ein besonderer Wärmeverbraucher ist die Absorptionsanlage. Mit Hilfe der Absorptionsanlage ist die zusätzliche Möglichkeit gegeben, die Wärme im Vorkühlprozess der Pommes Frites Produktion zu verwenden. Eine Absorptionskälteanlage benötigt eine konstante Wärmezufuhr bei einer konstanten Temperatur, um effektiv und konstant Kälte für die Produktion zu produzieren zu können, da bei der Prozesskühlung Schwankungen und Abweichungen unerwünscht sind und einen direkten Einfluss auf die Produktqualität haben. Durch den Turbinenwäscher und den Brüdenkondensator ist es möglich, einen konstant temperierten, kontinuierlichen Wärmestrom zu erhalten und somit die Absorptionsanlage mit der Abwärme zu betreiben. Die Absorptionskältemaschine mit einer Kälteleistung von $930 \text{ kW}_{\text{th}}$ hat konventionelle Kompressionskältemaschinen ersetzt, die zuvor zur Produktkühlung verwendet wurden. Auf Grund der Notwendigkeit, die Qualität der Kühlleistung konstant zu halten, ist eine Backup Heizung zur Sicherung dieses Prozesses am System angeschlossen, um im Falle von Prozess- oder WRG-Störungen, die Kühlleistung sicherzustellen und mit der Backup Heizung aufrecht zu erhalten.

Die folgende Abbildung verdeutlicht das Gesamtkonzept der Anlage:



| | | |
|---------------------------------|---------------|-------|
| Projekt | 01 | 01/14 |
| Objekt | 01 | 01/14 |
| Agriplast GmbH | | ENCO |
| Erweiterungsbauwerk O-Schmelzen | | |
| PSLD Schema VEG-Anlage | | |
| 201201 | 12/10/14-01-C | 14 |

Abbildung 7: Vereinfachtes Anlagenschema

2.3. Darstellung der Umsetzung des Vorhabens

Das Demonstrationsprojekt sah zum Zeitpunkt der Antragstellung einen Realisierungszeitraum von ca. 14 Monaten vor. Für den am 03.07.2013 eingereichten Antrag zur Förderung erhielt Agrarfrost am 19.07.2013 die Genehmigung zum vorzeitigen Vorhabensbeginn. Der Antrag wurde durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit mit Zuwendungsbescheid vom 21.11.2013 genehmigt. Die Umsetzung des Projektes begann zügig und es konnten alle geplanten Arbeiten ohne größere Zeitverzögerungen oder Probleme beendet werden.

Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte schließlich planmäßig zum Beginn des Jahres 2014. Der im Folgenden dargestellte Zeitplan konnte dementsprechend eingehalten werden.

| Projektjahr | 2013 | | | | | | 2014 | | | | | | | |
|------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Projektmonate | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug |
| 1 Management | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Planung | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Bestellung | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 Installation | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 Funktionstest | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 Demonstration | | | | | | | | | | | | | | |

Tabelle 4: Projektplan und Umsetzung

Chronologischer Projektablauf mit Meilensteinen:

19.07.2013: Projektbeginn

13.08.2013: Auslösung der Bestellungen für die Hauptkomponenten

18.01.2014 Alle Hauptkomponenten sind geliefert und installiert

20.01.2014: Erster Funktionstest der Anlage, im Anschluss Demo-Phase

30.08.2014: Abschluss Demonstrationsphase, Übergang in den Regelbetrieb

2.4. Behördliche Anforderungen

Olfaktorische Messung

Wichtigste behördliche Anforderung neben den üblichen Auflagen für produzierende Unternehmen in der Lebensmittelbranche ist eine Kontrolle der Geruchsemissionen, die bei der Produktion entstehen. Die bislang verwendete thermische Nachverbrennung wurde im Projekt ersetzt, sodass weiterhin sichergestellt werden muss, dass die Geruchsemissionen des Werkes nicht die erlaubten Grenzwerte überschreiten. Die Luft wird seit Installation der Wärmerückgewinnungsanlage durch die Turbinenwäscher gereinigt. Um dies sicherzustellen ist die Emission von Geruchsstoffen nachzuweisen.

Entsprechend der behördliche Auflage ist die Messung nach einem Zeitraum von 3 Monaten Vollbetrieb der Anlage nachzuweisen.

Eine entsprechende Messung der Geruchsemissionen wird im Rahmen der TA Luft und einschlägigen Richtlinien durch ein Ingenieurbüro vorgenommen. Die Messung umfasst die folgenden Inhalte:

| Messkomponente | Messverfahren- bzw. -gerät |
|----------------|---|
| Volumenstrom | Bestimmung des dynamischen Druckes mit einem kalibrierten Mikromanometer mit Prandtlischem Staurohr; Berechnung des Volumenstromes unter Berücksichtigung der Kanalgeometrie und der Abgasrandbedingungen |
| Geruchsstoffe | Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie DIN EN 13725 |

Tabelle 5: Olfaktorische Messung

Die olfaktometrische Auswertung der Proben erfolgt durch das Ingenieurbüro eigene Probandenkollektiv Planegg innerhalb von 6 Stunden nach der Probenahme. Messungen werden gemäß Nr. 5.3.2.2 der TA Luft (mindestens 3 Einzelmessungen je Messstelle und Schadstoff) durchgeführt.

Zur Bestimmung des Emissionsmassenstromes werden zusätzlich folgende Kenngrößen des Abgases ermittelt:

- Temperatur und Feuchte im Kanal an der Messstelle
- statischer Druck
- Strömungsgeschwindigkeit

Die Ergebnisse der Messungen werden mit Bezug auf die Betriebsbedingungen in einem Messbericht dargestellt, der den Vorgaben der DIN EN 15259 bzw. des vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) erarbeiteten Muster-Emissionsmessberichtes entspricht. Dieser Messbericht ist diesem Bericht angehängt.

Wasserwirtschaft

Es entstehen ca. 3-5m³/h Wasseranfall beim Luftreinigungs- und Sättigungsprozess sowie bei der Brüdenkondensation. Die Wassermengen kommen jedoch überwiegend aus den Brüden und müssen nicht zusätzlich bereit gestellt werden.

Das Unternehmen betreibt am Standort eine eigene Kläranlage und hat eine Direkteinleiterlaubnis für das gereinigte Wasser. Dementsprechend unterliegt es strengen Auflagen für die Wasserqualität. Es gibt keine zusätzliche Probenentnahme für den Anlagenteil Wärmerückgewinnung, Wasser aus dieser Anlage gelangt aber über den Zulaufkanal in die Kläranlage und es unterliegt damit dem festgelegten internen Prüfplan für die Abwasserreinigung und unangemeldeten Stichproben durch die überwachende Behörde.

3. Ergebnisse

3.1. Bewertung der Vorhabensdurchführung

Aus Sicht von Agrarfrost ist das Vorhaben bisher anhand der technischen, energetischen und wirtschaftlichen Merkmale als Erfolg zu bewerten. Die Anlage wurde termingerecht in Betrieb genommen und erfüllt die Erwartungen.

Gegenüber gängigen Verfahren der Wärmeauskopplung aus Brüden kann durch die vorherige Sättigung und Bearbeitung der Brüden in den Turbinenwäschern und durch zusätzlich steuerbare Luftzuführungen eine deutlich gesteigerte Effizienz erreicht werden. Die Ausbeute an Dampf ist mit dem optimierten Gesamtkonzept in etwa doppelt so hoch wie in konventionellen Brüdenkondensatoren ohne diese Vorbehandlung. Bekannte bzw. übliche Brüdenkondensationsanlagen kühlen ungesättigte Brüdenämpfe, wodurch die erreichten Wasserumlauftemperaturen ziemlich ungenau und willkürlich sind. Aufgrund dieser Tatsache kann man keinen Vergleich der Energiebilanzen erstellen. Erst durch die Brüdensättigung mittels der Turbinenwäscheranlagen auf 100% und die Steuerung der Feuchttemperatur durch die Ventilator Drehzahl kann die Abwärme optimal und zuverlässig für Produktionsprozesse genutzt werden, die in einem Temperaturbereich unter 90°C liegen.

Da es sich um eine neuartige Kopplung / Verbindung von unterschiedlichen Anlagenkomponenten handelt, sind auch weiterhin Anpassungen und Feintuning erforderlich, um die angestrebten Energieeinsparungen mittelfristig in der Praxis zu erreichen.

Die folgenden Erreichungswerte sind für die kommenden Jahre geplant:

- Einsparung thermisch im Jahr 2014 = 57% des geplanten Wertes
- Einsparung thermisch im Jahr 2015 = 85% des geplanten Wertes
- Einsparung thermisch ab Jahr 2016 = 100% des geplanten Wertes

Auf Basis der heutigen Erfahrungen und der noch zu durchzuführenden Optimierungen in der Praxis werden diese Werte für realistisch befunden.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

Energie aus Wärmerückgewinnung

Durch die Wärmerückgewinnungsanlage lassen sich erhebliche Mengen Energie und somit auch CO₂ einsparen. Beispielsweise werden durch den anteiligen Ersatz von Primärenergie durch Energie aus der Wärmerückgewinnung in der Kälteerzeugung, der Warmwassererzeugung, der Vorblanchierung und der Trocknung Einsparungen erzielt.

Die genaue Menge der durch Wärmerückgewinnung nutzbaren Energie hängt allerdings immer von der Beschaffenheit der eingesetzten Rohware Kartoffel (Wasser- und Stärkegehalt) und anderen Produktionsfaktoren (z.B. Menge) ab, sodass sich Schwankungen in den Werten ergeben können.

Die folgende Tabelle enthält die gemessenen Energiemengen aus der Wärmerückgewinnung in den ersten 9 Monaten 2014:

| Wärmerückgewinnung | MWh _{th} |
|--|------------------------------------|
| Januar 2014 | 1.708 |
| Februar 2014 | 2.167 |
| März 2014 | 2.078 |
| April 2014 | 1.999 |
| Mai 2014 | 2.018 |
| Juni 2014 | 2.017 |
| Juli 2014 | 2.009 |
| August 2014 | 2.128 |
| September 2014 | 2.217 |
| Total | 18.341 |
| Durchschnitt | 2.037 MWh/Monat |
| Auf 12 Monate hochgerechnet ca. | 24.454.665 kWh_{th} |

Tabelle 6: Darstellung der Energiemenge aus WRG

Energieeinsparung pro Jahr

Durch die WRG wird erreicht, dass nur noch die Verbraucher über das BKS Kraftwerk mit Dampf versorgt werden müssen, die an das Hochdruckdampfnetz angeschlossen sind, z.B. Fritteusen, Dampfschäler.

Die vorher benötigten Energiemengen (in Spitzenzeiten 3.500 MWh pro Monat) für die TNV-Anlage werden eingespart. Insgesamt wird der thermische Gesamtenergieverbrauch im Werk Oschersleben reduziert, wie die folgende Tabelle zeigt.

Angegeben sind die Energiemengen in der Produktion jeweils in den ersten 9 Monaten 2013 und 2014.

| Energieeinsatz vor Projektumsetzung | | Energieeinsatz nach Projektumsetzung | | Einsparung (MWh _{th}) | Einsparung (%) |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|
| Monat | MWh _{th} | Monat | MWh _{th} | | |
| Januar 2013 | 10.610,40 | Januar 2014 | 8.244,24 | 2.386,16 | 22% |
| Februar 2013 | 10.667,17 | Februar 2014 | 7876,35 | 2.790,82 | 26% |
| März 2013 | 10.591,42 | März 2014 | 8.839,10 | 1.752,32 | 17% |
| April 2013 | 11.493,63 | April 2014 | 8.760,09 | 2.733,43 | 24% |
| Mai 2013 | 10.817,85 | Mai 2014 | 9.281,25 | 1.563,60 | 14% |
| Juni 2013 | 10.716,91 | Juni 2014 | 8.298,91 | 2.472,00 | 23% |
| Juli 2013 | 9.593,37 | Juli 2014 | 9.128,71 | 464,66 | 5% |
| August 2013 | 9.310,98 | August 2014 | 8.847,31 | 463,63 | 5% |
| September 2013 | 9.186,77 | September 2014 | 9.330,56 | -143,78 | -2% |
| Total | 92.988 | | 78.586 | 14.401 | 15% |

Tabelle 7: Thermischer Energieeinsatz vor und nach der Maßnahme

Die bei den Monatswerten angegebenen prozentualen Einsparungen beziehen sich auf die jeweilige Differenz und den Energieeinsatz vor der Projektumsetzung. Beispiel Januar 2014: $2.386,16 \text{ MWh}_{\text{th}} : 10610,40 \text{ MWh}_{\text{th}} = 0,2249$

Für die Produktion beträgt die auf Basis der bisherigen Werte 2013 und 2014 auf das ganze Jahr hochgerechnete Einsparung thermischer Energie **19.202.589 kWh_{th}**.

In dieser Tabelle finden z.B. Produktionsmengen, Außentemperaturen, Rohwarenqualität en keine Berücksichtigung, so dass der Vergleich nur absolute Verbrauchsdaten wiedergibt.

Zusätzlich ergibt sich eine Einsparung elektrischer Energie. Durch die Absorptionskälteanlage ist es möglich die benötigte Kühlleistung für den Vorkühler des Frosters Pommes Frites zu liefern. Aus diesem Grund ersetzt die Absorptionsanlage einen Teil der konventionellen Kälteanlagen. Hieraus ergibt sich eine zusätzlich Ersparnis an elektrischer Energie von 115 kW.

Die Produktionsstunden der Kälteabsorptionsanlage betragen pro Jahr (sehr konservativ): ca. 5.500 h. Dies ergibt ein Energieeinsparung pro Jahr: $5.500 * 115 \text{ kW}_{\text{el}} = 632.500 \text{ kWh}_{\text{el}}$

Hierdurch beträgt die **gesamte Energieeinsparung 19.202.589 kWh an thermischer und 632.500 kWh an elektrischer Energie.**

Spezifischer Energieverbrauch

Besondere Relevanz für die energetische Betrachtung hat der spezifische Energieeinsatz pro produziertem Output (kWh/kg). Durch diese Betrachtungsweise lässt sich - um Änderungen der Produktionsmengen bereinigt - erkennen, dass durch die Wärmerückgewinnung eine deutliche Energieeinsparung pro Menge Chips und Pommes Frites erreicht wird. Die folgenden beiden Abbildungen veranschaulichen die Entwicklung der Wärmekennzahl vor und nach Projektdurchführung.

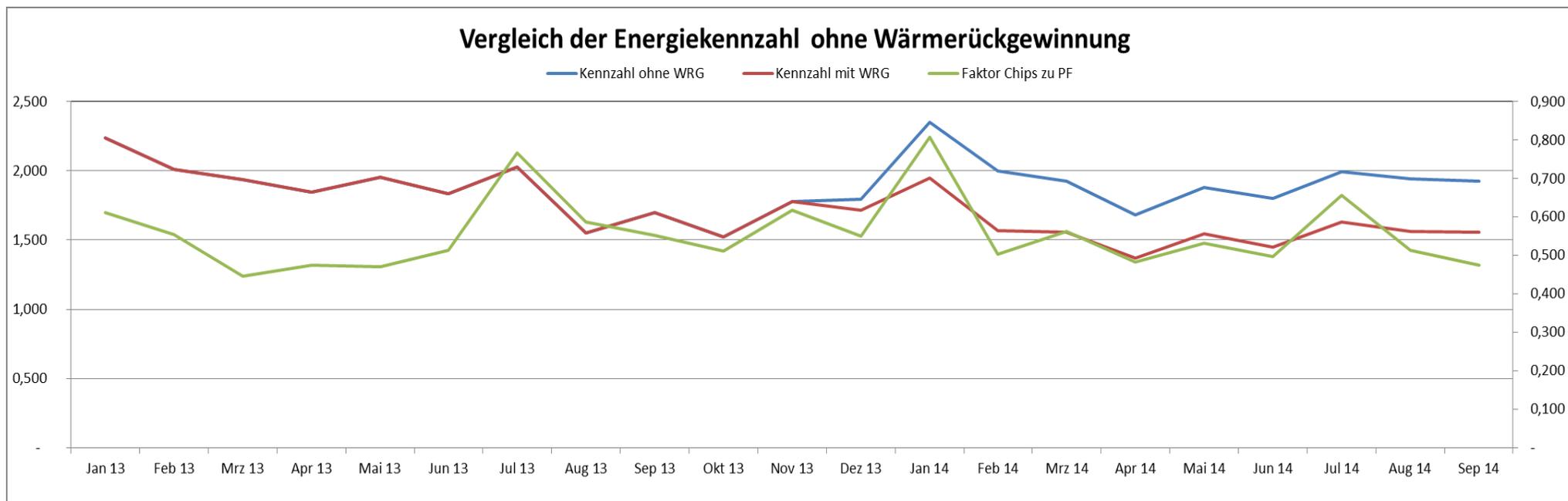


Abbildung 8 –Entwicklung der Wärmekennzahl mit WRG 2013-2014 (Stand Sept 2014)

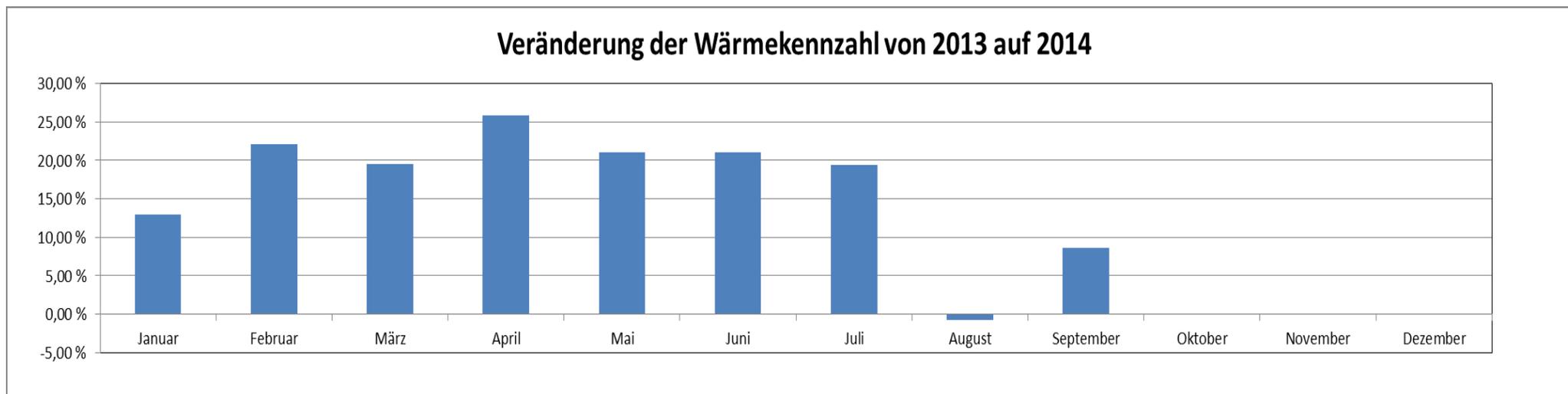


Abbildung 9 -Veränderung der Wärmekennzahl durch WRG 2013-2014 (Stand Sept 2014)

Durchschnittlich beträgt die Senkung der Wärmekennzahl in der Produktion durch die Wärmerückgewinnung etwa 14,5% im Vergleich zum Vorjahr.

3.3. Umweltbilanz

Basierend auf den zuvor dargestellten Energieeinsparungen kann der Umwelteffekt in Form von CO₂ ermittelt werden.

Dabei wird von einer CO₂-Emission von 576 g pro kWh elektrischer Energie ausgegangen und von 201 g pro kWh thermischer Energie (Emissionsfaktor für Erdgas), wodurch sich eine Gesamt CO₂-Einsparung von **4.224,04 t** ergibt.

3.4. Konzeption, Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms

Das Messprogramm beinhaltet im Rahmen des betrieblichen Energiemanagement die Messung aller in der Produktion eingesetzten Energiemengen in Stundenwerten sowie deren Aggregation und Auswertung in Monatswerten unter realen Produktionsbedingungen und die automatisierte Erstellung eines täglichen Berichtes.

Neben energetischen Daten (Wärmemengen) werden auch andere relevante Produktionsfaktoren wie z.B. das Gewicht der verarbeiteten Kartoffeln (Produktionsmengen), Durchlaufzeiten in weiteren Prozessdatensystemen dokumentiert

Die folgenden Kennzahlen werden dabei für die Wärmerückgewinnung fortlaufend ermittelt:

- Gesamte Wärme aus WRG
- Abgabe Wärme aus WRG
- Wärme aus den Kondensat
- Wärme an Blancheur 1 PF
- Wärme an Blancheur 2 PF
- Wärme an Trockner PF
- Wärme an Vorblancheur Chips 1
- Wärme an Vorblancheur Chips 2
- Wärme an Vorblancheur PF
- Wärme an Absorptionskältemaschine PF
- Wärme an Warmwasser
- Wärme an RO Anlage
- Wärme an EZG Halle
- Wärme an Heizung Produktion

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch eine Übersicht der erfassten Daten in Stundenwerten vom 20/21. September 2014.

| Datum | Zeit | Gesamt Wärme aus WRG | Abgabe Wärme aus WRG | Wärme aus Kondens. | Wärme an Blanch.1 PF | Wärme an Blanch.2 PF | Wärme an Trockner PF | Wärme an Vorbl. Chips1 | Wärme an Vorbl. Chips2 | Wärme an Vorbl. PF | Wärme an AKM PF | Wärme an Warm wasser | Wärme an RO Anlage | Wärme an EZG Halle | Wärme an Heizung Prod. |
|------------|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| 20.09.2014 | 06:00-07:00 | 3.856,0 | 4.017,0 | 937,5 | 1.574,5 | 16,0 | 522,4 | 108,6 | 95,9 | 0,0 | 653,0 | 157,9 | 187,5 | 0,0 | 440,3 |
| 20.09.2014 | 07:00-08:00 | 4.006,0 | 4.123,0 | 996,5 | 1.625,5 | 8,7 | 525,4 | 110,6 | 100,6 | 0,0 | 752,8 | 123,5 | 219,0 | 0,0 | 401,4 |
| 20.09.2014 | 08:00-09:00 | 3.858,0 | 4.044,0 | 1.036,5 | 1.626,5 | 7,4 | 524,0 | 111,1 | 93,4 | 0,0 | 697,9 | 66,3 | 219,4 | 0,0 | 458,6 |
| 20.09.2014 | 09:00-10:00 | 3.382,0 | 3.544,0 | 967,8 | 726,3 | 170,6 | 543,0 | 115,4 | 92,7 | 0,0 | 780,0 | 165,7 | 229,5 | 0,0 | 442,8 |
| 20.09.2014 | 10:00-11:00 | 2.467,0 | 2.724,0 | 812,8 | 296,5 | 133,4 | 492,5 | 106,1 | 79,5 | 0,0 | 513,3 | 102,5 | 171,4 | 0,0 | 529,4 |
| 20.09.2014 | 11:00-12:00 | 3.129,0 | 3.267,0 | 947,3 | 972,5 | 77,4 | 496,3 | 110,8 | 82,7 | 0,0 | 584,4 | 101,7 | 172,6 | 0,0 | 419,4 |
| 20.09.2014 | 12:00-13:00 | 3.796,0 | 3.966,0 | 964,5 | 1.534,5 | 0,0 | 474,8 | 103,7 | 78,6 | 0,0 | 735,3 | 157,8 | 225,3 | 0,0 | 399,0 |
| 20.09.2014 | 13:00-14:00 | 3.902,0 | 4.018,0 | 1.012,5 | 1.608,5 | 0,2 | 474,1 | 107,4 | 88,4 | 0,0 | 692,0 | 93,3 | 214,8 | 0,0 | 490,1 |
| 20.09.2014 | 14:00-15:00 | 3.218,0 | 3.307,0 | 959,5 | 722,5 | 226,0 | 488,6 | 91,3 | 96,9 | 0,0 | 667,6 | 118,6 | 242,8 | 0,0 | 389,8 |
| 20.09.2014 | 15:00-16:00 | 2.453,0 | 2.693,0 | 749,0 | 241,5 | 174,3 | 487,1 | 101,6 | 45,0 | 111,3 | 487,4 | 110,8 | 166,8 | 0,0 | 543,9 |
| 20.09.2014 | 16:00-17:00 | 1.759,0 | 1.966,0 | 917,3 | 0,0 | 0,0 | 452,5 | 105,6 | 82,4 | 0,0 | 228,0 | 95,7 | 117,1 | 0,0 | 526,6 |
| 20.09.2014 | 17:00-18:00 | 2.122,0 | 2.452,0 | 849,5 | 476,0 | 61,0 | 444,5 | 101,9 | 102,1 | 0,0 | 289,4 | 79,5 | 98,0 | 0,0 | 501,5 |
| 20.09.2014 | 18:00-19:00 | 3.517,0 | 3.913,0 | 888,8 | 1.386,5 | 0,0 | 484,3 | 101,7 | 73,1 | 447,6 | 558,1 | 137,7 | 189,8 | 0,0 | 464,3 |
| 20.09.2014 | 19:00-20:00 | 3.307,0 | 3.456,0 | 854,3 | 748,8 | 216,1 | 511,9 | 102,6 | 30,0 | 242,2 | 673,6 | 192,5 | 275,5 | 0,0 | 335,6 |
| 20.09.2014 | 20:00-21:00 | 3.087,0 | 3.226,0 | 924,3 | 331,3 | 371,0 | 521,9 | 96,4 | 59,9 | 206,3 | 689,1 | 249,2 | 232,6 | 0,0 | 332,6 |
| 20.09.2014 | 21:00-22:00 | 2.975,0 | 3.195,0 | 854,0 | 885,0 | 103,7 | 510,0 | 67,9 | 66,8 | 171,1 | 655,0 | 73,3 | 193,5 | 0,0 | 400,0 |
| 20.09.2014 | 22:00-23:00 | 2.890,0 | 3.032,0 | 877,3 | 300,3 | 116,8 | 548,8 | 86,6 | 81,4 | 219,1 | 775,9 | 132,5 | 265,2 | 0,0 | 363,0 |
| 20.09.2014 | 23:00-00:00 | 2.957,0 | 3.083,0 | 964,0 | 417,8 | 278,9 | 543,6 | 83,8 | 108,7 | 206,8 | 646,9 | 81,5 | 278,8 | 0,0 | 369,6 |
| 21.09.2014 | 00:00-01:00 | 2.420,0 | 2.670,0 | 809,5 | 145,5 | 162,3 | 513,0 | 103,8 | 93,8 | 66,3 | 558,0 | 91,3 | 175,7 | 0,0 | 513,1 |
| 21.09.2014 | 01:00-02:00 | 3.546,0 | 3.956,0 | 1.023,3 | 1.366,8 | 38,8 | 543,9 | 110,0 | 97,4 | 327,1 | 609,3 | 132,1 | 198,7 | 0,0 | 469,6 |
| 21.09.2014 | 02:00-03:00 | 3.665,0 | 4.020,0 | 990,3 | 1.539,3 | 0,0 | 532,3 | 104,3 | 84,8 | 249,4 | 673,6 | 109,7 | 221,1 | 0,0 | 455,4 |
| 21.09.2014 | 03:00-04:00 | 3.945,0 | 4.167,0 | 1.091,3 | 1.597,3 | 0,0 | 544,6 | 110,3 | 102,1 | 265,7 | 674,1 | 138,1 | 212,1 | 0,0 | 462,5 |
| 21.09.2014 | 04:00-05:00 | 3.450,0 | 3.659,0 | 975,8 | 903,8 | 211,9 | 546,8 | 87,0 | 106,4 | 243,7 | 672,9 | 95,3 | 322,8 | 0,0 | 400,1 |
| 21.09.2014 | 05:00-06:00 | 3.473,0 | 3.600,0 | 889,8 | 1.072,3 | 69,9 | 519,9 | 103,5 | 82,5 | 179,5 | 640,9 | 95,3 | 224,4 | 0,0 | 504,4 |

| Tageswert | 77.180,0 | 82.098,0 | 22.292,8 | 22.099,0 | 2.444,2 | 12.245,9 | 2.431,7 | 2.025,0 | 2.935,9 | 14.908,3 | 2.901,6 | 5.054,2 | 0,0 | 10.612,9 |
|--------------|--------------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|------|----------|
| Maxw. Stunde | 4.006,0 | 4.167,0 | 1.091,3 | 1.626,5 | 371,0 | 548,8 | 115,4 | 108,7 | 447,6 | 780,0 | 249,2 | 322,8 | 0,0 | 543,9 |
| Minw. Stunde | 1.759,0 | 1.966,0 | 749,0 | 0,0 | 0,0 | 444,5 | 67,9 | 30,0 | 0,0 | 228,0 | 66,3 | 98,0 | 0,0 | 332,6 |
| Durchschnitt | 3.218,900000 | 3.423,8 | 929,2 | 934,3 | 102,9 | 510,7 | 103,9 | 89,1 | 221,2 | 14.908,3 | 77.180,0 | 210,8 | 65,6 | 443,1 |

Abbildung 10 - Exemplarische Datenübersicht Messprogramm 20/21.09.2014

Aus diesen Werten kann jederzeit die Menge der eingesparten Energie abgeleitet werden, und somit die Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahme bestätigt werden.

Grafisch aufgetragen werden unter anderem auch die aktuellen Leistungen aus der Wärmerückgewinnungsanlage:

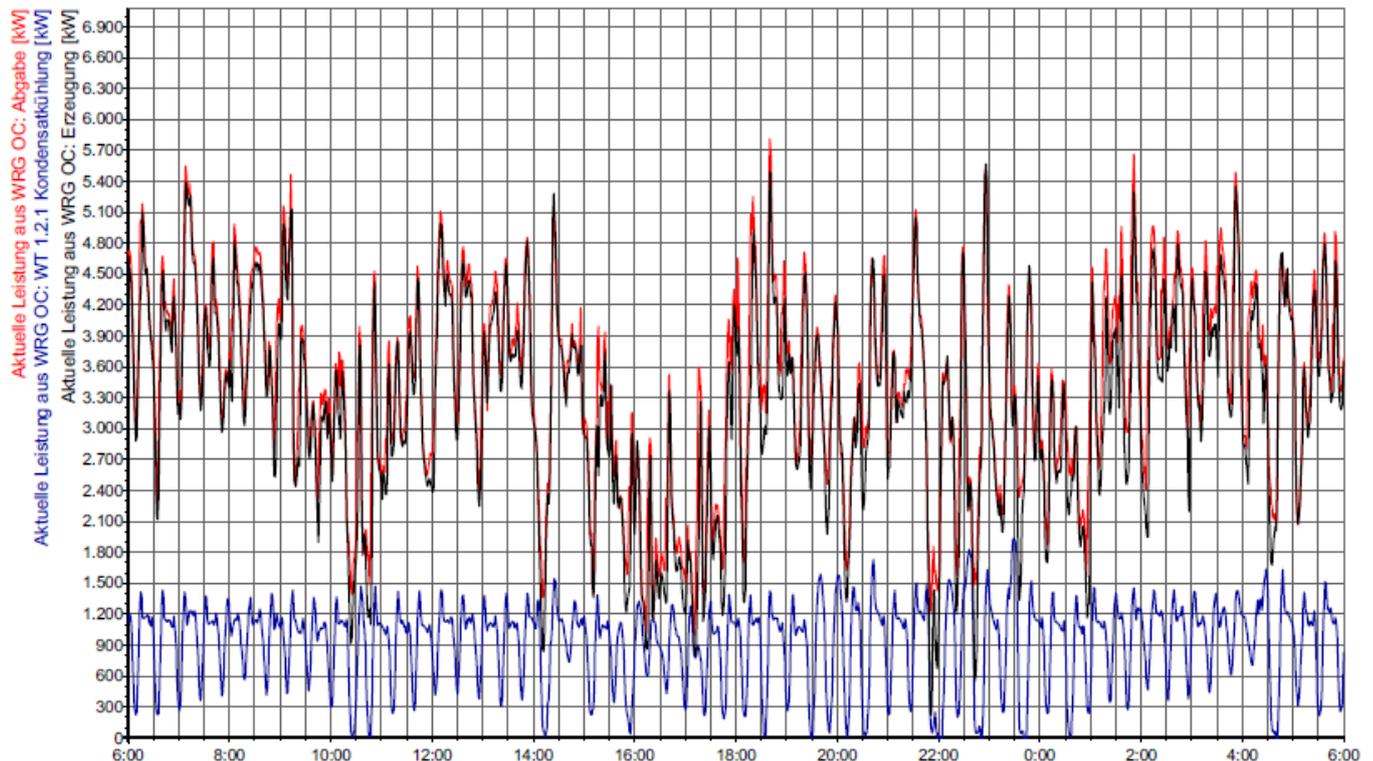


Abbildung 11 - Exemplarische Leistung aus WRG - Messprogramm 20/21.09.2014

3.5. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Umsetzung des Projektes erforderte eine Gesamtinvestition von 3.632.730,09 EUR, die sich wie folgt aufgliedert:

| Teilvorhaben | geplant [EUR] | tatsächlich [EUR] |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| (1) Hardware Wärmerückgewinnung | 587.059,00 | 599.971,92 |
| (2) Hardware Wärmeanwendung | 1.347.503,00 | 1.169.178,68 |
| (3) Leitungen, Montagen | 1.111.910,00 | 1.239.556,10 |
| (4) Elektrische Arbeiten | 472.500,00 | 312.569,57 |
| (5) Anpassungen Gebäude | 60.900,00 | 90.545,51 |
| (6) Verbrauchsmaterial | 15.750,00 | 6.743,80 |
| (7) Anpassungen Anlagen | 89.250,00 | 84.727,58 |
| (8) Verlastung, Verladung | 54.600,00 | 51.436,93 |
| (9) Eigenleistungen (Personal) | 78.000,00 | 78.000,00 |
| Gesamtausgaben | 3.817.472,00 | 3.632.730,09 |

Tabelle 8: Kostenübersicht

Dem gegenüber stehen Energieeinsparungen. Aktuell erreichen werden ca. 57% der im Antrag angenommenen Einsparungen. Bei den bisher realisierten und weiterhin erwarteten Einsparungen wird sich die erwartete Amortisationszeit um einige wenige Monate verlängern.

Die Amortisationszeit ohne eine Förderung hätte bei etwa **4,7 Jahren** gelegen. Durch die Förderung konnte diese auf rund **4 Jahre** verkürzt werden, wie in folgender Berechnung dargestellt wird:

Annahmen:

- Gesamtausgaben 3.632.730 €
- Zinsen 5,00%
- Unterhaltskosten: 1,00% der Investitionskosten
- Nutzungsdauer 10 Jahre
- Gaspreis steigt um 0,5% pro Jahr ab 2014
- Strompreis steigt um 2 % pro Jahr ab 2014
- Einsparung thermisch im Jahr 2014 = 57% des geplanten Wertes
- Einsparung thermisch im Jahr 2015 = 85% des geplanten Wertes
- Einsparung thermisch ab Jahr 2016 = 100% des geplanten Wertes

| | Jahr | Einsparung elektrisch | Einsparung thermisch | Gesamteinsparung | Unterhaltskosten | Zinsen | Anschaffungsauszahlungen | Summe |
|---|------|-----------------------|----------------------|------------------|------------------|------------|--------------------------|--------------|
| 1 | 2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | -115.568 € | -2.311.355 € | -2.426.922 € |
| 2 | 2014 | 69.575 € | 741.584 € | 811.159 € | -36.327 € | -121.346 € | -594.829 € | -2.368.266 € |
| 3 | 2015 | 70.967 € | 1.111.401 € | 1.182.367 € | -36.327 € | -118.413 € | 0 | -1.340.640 € |
| 4 | 2016 | 72.386 € | 1.314.068 € | 1.386.454 € | -36.327 € | -67.032 € | 0 | -57.545 € |
| 5 | 2017 | 73.834 € | 1.320.638 € | 1.394.472 € | -36.327 € | -2.877 € | 0 | 1.297.722 € |

Tabelle 9: Amortisationsrechnung

3.6. Vergleich zum konventionellen Verfahren

Die Alternative zur Umsetzung des Projektes entspricht dem Weiterbetrieb der vorhandenen Anlage ohne Wärmerückgewinnungsmaßnahmen. Diese Variante wäre mit deutlich höherem Energieeinsatz verbunden, wie die zuvor aufgezeigten Berechnungen darstellen.

4. Empfehlungen

4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Einführung der Wärmerückgewinnungsanlage verlief insgesamt wie erwartet. Alle Anlagenkomponenten konnten plangerecht installiert und in Betrieb genommen werden.

Zur Steigerung der Gesamteffizienz der Anlage sind laufend Anpassungen notwendig, um die optimalen Betriebspunkte in der laufenden Produktion bei verschiedenen Einflussfaktoren (Eigenschaften der Kartoffeln als Naturprodukt, Produktionsmengen) zu ermitteln.

Die folgenden Punkte wären bei einer erneuten Projektdurchführung optimierbar:

1.) Zuordnung der Gesamtenergie zu einzelnen Wärmesenken.

Aus der Erfahrung mit der Umsetzung anderer Energieprojekte war bereits bekannt, dass eine reine Bewertung der Einspareffekte über den Einsatz der Primärenergie für das Werk unter Umständen nur bedingt aussagekräftig sein kann. Änderungen an der Produktionsstruktur, am Produktmix, der Rohwarenparameter, Witterungseinflüsse und weiteren Faktoren, die den Primärenergiebedarf beeinflussen, verfälschen ggf. die Bewertung und Berechnung des Einspareffektes durch die Wärmerückgewinnung. Während zunächst nur geplant war, die Gesamtwärmemenge zu berechnen, die aus der WRG Anlage in die Wärmesenken eingespeist wurde, wurde im Rahmen der Projektplanung eine feinere Erfassungsmethodik festgelegt.

Die von einer Wärmesenke aufgenommene Energie lässt sich über die Formel:

$Q = m * c * dT$ berechnen, wobei m die durchströmende Wassermenge ist, c die spezifische Wärmekapazität von Wasser und dT die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklaufemperatur.

In die Planung sollte einfließen, dass nach jedem Wärmetauscher die Wassertemperatur auf der Austrittsseite gemessen und mit der Differenz zu der Austrittstemperatur des vorherigen Wärmetauschers die Wärmemenge berechnet wird, die an diesem Wärmetauscher an die Wärmesenke abgegeben wird.

Problematisch war bei der Durchführung vor allem die Vielzahl der Temperaturfühler, die bei der ersten Verkabelung zum Teil falsch zugeordnet wurden und zu fehlerhaften Ergebnissen führten, die nicht unmittelbar als solche zu erkennen waren. Hier erwies es sich als Nachteil, dass SPS Programmierer und Kabelmonteure zu unterschiedlichen Zeiten vor Ort waren, ihre Teilprojekte zeitlich unabhängig voneinander umsetzten und nicht von derselben Firma kamen. Erst nach einem gemeinsamen Termin und dem Einzelanschluss und Abgleich jedes Temperaturfühlers und jeweiliger Abstimmung mit dem anwesenden Programmierer brachte die korrekte Zuordnung und damit die Grundlage für die Berechnung.

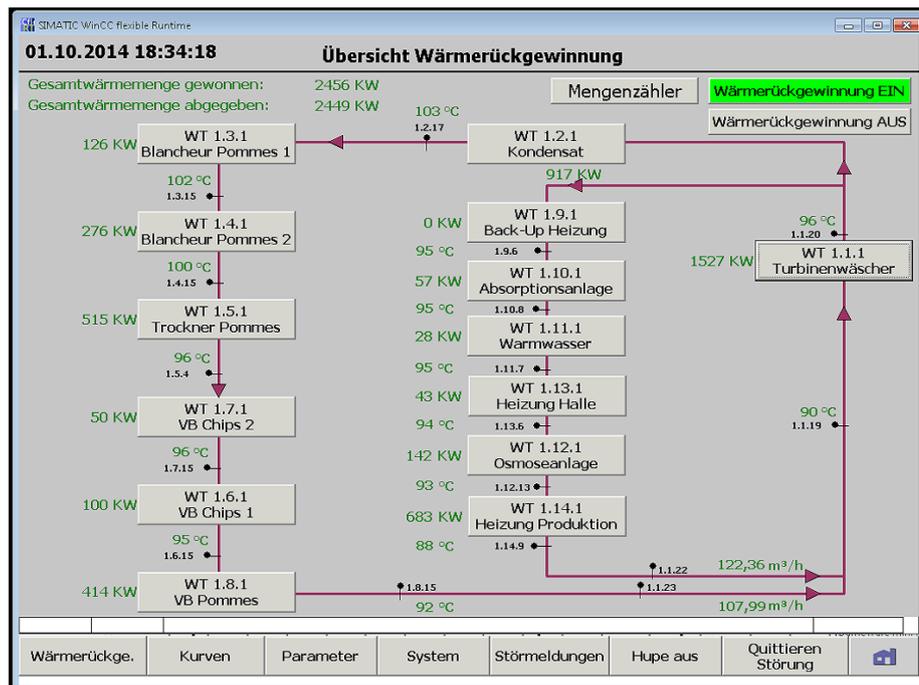


Abbildung 12 – Übersicht Wärmerückgewinnung

2.) Anpassungen des Dampfdrucks der Niederdruckschiene und Regelverhalten bei Umschaltung zwischen WRG und Dampfbetrieb

In der Testphase zeigte sich, dass die geplante dauerhafte Absenkung des Dampfdrucks auf der Niederdruckschiene nicht ohne Probleme funktioniert. Um den sogenannten Flashdampf zu nutzen, der bei der Kondensatentspannung entsteht, muss der Druck des Dampfnetzes, der diesen Dampf aufnehmen soll, etwas unterhalb des Drucks des entsprechenden Kondensatnetzes liegen. Bei bestimmten benötigten Prozessparametern zeigte sich, dass die notwendige Umschaltung auf den Dampfbetrieb einzelner Wärmetauscher bei nicht mehr zur Verfügung stehenden Wärmeangebot aus der WRG Anlage (z.B. bedingt durch Lücken in der Chipslinie), viel zu langsam erfolgte. Trotz intensiver Optimierung der Dampfregelungen, der Regelparameter der Wärmetauscher des WRG Systems und des zeitlichen Umschaltvorgangs gelang es nicht, Temperatureinbrüche bei diesen Prozessschritten in akzeptablen Grenzen zu halten. Es wurden zahlreiche Versuche gefahren, wie man die Prozessparameter genauer einhalten und die Umschaltung zwischen den Wärmetauschern der WRG Anlage und den Dampf Wärmetauschern bei sensiblen Prozessschritten beschleunigen kann. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass bei benötigten höheren Temperaturen ein höherer Dampfdruck auf der Niederdruckschiene eine deutliche Verbesserung brachte. Dieser Vorgang der Dampfdruckanpassung wurde daraufhin in Abhängigkeit der WRG Parameter automatisiert. Nachteil dieser Optimierung ist derzeit jedoch, dass bei den höheren Dampfdrücken die Energienutzung aus der Kondensatentspannungsanlage deutlich geringer ausfällt als berechnet.

3.) Dampfdruckschwankungen durch Erhöhung der Dampfauslastung

Ein wesentlicher Bestandteil der Umbaumaßnahmen im Rahmen der Umsetzung des WRG Projektes war die Umstellung der Chips Fritteuse Linie 2 von Thermalölbetrieb auf Dampfbetrieb. Dies war Voraussetzung um die Thermische Nachverbrennung durch die

Luftwäscheranlage mit Brüdenkondensator zu ersetzen. Die Umverteilung der entsprechenden Wärmeenergien war in der Energiekalkulation des Projektes berücksichtigt worden und passte rechnerisch zu den Kapazitäten der vorhandenen Dampfkesselanlagen. Es zeigte sich jedoch, dass bei zeitlich ungünstigen Produktionskonstellationen, wie z.B. gleichzeitiges Anstellen aller Anlagen, zeitgleiche Lücken in den Fritteusen usw., die benötigte Wärmeleistung in Form von Dampf unter Umständen nicht schnell genug zur Verfügung gestellt werden konnte. Im Ergebnis führte dieses dann zu einem Einbruch des Lieferdampfdrucks und in der Folge dazu, dass benötigte Prozesstemperaturen speziell bei Verbrauchern an der Hochdruckdampfschiene gar nicht oder verzögert erreicht wurden. Durch Optimierung des Dampfdruckreglers in der Dampfkesselanlage konnten Verbesserungen erreicht werden, bislang konnten die Schwankungen aber noch nicht völlig eliminiert werden.

Fazit: Insgesamt ist die Praxiseinführung erfolgreich verlaufen. An einigen Punkten haben sich neue Erkenntnisse herausgestellt und zu kleineren Anpassungen an der Prozessführung geführt. Es wird weiterhin daran gearbeitet, die Effizienz der komplexen Wärmerückgewinnung und -verteilung zu optimieren.

4.2. Modellcharakter

Das erfolgreiche Demonstrationsprojekt konnte neue Maßstäbe im Rahmen von Umweltstandards für die gesamte Branche setzen. Das hohe Potenzial des Demonstrationsprojektes ist durch eine erhebliche Energieeinsparung durch die Wärmerückgewinnung von Brüden sowie der Kälteabsorption gegeben. Dies gilt besonders in Bezug auf die einzusetzende Primärenergie in Form von Erdgas und die somit einhergehende Verringerung der Schadstoffemissionen. Unmittelbares Reproduktionspotenzial besteht über das Unternehmen hinaus dort, wo vergleichbare Anlagenkonzepte installiert werden könnten. Angesichts der bestehenden 10-12 Chips- bzw. 15-20 Pommes Frites Produktionsanlagen in Deutschland könnten pro Jahr große Mengen an Primärenergie gespart werden.

Durch eine Nutzung der Brüden wie im Demonstrationsvorhaben könnten auch in anderen Betrieben erhebliche Mengen an Primärenergie eingespart werden. So ist das Konzept zu einem für Unternehmen interessant, bei denen im Gegensatz zur konventionellen Brüdenentsorgung durch thermische Nachverbrennung die Wärmerückgewinnung auch bei Minimallasten betrieben werden könnte, zum anderen für Unternehmen mit saisonal oder prozesstechnisch bedingten großen Variationen der Brüdenmenge. Durch den erweiterten Schwachlastbetrieb könnten bei erfolgreichem Projekt die Anlagen kontinuierlich betrieben werden, was ebenso zu einer Verringerung von Verlusten durch Start und Stopp beiträgt sowie zu geringeren Instandhaltungskosten durch Verschleiß. Des Weiteren wäre eine effektive und kontinuierliche Eliminierung der Geruchsemission der Brüden durch den Wäscher gegeben.

Das im vorgestellten Vorhaben demonstrierte Konzept kann in allen Branchen und Unternehmen der Lebensmittel- und Getränkeindustrie eingesetzt werden, in deren Prozessen Brüden anfallen. Das Produkt und Anwendungsspektrum in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, wo in diversen Erwärmungs- bzw. Erhitzungsprozessen z.B. Fritteusen, Brateinheiten und Backeinheiten eingesetzt werden, ist sehr groß, wodurch der Modellcharakter des Projektes begründet ist. Die hierbei entstehenden Brüden aus verschiedensten Ölen, Aerosolen, Fetten oder Gerüchen müssen aufwendig neutralisiert und entsorgt werden. Dabei reichen die relevanten Branchen der Lebensmittel und

Getränkeindustrie von der Bierproduktion bis hin zur Fertigprodukten wie Kartoffelpuffer oder Frikadellen. Auch bei der Abwasserreinigung fallen Brüden an, auf die das Konzept gegebenenfalls übertragen werden könnte.

5. Literatur

Die folgenden Veröffentlichungen hinsichtlich des Projektes sind bisher entstanden:

Printmedien

1. BMU Umwelt Februar 2014
2. Volksstimme – Oscherslebener Tageblatt – 7. Februar 2014
3. Generalanzeiger Oschersleben-Wanzleben – 19. Februar 2014

Internet

4. Umweltinnovationsprogramm – 19. Dezember 2013
5. Pressemitteilung BMU – 10. Januar 2014
6. klimAktiv.de – 10 Januar 2014 (Pressemitteilung BMU)
7. energie-experten.org – 11. Januar 2014
8. umwelt-monitor – Hinweis auf 5. und 7.
9. Pregas – (Pressemitteilung BMU)
10. Gabot.de – 17. Januar 2014 (Pressemitteilung BMU)
11. Homepage Waltraud Wolff – 6. Februar 2014
12. Fördermittel-Beratung – 5. Juni 2014

6. Anhang

6.1. Emissionsmessprogramm

Das Messprotokoll wird nach erfolgter Durchführung nachgereicht.