

BMU-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

**Modernisierung des zentralen Absaugsystems zugunsten eines kombinierten Einzel- und Zentralabsaugsystems
(UBA Vorhabenummer 2100)**

Fördernehmer:

Melitta Europa GmbH & Co. KG

Umweltbereich

Energie- und Ressourceneffizienz

Laufzeit des Vorhabens

1. September 2013 bis 31. Dezember 2014

Autor

Eduard Pertsch

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

Datum der Erstellung

29. Juni 2015

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: UBA 704441-5/43	Vorhaben-Nr.: 2100
Titel des Vorhabens: <p style="text-align: center;"><u>Modernisierung des zentralen Absaugsystems zugunsten eines kombinierten Einzel- und Zentralabsaugsystems</u></p>	
Autor: Eduard Pertsch	Vorhabensbeginn: 09.12.2013 Vorhabensende: 31.12.2014
Fördernehmer: Melitta Europa GmbH & Co. KG Ringstraße 99 32427 Minden	Veröffentlichungsdatum: Seitenzahl: 64
Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
Kurzfassung <p>Melitta produziert am Standort Minden mit 42 Produktionsanlagen jährlich rd. 18,5 Mrd. Filtertüten. Dafür werden ca. 30.000 t Papier eingesetzt. Das entspricht einer Produktionsauslastung von rund 60%. Technisch bedingt fallen in der Verarbeitung Schnittreste (10.000 t/Jahr) und Staub (28 t/Jahr) an.</p> <p>Bisher wurden zum Abtransport der Schnittreste und des Staubes zentrale Absauganlagen genutzt. Der Nachteil war ein sehr hoher Energieeinsatz da zentrale Absaugsysteme keine bzw. nur wenig Rücksicht auf die Produktionsauslastung nehmen können. Der Grund ist eine zur Verfügung Stellung von Absaugleistung an allen Absaugstellen, unabhängig von dem tatsächlichen Bedarf, der durch die Produktionssituation bestimmt wird.</p> <p>Mittels einer Kombination aus Einzel- und Zentralabsaugsystemen mit automatischer Querschnittsanpassung ist es gelungen die Vorteile beider Systeme zu bündeln und dadurch die Treibhausgasemissionen um 1.200.000 kg CO₂-</p>	

Äquivalente pro Jahr zu reduzieren.

Schlagwörter

Absauganlage, pneumatische Abfallentsorgung, pneumatischer Materialtransport, Staub, sortenreine Abfallentsorgung, Sammlung Produktionsabfälle, Papierstaub, Energiebedarf

Anzahl der gelieferten Berichte

Papierform: 8

Elektronischer Datenträger: 1

Sonstige Medien:

Ref. Number: UBA 704441-5/43	Report Number.: 2100
Report title: <p style="text-align: center;"><u>Modernization of the central exhaust system in favor of a combined single and central exhaust system</u></p>	
Author: Pertsch Eduard	Project beginning: 09.12.2013
	Project end: 31.12.2014
Performing Organisation Melitta Europa GmbH & Co. KG Ringstraße 99 32427 Minden	Publication Date:
	No. of Pages: 64
Promoted under the Environmental Innovation Program of the Federal Environment Ministry	
Summary: <p>Melitta produces with 42 production lines about 18.5 billion filter bags per year. The consumption of paper is 30.000 t per year. The utilization rate is nearly 60%. Due to the production of filter bags you have paper cutting scrap (10.000 t/a) and paper dust (28 t/a).</p> <p>In the past central exhaust ventilation systems were used to transport the cutting scrap and dust. The disadvantage was a high demand of energy, because there was almost no option to change the power of the central exhaust systems in connection to the production load. The reason for that was that the old systems provided the exhaust power independently from the real demand.</p> <p>Using a combination of a centralized and decentralized exhaust system with an automatic adjustment of different tubes bundles the advantages from both systems and reduces the output of CO₂ equivalents by 1.200 tons per year.</p>	

Keywords:

Exhaust ventilation system, pneumatic waste management, pneumatic material handling, dust, unmixed waste, production waste collection, paper dust, energy demand

Number of reports delivered:

Paper form: 8

Electronic media: 1

Other media:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Zusammenfassung	7
1.2	Beschreibung des Unternehmens	10
1.3	Kurzbeschreibung des Vorhabens	11
1.4	Ausgangssituation und Ziel des Vorhabens	13
2	Vorhabensumsetzung	16
2.1	Zielvorgaben	16
2.2	Planung der technischen Lösung	17
2.3	Erläuterung der technischen Lösung	21
2.3.1	Auswahl des geeigneten Absaugsystems	21
2.3.2	Filtertechnik	23
2.3.3	Automatisierungs- und Steuerungstechnik	24
2.3.4	Simulationstool	24
3	Ergebnisse	25
3.1	Quantitative Verbesserungen	25
3.1.1	Energieeinsparungen elektrischer Energie	25
3.1.2	Volumenstrom	27
3.1.3	Druckluft	28
3.1.4	Automatisierungs- und Steuerungstechnik	28
3.2	Zusammenfassende Stoff- und Energiebilanz inkl. Umweltbilanz-Vergleich	29
3.3	Wirtschaftlichkeitsanalyse	30
4	Empfehlungen	31
4.1	Neuheitswert – Erfahrungen aus der Praxiseinführung	31
4.2	Übertragbarkeit auf gleiche oder andere Branchen und Modellcharakter	32
5	Anhang	34
5.1	Abkürzungsverzeichnis	34
5.2	Abbildungsverzeichnis	35
5.3	Tabellenverzeichnis	36
5.4	Literaturverzeichnis	36
5.5	Abbildungen	37

1 Einleitung

1.1 Zusammenfassung

Melitta Europa GmbH und Co. KG produziert am Standort in Minden an 42 Produktionsanlagen jährlich rd. 18,5 Mrd. Filtertüten mit unterschiedlichen Papiersorten mit Flächengewichten zwischen 45 und 70 g/m³. Pro Jahr werden ca. 30.000 t Filterpapier produziert und verarbeitet. Technisch bedingt fallen in der Verarbeitung Schnittreste (10.000 t/Jahr) und Staub (28 t/Jahr) an. Bisher wurden zum Abtransport der Schnittreste und des Staubes eine zentrale Absauganlagen genutzt. Durch die Nutzung von zentralen Absaugsystemen entstanden für Melitta mehrere Schwierigkeiten.

Unabhängig von der Produktionsauslastung mussten die Absaugsysteme kontinuierlich betrieben werden. Die pneumatische Reinigung der Filteranlagen führte zu hoher Lärmemission und einem hohen Druckluftbedarf. Bedingt durch den sehr hohen Volumenstrom und dem daraus resultierenden Luftwechsel innerhalb des Gebäudes entstand ein hoher Bedarf an Heiz- bzw. Kühlleistung. Durch das zentrale Absaugsystem konnte nicht an allen Produktionsanlagen die gewünschte Papiersorte produziert werden. Die feste Zuordnung der zentralen Absaugsysteme zu den Pressen führte bei Störungen an dieser zu Ausfällen aller angeschlossenen Produktionsanlagen.

Aus diesem Anlass wurde als Lösung eine Kombination aus Einzel- und Zentralabsaugsystemen mit lastenabhängiger Querschnittsänderung umgesetzt. Diese kombiniert die Vorteile beider Lösungen und erweitert diese um die Möglichkeit der Nutzung des optimalen Leitungsquerschnitts für den einzelnen Lastfall. Jede der 42 Produktionsanlagen wurde mit einer eigenen Absauganlage ausgerüstet mit deren Hilfe die anfallenden Schnittreste und der Staub, nur noch bei Bedarf, erfasst und zu zwei Ventilatorenstationen gefördert werden. Innerhalb der Ventilatorenstationen schließt sich ein Weichenwerk an mit dessen Hilfe man die Schnittreste einer der vier Zentralabsauganlagen zuordnen kann. Die Zentralabsauganlagen unterscheiden sich in ihrem Leitungsquerschnitt. Durch die Wahl des optimalen Leitungsquerschnitts kann auf die unterschiedlichen Lastverhältnisse eingegangen werden.

Das Vorhaben zeigte erstmals wie mit dem neuen Absaug- und Entsorgungssystem aus der Filterproduktion Papierstaub, Filterpapier-Schnittreste und Luftfeuchtigkeit effizient und bedarfsgerecht abgesaugt, gefiltert und in Verbindung mit einer neuartigen Automatisierungs- und Steuerungstechnik in den Produktionsprozess oder einer Verwertung zurückgeführt werden. Dabei ergeben sich im Vergleich zum bisherigen Absaugsystem die o.g. erheblichen Einsparungen.

Insgesamt ergab sich durch die neue Anlage und den damit verbundenen geringeren Stromverbrauch sowie den reduzierten Volumenstrom eine Energieeinsparung von 86.991 MWh pro Jahr. Hierdurch können jährlich etwa 1.200 t CO₂ eingespart werden. Bezogen auf eine Tonne eingesetztes Papier wurden die CO₂ Emissionen um ca. 70 % reduziert. Die Lärmimmission konnte auf unter 45 dB(A) reduziert

werden. Der Verzicht auf Druckluft zur Filterabreinigung von ursprünglich 267 Nm³/h (1.108.747 Nm³/Jahr) konnte erfolgreich umgesetzt werden.

Die gewählte Lösung lässt sich auf viele andere Anlagen übertragen, in denen mittels pneumatischer Fördertechnik Schnittreste, Abfälle, Stäube sauber getrennt von verschiedenen Anfallstellen erfasst und über größere Strecken transportiert werden müssen und gleichzeitig der Absaugbedarf an den Einzelmaschinen stark schwankt.

Summary:

Melitta Europa GmbH & Co. KG produces, at the production site in Minden, with 42 production lines about 18.5 billion filter bags per year. The filter bags have different quality of paper and a grammage between 45 and 70 g/m². Approx. 30.000 t of filter paper were produced and processed per year. Due to the production of filter bags you have paper cutting scrap (10.000 t/a) and paper dust (28 t/a). In the past we used a central exhaust system to transport these cutting scrap and dust. The disadvantage was a high demand of energy. Through the use of a central exhaust system Melitta got several difficulties.

Independently from the production load the exhaust system had to work continuously. The pneumatic cleaning of the filter system caused a lot of loud noises and a high consumption of compressed air. Due to the high volume flow and the change of air ventilation in the production area, there was a high demand of heating and cooling power. Because of the central exhaust system there was no chance to produce every paper grade at each production line. The fixed allocation between the central exhaust system and the connected bailing press led in cases of disturbances shut down all connected production lines.

Because of this, the result was a combination of single and central exhaust systems with changeable dimension of the tubes in relation to the production load. This combines the advantages of both and enhances the possibility of the usage of the optimized width of the tubes for every single production load. Each production line got its own exhaust system blower to be able to transport the cutting scarp and dust, only when needed to the next ventilator system. In the ventilator system there is a guide, which connects the cutting scarp to the correct bailing press. The central exhaust system has at that point different dimension of tubes. With the correct choice of the width for the tubes, you can get the best performance.

The project showed for the first time, how the new exhaust system can evacuate efficiently and as required filter paper scrap, dust and air humidity, filter them and bring them in connection with a new control system back to the production process. In comparison to the old system you get significant savings.

Altogether the consumption of electric power decreased and also because of the reduced air ventilation a reduction of energy consumption of 86.991 MWh per year was achieved. Through this the CO₂ output was reduced by approx. 1.200 tons. Based on one ton used paper, we reduced the CO₂ emission by around 70%. The noise disturbance could be reduced below 45 dB (A). Because of the resignation of using compressed air for the cleaning of the filter system, 267 Nm³/h (1.108.747

Nm³/a) compressed air were saved. This solution could be transferred to many other technical facilities, where pneumatic conveyer technic is used to transport paper scrap, waste and dust cleanly separated from different sources over long distances and at the same time the exhaust demand of the single production machine may fluctuate significantly.

1.2 Beschreibung des Unternehmens (Antragsteller)

Die Melitta-Unternehmensgruppe Bentz KG ist Hersteller von Markenprodukten für Kaffeegenuss, für die Aufbewahrung und Zubereitung von Lebensmitteln sowie für Sauberkeit im Haushalt. Melitta nimmt bei Handel und Verbrauchern eine führende Position ein. Der Melitta-Konzern insgesamt setzte rd. 1,3 Mrd. Euro im Jahr 2013 weltweit mit 3.690 Mitarbeitern um (davon 1.795 in Deutschland).

Antragsteller ist der Melitta-Unternehmensbereich „Melitta Europa GmbH & Co. KG“ in Minden („Melitta“). Zu Melitta gehört im Geschäftsbereich Haushaltsprodukte am Standort Minden u.a. die Herstellung von Filtertüten aus Papier.

	2010	2011	2012	2013	2014
Mitarbeiterzahlen	574	579	679 ¹	778	784
Netto-Umsätze in Mio. Euro	218	233	421	589	618 ²

Tabelle 1 Mitarbeiter und Umsatz der Melitta Europa GmbH & Co. KG

¹ Der Mitarbeiteranstieg 2011/2012 ist auf die Verschmelzung der Melitta Kaffee GmbH auf die Melitta Haushaltsprodukte GmbH & CO. KG (dann umbenannt in Melitta Europa GmbH & Co. KG) zurückzuführen.

² Werte mit Stand 02.03.2015

1.3 Kurzbeschreibung des Investitionsvorhabens gem. fachtechnischer Beschreibung

Melitta plante die Erneuerung des zentralen Absaug- und Entsorgungssystems der hauseigenen Papierverarbeitung zugunsten eines kombinierten Einzel- und Zentralabsaugsystems mit automatischer lastabhängiger Querschnitts- und Leistungsanpassung zur Entsorgung von Stanz- und Staubabfällen aus der Filtertütenproduktion in Kombination mit einer neuartigen und innovativen Automatisierungs- und Steuerungstechnik, vornehmlich zur Energieeinsparung und damit zur Verminderung von Treibhausgasemissionen bei der Energieerzeugung. Das innovative System besteht aus einer innovativen Verfahrenskombination mit weltweit einzigartigen Steuerungsparametern für alle Anlagenteile in Verbindung mit einem optimierten Energiemanagement.

Mit der neuen Technik können nun aus der Filterproduktion Papierstaub, Papierschnittreste abgesaugt, gefiltert und größtenteils in den Produktionsprozess zurückgeführt werden. Innovativ wurde das neue Absaugsystem durch

- die bedarfsgerechte, automatische Querschnitts- und Leistungsanpassung
- eine neuartige Automatisierungs- und Steuerungstechnik mit automatisch Teillasterkennung und intelligenter, lernfähiger Leistungsregelung
- eine Erfassung und Visualisierung sämtlicher Prozessdaten und Energieverbräuche mit weitgehenden Auswertemöglichkeiten zur Erkennung und Planung von energieeffizienten Produktionszuständen (Maschinenkombinationen und Belegungen)
- ein Simulationstool zur Steigerung der Energieeffizienz im Stadium der Produktionsplanung

Mit der neuen Absaug- und Entsorgungsanlage wird zum einen für eine optimale Hallenluftqualität gesorgt und zum andern werden nun massive Energieeinsparungen erreicht und Umweltbelastungen (Reststaub, Lärm) stark reduziert. Ferner werden durch flexiblere Ansteuerung der vorhandenen Ballenpressen künftig als gewünschter Nebeneffekt auch mehr Papierschnittreste der Papierproduktion wieder zugeführt und damit eine höhere Materialeffizienz erreicht. Die neue Verfahrenstechnik erlaubt jetzt - je nach Bedarf - außerdem, temperierte strömungsfreie (Frisch-) Zuluft durch Diffusion und stufenlose Regelung in die Umgebungsbereiche der Mitarbeiter bei geringster Lärmemission zur aktiven Verbesserung des Arbeitsumfelds zu leiten. Dies führt u.a. zu einer Reduzierung der Arbeitsplatzbelastung durch Zugluft und luftfremde Stoffe und sorgt für ein sauberes Arbeits- und Produktionsumfeld. Des Weiteren werden in Minden Belästigungen der Melitta-Siedlungsumgebung durch Lärmemissionen und Staubreste aktiv reduziert, da fast der gesamte Anlagenaufbau (bis auf die Frischluftansaugung und die Fortluft-Ausblasung) künftig komplett im Innenraum der Halle realisiert wird.

Die installierte Absauganlage besitzt spezielle von Melitta geforderte Ausstattungsdetails, um die wie folgt aufgeführten Leistungen im firmenindividuellen Dauerbetrieb zu erbringen: die vorgegebenen Materialien verlustfrei zu verarbeiten und die gesetzlichen Anforderungen (wie Arbeitssicherheit am Arbeitsplatz) noch deutlicher

als bislang zu übertreffen. Im Übrigen wurden die Anlagen bezüglich ihrer Ausstattung für Mechanik, Pneumatik und Elektrik/Elektronik mit den dem künftigen Stand der Technik entsprechenden Komponenten ausgerüstet. Maßstab sind die hohen freiwilligen Vorgaben bei Melitta bezüglich des Umweltschutzes.

1.4 Ausgangssituation (Stand der Technik) und Ziel des Vorhabens

Bei der Produktion von Filtertüten ist wegen der potentiellen Hallenluftverschmutzung durch Papierstaub und zur Rückgewinnung von Filterpapierresten eine Absauganlage unentbehrlich. Die Notwendigkeit entsteht auch maßgeblich aus der anfallenden Menge an Schnittresten. In normalen Zweischichtbetrieben fallen pro Tag rd. 30 t lockere Schnittreste in drei unterschiedlichen Farben an. Diese müssen sortenrein an jeder Anfallstelle gesammelt und gelagert werden, um diese in der nächsten Produktionscharge der Papiermaschine zuführen zu können. Die dezentrale Sammlung der Schnittreste ist für Melitta aufgrund von bis zu 42 aktiven Produktionsmaschinen, weiter Strecken und eingeschränkter Lagerkapazität nicht praktikabel. Verdichtet man diese Schnittreste, so entstehen am Tag je nach Auslastung etwa 70 – 90 Ballen mit Einzelgewichten von ca. 300 – 400 kg je nach genutzter Ballenpresse. Aus diesen Gründen hat die Erneuerung der Absauganlage eine hohe Priorität.

Die Melitta-Absauganlage besteht aus folgenden Anlagenteilen:

- Absaug- und Förderventilatoren
- Rohrleitungssysteme
- Abscheidesysteme (Flachabscheider, Zyklone)
- Staubabscheider und Filtersysteme
- Steuerungsanlagen

Bei Melitta werden unterschiedliche Filterpapiersorten verarbeitet, und zwar

- Filterpapiere in einer Grammaturn zwischen 45 und 70 g/m²
- in den Farben braun, weiß, und Öko (z.B. Mild-Papiere oder Papiere aus Bambus) und in Vorbereitung bunt.

(Siehe Anh. Abb. 6 „Funktionsschema Melitta Absaugung PV 1, PV 2, PV 3 (Istzustand 20.09.2011)“)

Es werden im Zweischichtbetrieb in der Stunde 3,5 Mio. Filtertüten hergestellt, also 18,5 Mrd. Filtertüten im Jahr. Dabei können je nach Auftragsstruktur bis zu 30 t Filterpapier-Schnittreste in unterschiedlichen Größen und Papiersorten pro Tag anfallen, die zu einem großen Teil, soweit sie sortenrein gesammelt werden konnten, der hauseigenen Papierherstellung wieder zugeführt werden:

- braun: 30.000 kg auf 42 Produktionsanlagen
- oder gleichzeitig stattdessen weiß bis zu 20.000 kg auf 30 Produktionsanlagen
- und/ oder Öko bis zu 2.000 kg auf 15 Produktionsanlagen

Zusätzlich entstehen durchschnittlich pro Jahr fast 28 Tonnen an Papierstaub bei der Schnittrest-Absauganlage und 0,8 Tonnen bei der Nadelstaub³-Absaugung.

³ Nadelstaub entsteht an den so genannten Nadelaggregaten: Sie produzieren die durchlässigen Aroma-Poren der Filtertüten, die den Geschmack des gefilterten Kaffees mitbestimmen. Dabei fällt Staub an.

Das ursprüngliche zentrale Melitta-Absaugsystem war auf eine voll ausgelastete Produktion ausgelegt, obwohl die durchschnittliche Maschinenauslastung bei Melitta lediglich 54 % dieser Kapazitäten beträgt. Bei 42 Maschinen und derzeit drei Filterpapierfarben (eine vierte, „bunt“, ist künftig geplant) ergab sich eine durchschnittliche Teillast bzw. Farbverteilung.

bei der Farbe braun: 10 – 60 %
 bei der Farbe weiß: 5 – 25 %
 bei der Farbe Öko: 2 – 10 %.

Unabhängig von der Teillastverteilung werden 810 kWh (3.254.000 kWh/Jahr) an Strom und zuzüglich 267 Nm³/h (1.109.000 Nm³/Jahr) Druckluft für den Betrieb der Absauganlage benötigt. Diese Werte basieren auf dem Jahr 2012; die Druckluft wurde mit einer spezifischen Leistung von ca. 0,12 kWh/m³ errechnet.

Das entspricht einem CO₂ Ausstoß von ca. 1.956.000 kg/Jahr bei dem Stromverbrauch und 37.000 kg/Jahr bei dem Druckluftverbrauch.

Ferner werden Filtertüten-Sondergrößen (z.B. 1x10) wegen der geringen Nachfrage nur in rd. 4 Wochen pro Jahr produziert. Da sich Melitta als Vollsortimenter für Filtertüten versteht, der aus Imagegründen alle acht marktfähigen Filtertütengrößen im Sortiment führt, werden Produktionsmaschinen für weniger nachgefragte Spezialitäten reserviert; entsprechende Minderauslastungen akzeptiert man als Teil der Geschäftspolitik. Insoweit war die aktuelle Absaugung dieser Leerkapazitäten in Höhe von 46 % des Maschinenparks eine Verschwendung von Energie (da es sich um ein zentrales und unregelmäßiges Absaugsystem handelte, wurde immer die gleiche Luftmenge abgesaugt - unabhängig von der Maschinenauslastung). Der Energieverbrauch war ebenso fix. Von Nachteil der vorhandenen zentralen Absaugung war ferner, dass die Absaugung z.B. für die letzte Produktionsmaschine vor dem Absaugstrang in einer der Maschinen-Ringstraßen derart intensiv war, dass eine einwandfreie Produktion mit dieser Maschine nicht mehr gewährleistet war und die erhöhte Absaugleistung dort durch einen besonderen Bypass wieder reduziert werden musste: Dieses führte zu einer doppelten Energieverschwendung - zuerst durch ein ineffektives Übermaß an Absaugleistung, dann durch die korrigierende Rückführung.

Die frühere Melitta-Absaugung bestand aus fünf Absaugsträngen für braune, weiße und Öko-Filterpapierreste sowie für Papierstaub aus den Nadelaggregaten (sie produzieren die durchlässigen Aroma-Poren der Filtertüten, die den Geschmack des gefilterten Kaffees mitbestimmen). Die damaligen Absaugsysteme waren sowohl bestimmten Papierverarbeitungsanlagen als auch bestimmten Ballenpressen für die derzeitigen drei Papierfarben (braun, weiß und Öko) fest zugeordnet. Bei einem Schaden an auch nur einer Ballenpresse konnte der dazugehörige Absaugstrang und vor allem die angebundene Produktionsanlage nicht weiter betrieben werden.

Kam es bei diesen Absaugprozessen zu Störungen, so wurden diese durch optische Signalgeber dem Bedienpersonal angezeigt. Eine automatische Abschaltung der betroffenen Produktionsmaschinen fand nicht statt, da kein zentrales Automatisierungs- bzw. Überwachungssystem existierte. Gelang es nicht, Störungen rechtzeitig zu erkennen und darauf zu reagieren und wurden die Papierverschnitte den

Ballenpressen nicht sortenrein zugeführt, so konnten die dann entstandenen Mischballen dem Melitta-Papierkreislauf für die Filterpapierherstellung nicht mehr zugefügt werden.

Der Staub der Nadelaggregate wurde von einem autarken System separat abgesaugt und der Nadel-Entstaubung zugeführt. Die abgesaugte staubhaltige Luft wurde anschließend gefiltert, der anfallende Papierstaub gesammelt und durch Dritte in einer Kompostieranlage verwertet.

(Siehe Anh. Abb. 7: Funktionsschema Melitta Staubabsaugung Blue 5 Istzustand 05.04.2011)

Die Luft-Absaugleistung betrug 280.000 m³/h bei einem Stromverbrauch von 810 kWh (3.254.000 kW/Jahr), das entspricht einer Menge von 1.956.000 kg CO₂ pro Jahr und 115 [kWh/t] Filterpapier zuzüglich einem Druckluftverbrauch der gesamten Anlage von 267 Nm³/h (1.109.000 Nm³/Jahr) dies entspricht 37.000 kg CO₂ pro Jahr. Allerdings konnten durch bestehend Be- und Entlüftungsanlagen nur maximal 240.000 m³/h Frischluft nachgeführt werden. Daraus entstand eine Differenz von 40.000m³/h, die einen starken Unterdruck in den Produktionsräumen und hohe Luftströmungen ergab. Dies führte zu Heizungsproblemen, weil dadurch eine konstante Temperatur verhindert wurde. Die ungleichen Druckverhältnisse, eine ungünstige Luftfeuchtigkeit und hohe Krankenstände belasteten neben beachtlichen Energiekosten den Produktionsprozess bei Melitta. Es war Melitta darum nicht möglich, die klimatischen Bedingungen in den Produktionshallen angemessen zu regeln.

Die bisherigen Be- und Entlüftungsanlagen wurden fast komplett im nicht strömungsfreien Zuluftbetrieb gefahren. Die Prozesswärme konnte darum nicht z.B. für eine Wärmerückgewinnung genutzt werden. Bisher wurden die Energiedaten nicht getrennt gemessen, sondern der Betrieb als eine Einheit gemessen und abgerechnet. Zukünftig werden für diese Anlagen detaillierte Daten erhoben und ausgewertet. Von der neuen Absauganlage sind jedoch nur einzelne Be- und Entlüftungsanlage betroffen. Diese sind für die PV 1 – 3 zuständig.

(Siehe Anh. Abb. 43 „Schema der RLT Anlagen der PV 1 – 3“)

Ferner war speziell an sehr warmen/kalten Tagen u.a. des unausgewogenen Lufthaushalts und der starken Zugluft wegen die Arbeitsbelastung für die Mitarbeiter kritisch und schlug sich besonders in den ersten Monaten eines Jahres – verglichen mit anderen Produktionsbetrieben – in einem erhöhten Krankenstand deutlich nieder.

Da sich die Filtertütenproduktion (im Zwei-Schichtsystem) in einem Wohngebiet befindet, war die Emissionsbelastung auch der Anwohner als unnötig hoch anzusehen. Eine wünschenswerte, dauerhafte Drei-Schicht-Produktion hätte an den zusätzlichen Belästigungen im Wohngebiet scheitern können.

2 Vorhabensumsetzung

2.1 Zielvorgaben

Als Zielvorgaben zur Energieeinsparung nannte Melitta deutliche Reduzierungen des Volumenstroms, der elektrischen Energie und einen völligen Verzicht auf Druckluft, weil die bisherigen Absauganlagen im umwelttechnisch-fortschrittlichen Sinn veraltet und damit für die von Melitta freiwillig gewünschten künftigen Umwelt- und Produktionsanforderungen zu unflexibel waren. Immer, wenn sich die Absaugungen infolge elektrischer Überlastungen abschalteten, führte dies zu Hallenluftverschmutzungen und Produktionsausfällen. Da die bisherige zentrale Absauganlage wie ein überdimensionierter Staubsauger auslastungs-*un*-abhängig absaugte, entstanden hohe Betriebs- und Energiekosten, die in Zukunft weiter gestiegen wären. Darum war von Melitta aus betriebswirtschaftlichen, aber auch aus umwelttechnischen Gründen beabsichtigt, die bestehende unregelmäßige Zentralabsaugung durch ein neues, flexibles und energiesparendes Absaugsystem zu ersetzen.

Melitta gab die folgenden konkreten Zielvorgaben für das neue Absaugsystem vor:

- Reduktion des Stromverbrauchs bei 60 % Produktionsauslastung von 810 kWh auf 310 kWh
- Reduktion der eingesetzten Druckluft von 267 Nm³/h auf 0 Nm³/h
- Reduktion des Volumenstroms bei 60 % Produktionsauslastung von 280.000 m³/h auf 80.000 m³/h
- Hohe Prozesssicherheit
- Flexibilität bei der sortenreinen Ansteuerung der Ballenpressen
- Wartungserleichterungen
- Reduzierung von Mischballen
- Reduktion von Lärmemission in der Melitta-Siedlungsumgebung

Viele Aggregate der bisherigen Absauganlage waren im Außenbereich installiert und seinerzeit weitestgehend in nicht schallisolierter Ausführung umgesetzt. Insbesondere seien hier die Filteranlagen genannt, die unter anderem auf Dächern installiert waren und in regelmäßigen Abständen mit einem Druckluftstoß gereinigt wurden. Diesen Reinigungszyklus hat man ca. 1 x pro Minute an 5 Filteranlagen durchgeführt.

Bei der umgesetzten Lösung wurde jetzt eine Filteranlage ohne Druckluftreinigung ebenerdig in einem Innenhof installiert, so dass diese rundum von bestehenden Gebäuden abgedeckt ist. Des Weiteren wurden sowohl die Ventilatorenstationen als auch die im Außenbereich verlaufende Rohrleitungen isoliert, damit also insgesamt auf eine gebäudeinnenliegende Umsetzung geachtet.

Alle von Melitta vorgegeben Ergebnisse sollten effizient, d.h. mit minimalem Energieaufwand, erreicht werden.

2.2 Planung der technischen Lösung

Auf der Basis seiner Zielvorgaben plante Melitta die Erneuerung des zentralen Absaugsystems der hauseigenen Papierverarbeitung zugunsten einer kombinierten Einzel- und Zentralabsaugung von Stanzabfällen mit lastenabhängiger Querschnittsänderung mit dem Ziel von Energieeinsparungen bei einer höheren Betriebssicherheit und zur Verminderungen von Umweltbelastungen. Das neue Absaugsystem besteht aus einer neuartigen Verfahrenskombination mit weltweit einzigartigen Steuerungsparametern für alle Anlagenteile in Verbindung mit einem einmaligen Energiemanagement und sollte alle o.g. umwelttechnischen Mängel des bisherigen Absaugverfahrens vermeiden.

Das Investitionsvorhaben umfasst eine komplette Erneuerung der gesamten bestehenden Absaug- und Entsorgungsanlage für Stanz- und Staubabfälle aus der Filtertütenproduktion. Bedingt durch eine erhöhte Produktionsauslastung und durch nur geringe Möglichkeiten der Zwischenlagerung musste der Umbau weitestgehend bei laufender Produktion erfolgen. Das neue Absaugsystem wurde ferner weitestgehend in den bestehenden Melitta-Gebäuden untergebracht.

In einem ersten Schritt wurde die bestehende lufttechnische Situation (Verhältnis von abgesaugtem Volumenstrom zur Luftzuführung) im Detail komplett erfasst, protokolliert und ausgewertet. Mit diesen Informationen konnte eine genaue energetische Bilanz der bestehenden Anlage erstellt werden. Im nächsten Schritt wurden verschiedene Möglichkeiten der Verbesserung der aktuellen Situationen in Erwägung gezogen: Die zwar kostenintensivere, aber umweltschonendste Option war die effiziente Neugestaltung der gesamte Absaug- und Entsorgungsanlage mit dem Ziel einer starken Reduzierung des Energiebedarfs, einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Melitta-Mitarbeiter und damit einer Verringerung der Umweltbelastungen. Diese Option entsprach dem Umweltbewusstsein des Unternehmens und wurde daher als Lösungsweg präferiert.

In einem zweiten Schritt wurde der tatsächliche Absaugbedarf an den Maschinen durch Testversuche ermittelt und mit diesen Werten ein Gesamtkonzept für alle Produktionsmaschinen ausgearbeitet. Bei der Ausarbeitung dieses Gesamtkonzepts mussten dabei gewisse grundsätzliche Gesetzmäßigkeiten für Absauganlagen im Sinne der technischen Funktionalität beachtet werden, und zwar im Zusammenhang mit:

- *Mindestluftgeschwindigkeit:* Zum Absaugen fester Stoffe mit Luft ist eine gewisse Mindestluftgeschwindigkeit erforderlich. Wird diese Luftgeschwindigkeit unterschritten, so kann das Material von der Luft nicht mehr transportiert werden und bleibt verstopfend in der Rohrleitung liegen. Diese Mindestluftgeschwindigkeit liegt bei den Stanzabfällen von Melitta bei ca. 14 – 15 m/s.

- *Rohrdurchmesser:* Der Rohrdurchmesser einer Absaugleitung an der Maschine ist von der Größe der zu fördernden festen Stoffe, in diesem Fall der Stanzabfälle,

abhängig. Kommen mehrere Rohrleitungen zusammen, so werden die Querschnitte zu einer Sammelleitung aufsummiert.

- *Volumenstrom*: Aus der Kombination von Rohrdurchmesser und Luftgeschwindigkeit ergibt sich ein Luft-Volumenstrom, nämlich

$$V = d^2 \times \frac{\pi}{4} \times v$$

- *Druckverlust*: Wird ein Luftstrom durch eine Rohrleitung geführt, so entsteht ein gewisser, von vielen Faktoren abhängiger Reibungswiderstand. Für diesen Reibungswiderstand sind wesentliche Faktoren der Rohrdurchmesser und die Luftgeschwindigkeit. Eine Halbierung des Querschnitts bei gleich bleibendem Volumenstrom führt zu einer Verdoppelung der Luftgeschwindigkeit und zu einer Vervielfachung des Reibungswiderstands.

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \times v^2 \times \text{Beiwerte}$$

Im folgenden Diagramm wird die Abhängigkeit des Druckverlustes von dem Rohrleitungsquerschnitt und der Luftgeschwindigkeit gezeigt:

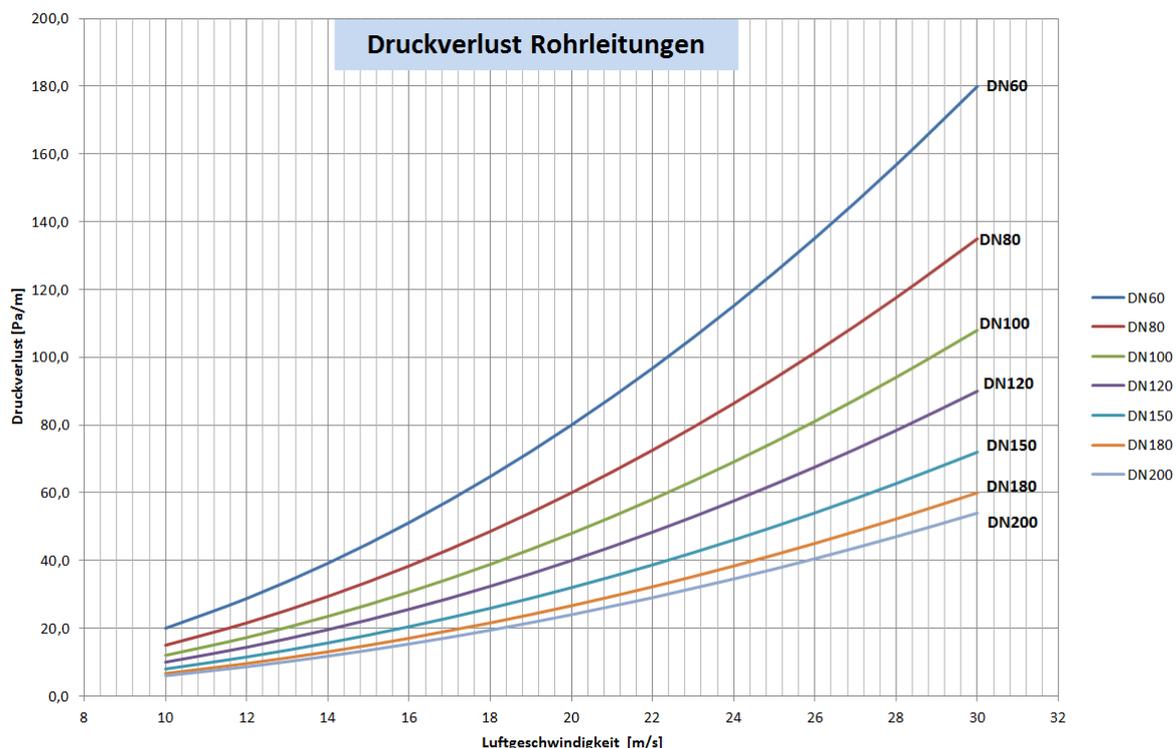


Abbildung 1 Darstellung des Druckverlusts bei unterschiedlichen Rohrleitungsquerschnitten

Der Gesamtdruckverlust der Anlage ergibt sich aus der Summe aller Teil-druckverluste des Systems. Bei langen Transportwegen ist die Auswahl des richtigen Querschnittes entscheidend.

Zum Vergleich werden nachstehend die Druckverluste verschiedener Rohrleitungsquerschnitte und -längen bei einer Luftgeschwindigkeit von 20 m/s aufgezeigt.

Länge	DN 100	DN 150	DN 200
50 m	2400 Pa	1650 Pa	1200 Pa
100 m	4800 Pa	3300 Pa	2400 Pa
150 m	7200 Pa	4950 Pa	3600 Pa

Tabelle 2 Druckverluste bei unterschiedlichen Leitungslängen und Durchmessern

Bei einer Rohrlänge von 100 m ist der Druckverlust einer Leitung DN 100 doppelt so hoch wie bei einer Leitung DN 200.

-Energiebedarf: Der Energiebedarf der Absauganlage ergibt sich aus der Summe folgender Teil-Energien:

1. Materialtransport mittels Luft (Ventilatoren)

$$P = \frac{V \times \Delta p}{3600 \times \eta}$$

2. Materialabscheidung und -komprimierung (Rotationsabscheider und Ballenpressen)
3. Luftreinigung (Filteranlagen)

Der größte Teil der Energie, ca. 90 %, wird hierbei für den Materialtransport benötigt.

-Energieeffizienz: Die Verbesserung der Energieeffizienz kann in erster Linie durch Verringerung des Energiebedarfs bei dem Materialtransport erreicht werden, da dies der größte Energieanteil ist. Des Weiteren ist die Auswahl der für den anfallenden Staub richtigen Filtrationstechnik wichtig.

Eine Erhöhung der Energieeffizienz kann nur durch Verringerung des Volumenstroms oder des Druckverlusts erfolgen. Der Volumenstrom wird durch die Reduzierung der Luftgeschwindigkeit bei gleich bleibendem Querschnitt oder bei Erhöhung des Querschnitts bei gleich bleibender Luftgeschwindigkeit verringert. Wie bereits beschrieben kann die Luftgeschwindigkeit bei einem pneumatischen Transport allerdings nur bis zum Erreichen der Mindestluftgeschwindigkeit verringert werden. Kleinere Rohrdurchmesser und hohe Luftgeschwindigkeiten führen zu hohen Reibungswiderständen. Aus energetischer Sicht wären eine minimale Luftgeschwindigkeit und ein maximaler Rohrdurchmesser das Optimum. Praktisch ist dies jedoch bei pneumatischen Transportleitungen nicht möglich.

Ziel ist somit die Verringerung der Luftgeschwindigkeit bei möglichst hoher Prozesssicherheit (Vermeidung von Verstopfungen).

-Einzel- und Zentralabsaugung: Bei der Planung des neuen Absaugsystems wurden die Vor- und Nachteile einer Einzelabsaugung gegenüber einer Zentralen Absaugung gegeneinander abgewogen:

Bei einer *Einzelabsaugung* wird eine Maschine mit einer separaten Leitung und einem eigenen Ventilator abgesaugt. Vorteil: Bei Stillstand der Maschine kann die Einzelabsaugung abgeschaltet werden. Daraus ergibt sich eine hohe Energieeffizienz. Jeder Ventilator lässt sich an den tatsächlichen Bedarf der einzelnen Maschine anpassen. Mit einer Einzelabsaugung kann der minimal benötigte Volumenstrom zur Erfassung der Feststoffe genau eingestellt werden.

Bei einer *zentralen Absauganlage* werden mehrere Maschinen mit einer Sammelleitung abgesaugt. Sowohl in den Stichleitungen als auch in der Sammelleitung darf die Mindestluftgeschwindigkeit zur Vermeidung von Verstopfungen durch die Stanzabfälle nicht unterschritten werden.

Die Vorteile der Zentralabsaugung sind:

- Geringerer Energiebedarf im Volllastbetrieb gegenüber der Summe der Einzelabsaugungen.
- Größere Querschnitte als bei einer Einzelabsaugung, dadurch geringere Druckverluste.

Die Nachteile der Zentralabsaugung liegen im Teillastbereich und in der Flexibilität: Die Zentralabsaugung braucht eine Mindestanzahl an geöffneten Absaugstellen zur Sicherstellung der Mindestluftgeschwindigkeit. Wird diese unterschritten, so muss mittels Falschluff die Luftgeschwindigkeit künstlich angehoben werden, was jedoch ineffizient ist. Im Teillastbereich kann durch Drehzahlregelung bis zum Erreichen der Mindestluftgeschwindigkeit die Leistung angepasst werden.

Gegenüberstellung von Einzelabsaugung und Zentralabsaugung

	Einzelabsaugung (EA)	Zentralabsaugung (ZA)
Anpassung Volumenstrom an Bedarf an Absaugstelle	Sehr gut möglich	Nur bedingt möglich
Energiebedarf bei mehreren Maschinen im Volllastbetrieb	Höher als bei ZA	Geringer als bei EA, da größere Querschnitte
Energiebedarf bei mehreren Maschinen im Teillastbetrieb	Niedriger als bei ZA, da direkte Abschaltung einzelner Transportwege	Höher als bei EA, da Mindestluftgeschwindigkeit eingehalten werden muss
Energiebedarf bei langen Transportwegen	Hoch, da oft kleine Querschnitte	Geringer als bei EA, da größere Querschnitte
Flexibilität (z.B. unterschiedliche Sorten)	Höher als bei ZA, da jede Leitung einzeln geschaltet werden kann	Geringer als bei EA, da gleich mehrere Maschinen betroffen sind

Tabelle 3 Gegenüberstellung Einzelabsaugung/Zentralabsaugung

2.3 Erläuterung der technischen Lösung

Es sollen an 42 Maschinen Stanzabfälle und Staub abgesaugt werden. Für die Absaugung der Stanzabfälle wurde eine optimale Luftgeschwindigkeit von ca. 17 – 18 m/s und ein Querschnitt von DN180 ermittelt. Dies ergibt einen Volumenstrom von ca. 1700 m³/h. Für die Staubabsaugung wurde ein Volumenstrombedarf von ca. 1000 m³/h ermittelt. Der Volumenstrombedarf für eine Maschine liegt somit bei 2700 m³/h.

Von den 42 genannten Maschinen benötigen 4 Maschinen (neue Verarbeitungsmaschinen Typ WARO 2001-S) wesentlich mehr Absaugvolumenstrom, da es hier noch zusätzlich einen Hand-Einwurfschacht gibt. Der Volumenstrombedarf für diese Maschinen liegt bei ca. 4000 m³/h.

38 Maschinen à 2700 m³/h
4 Maschinen à 4000 m³/h

Gesamtvolumenstrom netto: ca. 120.000 m³/h
Rohrleitungslänge: ca. 160 m (Durchschnitt)

2.3.1 Auswahl des geeigneten Absaugsystems

Zur Lösung der beschriebenen Problematik bei Melitta hätte es nach dem aktuellen Stand der Technik lediglich zwei bekannte Methoden gegeben:

Einzelabsaugung:

Sie ist wegen der Sortenvielfalt bei Melitta optimal, Teillastbereiche könnten wirksam abgedeckt werden. Diese Lösung wäre aber energetisch - bedingt durch relativ kleine Rohrdurchmesser und den langen Förderweg - sehr ineffizient.

Zentralabsaugung:

Energetisch - bedingt durch große Rohrdurchmesser der Sammelleitung bei dem langen Förderweg - optimal. Teillastbereiche, die bei Melitta die Norm sind, könnten aber nur zwischen 80 – 100 % abgedeckt werden. Für Sortentrennung würde außerdem pro Sorte/Farbe eine separate Zentralabsaugung benötigt.

Maschinen	Einzelabsaugung	Zentralabsaugung 1 Sorte	Zentralabsaugung 2 Sorten	Zentralabsaugung 3 Sorten	Einheit
100 % (42)	378	200	200	290	kW
80 % (34)	306	155	180	270	kW
60 % (25)	225	110	180	270	kW
40 % (17)	153	90	180	180	kW
20 % (9)	81	90	90	90	kW

Tabelle 4 Vergleich Einzel-/ Zentralabsaugung nach Produktionsauslastung

Hinweis: Die Werte berücksichtigen nur den reinen Materialtransport von den Maschinen zu den Ballenpressen. Der tatsächliche Energiebedarf liegt bei allen Lastfällen und Kombinationen höher, da noch gemeinsam genutzte Antriebe als Umlage verteilt addiert werden müssen. Diese Tabelle dient lediglich der Darstellung der Vor- und Nachteile der Einzel- und Zentralabsaugung.

Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, dass die Einzelabsaugung ihre Vorteile im Teillastbereich und die Zentralabsaugung ihre Vorteile im Volllastbereich mit einer Sorte hat.

Als Fazit ergibt sich, dass sowohl die Einzelabsaugung als auch die Zentralabsaugung Vor- und Nachteile haben. Für den Einsatz bei Melitta war aber weder die eine noch die andere Methode aus energetischer Sicht sinnvoll (bei der aktuellen Melitta-Zentralabsaugung waren die entsprechenden Nachteile ja bereits massiv spürbar).

Darum wurde der folgende Lösungsweg, der auf den Innovationen des Krämer-Melitta-Absaugverfahrens basiert, im Rahmen des neuen Absaugsystems realisiert:

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Vor- und Nachteile von Einzel- und Zentralabsaugung besteht der neue innovative Lösungsweg darin, für die Kombination von Sortentrennung und hohen Teillastbetrieben die jeweiligen Vorteile in einer Kombination aus beiden Verfahren in Verbindung mit einer intelligenten Automatisierungstechnik zu nutzen. Im Gegensatz zu einer weit verbreiteten Anpassung der Luftgeschwindigkeit durch Drehzahlregelung wurden nun erstmalig wechselnde, bedarfsoptimale Rohrdurchmesser im Rahmen einer neuartigen, innovativen technischen Funktionalität eingeführt.

(Siehe Anh. Abb. 8 „Funktionsschema Absauganlage Fa. G. H. Krämer GmbH & Co. KG“)

Dazu wurden die Produktionsmaschinen je nach Teillastbereichen in vier Stufen von ca. 25 %, 50 %, 75 % und 100 % eingeteilt. Jedem der vier Teillastbereiche wurde ein eigenständiger Absaugstrang/Sammelleitung mit dafür optimiertem Rohrdurchmesser zugeordnet. Für jeden dieser Teillastbereiche gibt es nun eine eigene zentrale Absauganlage.

Bei einem Lastanfall von z.B. 60 – 90 % wird nun der Absaugstrang mit dem größten Rohrdurchmesser und dem stärksten Ventilator zugeschaltet, die nicht benötigten Stränge werden abgeschaltet. Bei einem Lastanfall von z.B. 30 – 65 % wird der Absaugstrang mit dem zweitgrößten Rohrdurchmesser zugeschaltet usw. Es ist dann stets nur der jeweilige Strang mit dem bedarfsgenauen, effizientesten Wirkungsgrad aktiv.

Die Zuordnung der Sorten/Farben zu den Sammelleitungen erfolgt automatisch durch eine intelligente Automatisierungstechnik, d.h. grundsätzlich kann jede Sammelleitung jede Maschine absaugen. Jede Maschine wird von einem eigenen an den Bedarf der Maschinen angepassten Ventilator abgesaugt. Dieser transportiert das Material bis zu einer Ventilatorenstation. Hier wird das Material über

Umschaltweichen dann an die der jeweiligen Farbe zugeordnete Sammelleitung übergeben.

Bei jeder Änderung der Maschinenbelegung oder Farbzuordnung wird jetzt die optimale Zuordnung von Sorte/Farbe zu den jeweiligen Sammelleitungen ermittelt. Ist eine Umschaltung erforderlich, so geschieht dies während des Produktionsbetriebs. Durch die Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten können alle Teillastbereiche energetisch optimal abgedeckt werden.

(Siehe Anh. Abb. 13 „Info Gesamtanlage (Zusammenfassung aller relevanter Informationen)“)

Durch die (individuelle sortenreine) Einzelabsaugung pro Maschine kann jetzt jede Produktionsmaschine flexibel jede beliebige Filterpapier-Farbe produzieren, was bislang wegen der zentralen Absaugung nicht möglich war. Ferner kann gegenüber der bisher festen Zuordnung von Sorten/Farben zu Ballenpressen jetzt jede Ballenpresse mit jeder Sorte/Farbe beschickt werden. Dadurch werden einerseits die Prozesssicherheit durch Redundanz als auch der recycelbare Anteil an Reststoffen erhöht.

2.3.2 Filtertechnik

Jeder Sammelleitung wurde eine Filteranlage nachgeschaltet, in der 100 % der Transportluft gereinigt wird. Hier ergaben sich weitere Energieeinsparungen durch den Einsatz einer neuen für den Papierstaub geeigneten Filtertechnik. Zur Abreinigung von Filterschläuchen werden bei Schlauchfiltern üblicherweise drei Methoden eingesetzt: Abrüttelung („shake“), Druckluftimpuls („pulse“) oder Spülluft („flush“). Die früher eingesetzten Filteranlagen bei Melitta reinigten mit Druckluft ab. Für diese Abreinigung wurden $267\text{Nm}^3/\text{h}$ benötigt.

Speziell für den Einsatz bei leichten Stäuben hatte Krämer eine energieeffiziente kombinierte Abrüttelungs-Spülluft-Reinigungstechnik entwickelt („shake and flush“), für die keine Druckluft mehr benötigt wird. Damit ergaben sich im Vergleich zu herkömmlichen Filteranlagen Servicevorteile und Energieeinsparungen.

Im Übrigen wurden die neuen Filteranlagen - bis auf einzelne Zuleitungen - zum Vorteil der Melitta-Nachbarschaft in einen Innenhof verlagert. Damit wird auch eine dritte Produktionsschicht bei Melitta künftig möglich.

(Siehe Anh. Abb. 17 „Diagnoseansicht Filteranlage inkl. Brikettpresse“)

2.3.3 Automatisierungs- und Steuerungstechnik

Ein wesentlicher Bestandteil der neuen Anlage ist die Automatisierungs- und Steuerungstechnik. Durch die Kommunikation mit dem Produktionsleitsystem und den Produktionsmaschinen kann die Absauganlage heute auf jede Veränderung reagieren. Alle Prozessdaten (auch der Energieverbrauch) werden erfasst und in einer Datenbank gesammelt. Über ein Monitoring- und Visualisierungssystem werden diese Daten ausgewertet. Produktionsbegleitend werden außerdem jetzt laufend Kennzahlen ermittelt und wiederum über Lerneffekte („welche Zustände waren effizient?“) zur weiteren energieeffizienten Steuerung der Anlage ausgewertet.

(Siehe Anh. Abb. 18 „Darstellung zur Zustandsanalyse und Rückblick eines Ventilators“ und Abb. 19 „Darstellung der Schaltvorgänge und des Steuerungsverlaufs“)

2.3.4 Simulationstool

Völlig neu ist die Möglichkeit, mittels eines Simulationstools den Energiebedarf abhängig von der geplanten Maschinenbelegung schon in der Planungsphase zu berücksichtigen und in die Planung einfließen zu lassen. Mit dieser Möglichkeit kann im Sinne einer umweltbewussten Produktionsplanung Energie bereits im Vorfeld eingespart werden. Besonders hoch kann die erzielte Einsparung durch vorherige Simulation sein wenn z.B. in der Nachtschicht (zeitweise vorkommend) eine Produktion in 3 Farben gleichzeitig erfolgen soll. In diesen Fällen müssen mindestens 3 Hauptleitungen betrieben werden. Das Simulationstool soll insbesondere solche Konstellationen bereits in der Planungsphase sichtbar machen. Eine Lösung einer solchen Konstellation könnte eine Verschiebung der Produktionsaufträge auf andere Schichten in den auslastungsbedingt eh 3 Hauptleitungen betrieben werden müssen. Leider kann derzeit ein visueller Eindruck noch nicht vermittelt werden, da an der Lösung derzeit noch gearbeitet bzw. nachgearbeitet wird.

3 Ergebnisse

Beschreibung der durch die Modernisierung des zentralen Absaugsystems zugunsten eines kombinierten Einzel- und Zentralabsaugsystems erreichten Umweltschutzwirkungen

3.1 Quantitative Verbesserungen

Die folgenden quantitativen Verbesserungen liegen der Investitionsplanung als Vorgaben zugrunde und haben sich in der kurzen Laufzeit der neuen Anlage generell bestätigt.

3.1.1 Energieeinsparungen elektrischer Energie

Mit dem Krämer-Melitta-Absaugverfahren ist es gelungen, den Energiebedarf alleine bei der Absaugung von 810 kWh auf unter 490 kWh bei einer Maschinenauslastung von 100 % zu senken, eine Einsparung von 39 %. Bei einer realistischen Maschinenauslastung von 60 % wurde sogar die geplante Reduktion auf 331 kWh erreicht, eine Einsparung von 59 %.

Mittels Kontrollmessungen an vier Produktionszeitpunkten mit unterschiedlichen Auslastungen sind diese Annahmen bestätigt worden. Dabei wurden folgende Leistungswerte ermittelt:

1. Auslastung 24 % (10 Maschinen) entspricht 192 kW
2. Auslastung 60 % (25 Maschinen) entspricht 331 kW
3. Auslastung 74 % (31 Maschinen) entspricht 385 kW
4. Auslastung 79 % (33 Maschinen) entspricht 418 kW

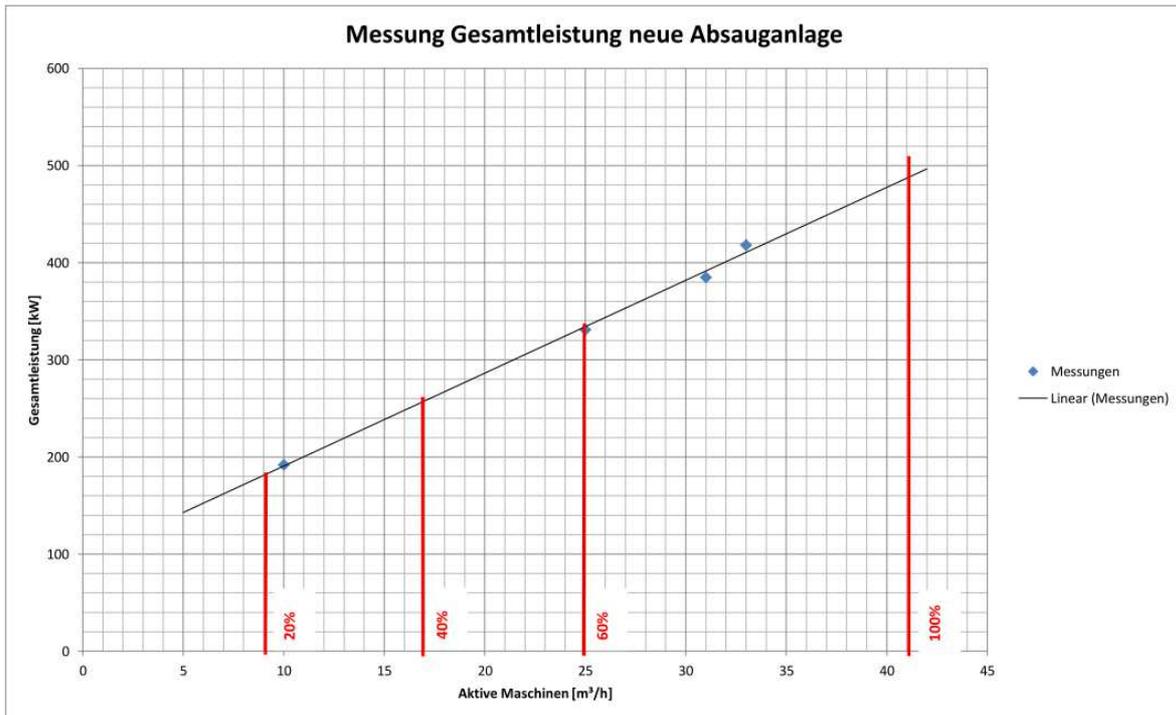


Abbildung 2 Messung Gesamtleistung Neuanlage

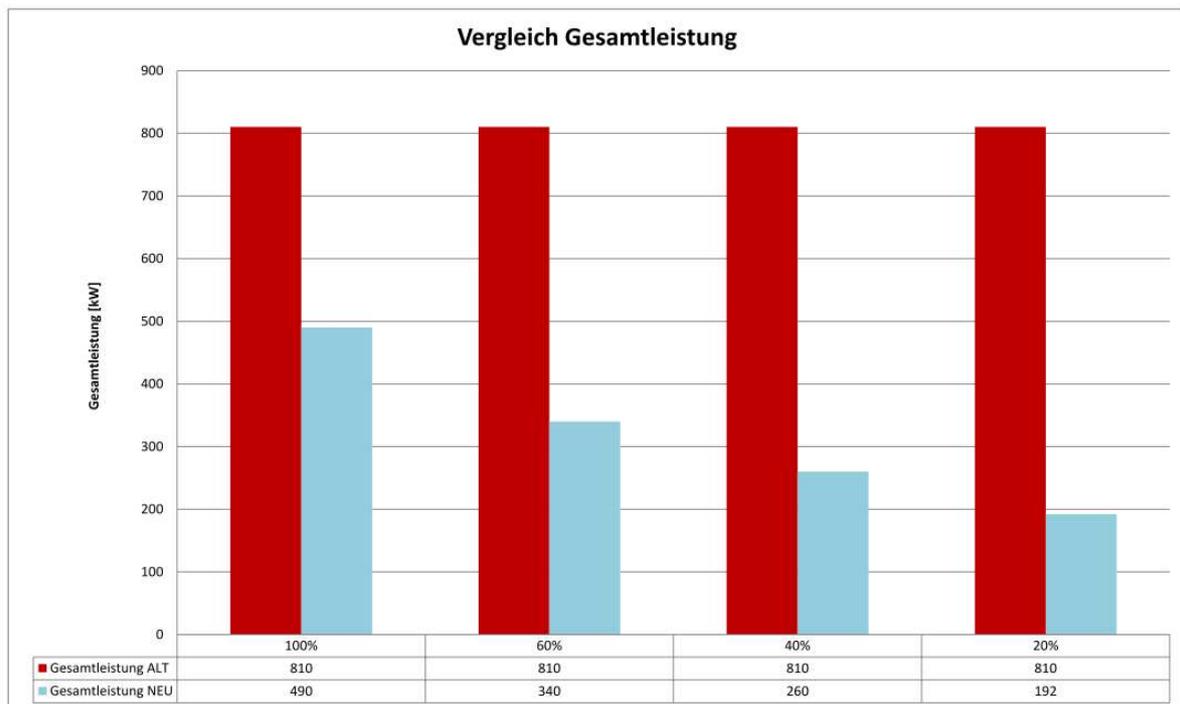


Abbildung 3 Vergleich der Gesamtleistung von Alt- und Neuanlage nach Produktionsauslastung.

Die sehr positive Entwicklung der spezifische Leistung pro Produktionsmaschine hat sich ebenfalls bestätigt. Erkennbar ist ein deutlich niedrigerer Energiebedarf pro Maschine bei unterschiedlichen Produktionsauslastungen. Bei einer typischen Produktionsauslastung von ca. 60 % liegt die spezifische Leistung pro Maschine nur noch bei rund 14 kWh im Gegensatz zur Altanlage 32 kWh. Auch verdeutlicht der Vergleich in Abb. 4 anschaulich den Nachteil der Altanlage. Je geringer die Produktionsauslastung ist, desto höher ist der Energieeinsatz pro Maschine, z.B. bei 20% Produktionsauslastung ist der Energieeinsatz pro Maschine mit der Neuanlage 19 kWh, bei der Altanlage 90 kWh.

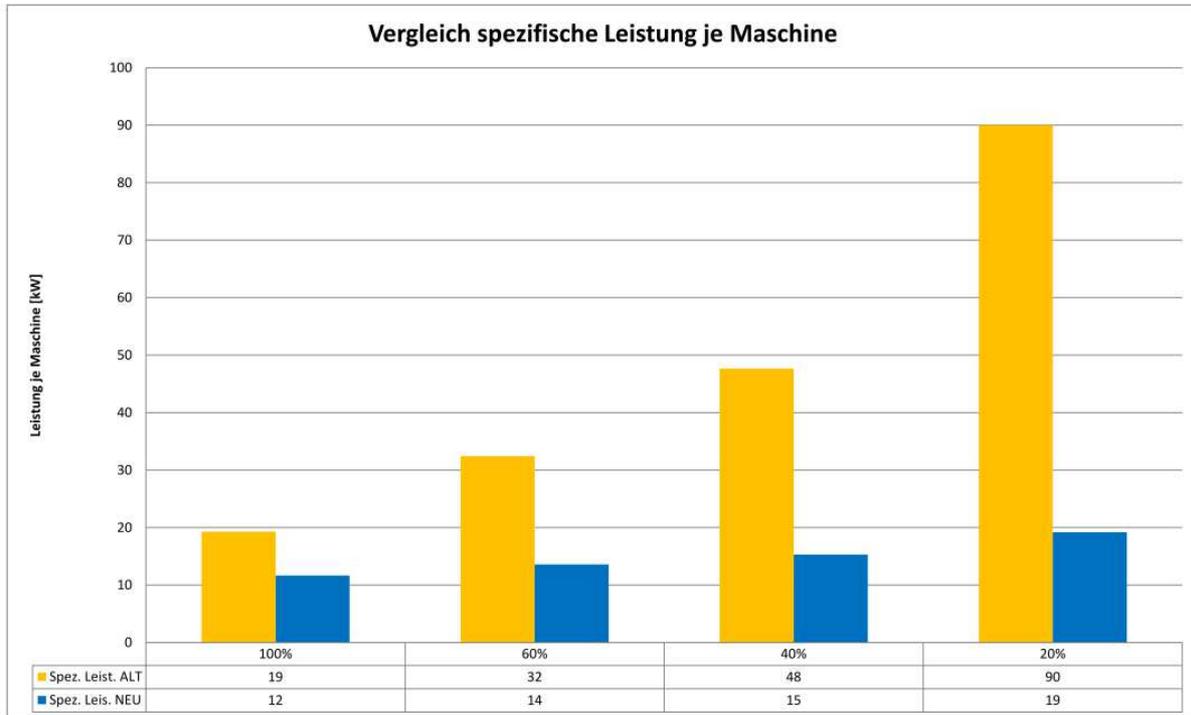


Abbildung 4 Vergleich spezifische Leistung je Maschine von Alt- und Neuanlage nach Produktionsauslastung

3.1.2 Volumenstrom

Die angestrebte Reduktion des Volumenstroms für die Absauganlage von ursprünglich 280.000 m³/h auf max. 110.000 m³/h bei einer 100%-Produktionsauslastung konnte erfolgreich umgesetzt werden. Bei realistischer Produktionsauslastung von rund 60% beträgt der benötigte Volumenstrom sogar nur 63.750 m³/h. Daraus resultieren weitere Energieeinsparungen durch die Reduzierung der Zuluftmenge der Be- u. Entlüftungsanlagen.

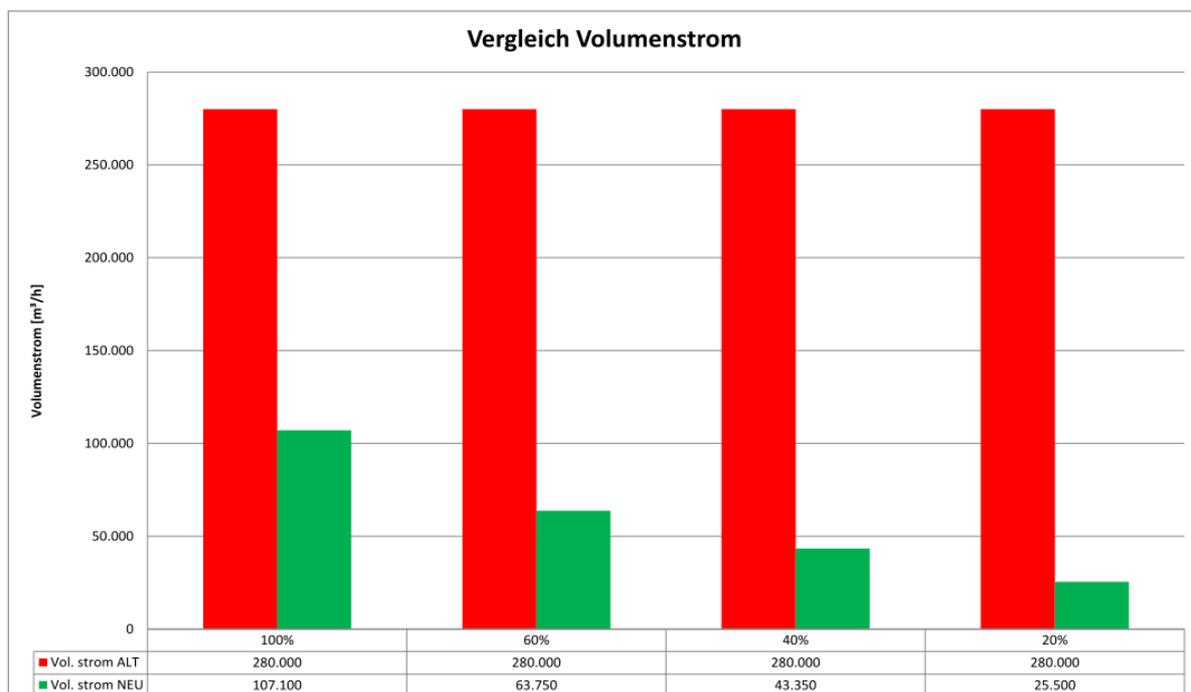


Abbildung 5 Vergleich des Volumenstroms von Alt- und Neuanlage nach Produktionsauslastung

3.1.3 Druckluft

Der Verzicht auf das Medium Druckluft zur Filterabreinigung von ursprünglich 267 Nm³/h (1.108.747 Nm³/Jahr) konnte erfolgreich umgesetzt werden.

3.1.4 Automatisierungs- und Steuerungstechnik

In der Steuerung laufen alle Informationen und Vorgänge aus der Absauganlage und aus den betriebenen Produktionsanlagen zusammen; die Absauganlage kann nun lastabhängig gesteuert werden. Besonders vorteilhaft ist dabei die hohe Optimierungsmöglichkeit durch diverse Echtzeit-Auswertungen und Echtzeit-Simulationen. Bei Veränderungen an den Produktionsanlagen reagiert die Absauganlage automatisch und wählt den energetisch optimalen Prozessverlauf.

Mit dem Energiemanagement können einzelne Energieverbräuche aufgenommen (z.B. aus Wärmemengenzählern, Stromzählern oder anderen Verbrauchsmessern) und über Konfiguration kumuliert werden, und zwar unabhängig von der tatsächlichen Verschaltung der Zähler. Über alle Zähler oder über die konfigurierten Zähler hat man nun die Möglichkeit des visuellen Monitorings, einer Anzeige und grafischen Visualisierung in Echtzeit und der Steuerung für weitere Einsparungen und für frühzeitige Schadenerkennungen. Damit ergeben sich Möglichkeiten der Feinsteuerung und einer individuellen Anpassung an die aktuelle Situation (z.B. auch bei jahreszeitlich abhängigem Verbrauch – bei trockener oder feuchter Luft, statisch aufgeladener Luft usw.).

Da alle Daten in der Datenbank gespeichert werden, stehen diese Daten auch später noch zur Auswertung zur Verfügung. Hier kann man dann u.a. bestimmte, systematisch auftretende Muster analysieren - z.B. Fehlbedienungen, die vorgenommen wurden und die zu ineffizienten Betriebszuständen geführt haben. (Siehe Anh. Abb 18 „Darstellung zur Zustandsanalyse und Rückblick eines Ventilators“ und Abb. 19 „Darstellung der Schaltvorgänge und des Steuerungsverlaufs“)

3.2 Zusammenfassende Stoff- und Energiebilanz inkl. Umweltbilanz-Vergleich

Die Datenbasis der Altanlage stammt aus dem Jahr 2012, die Werte für die Neuanlage resultieren weitestgehend aus aktuellen Messwerten und auf der Basis einer typischen Produktionsauslastung von 60 %.

Nr. Kriterium	Altanlage Zentralanlage		Neuanlage		Vorteil / Einsparung		Bemerkung
	Wert	CO2 Emission [kg/Jahr] Papierereinsatz [kg/t]	Wert	CO2 Emission [kg/Jahr] Papierereinsatz [kg/t]	Wert	CO2 Emission [kg/Jahr] Papierereinsatz [kg/t]	
1. Stromverbrauch [kWh/Jahr]	3.253.932	1.955.613 68,50	1.324.199	795.843 26,57	1.929.733	1.159.770 41,94	Altanlage 810 kWh, Neuanlage 331 kWh siehe Abb. 2 "Messung Gesamtleistung Neuanlage"
2. Volumenstrom [m³/Jahr]	1.124.816.000	aufgrund nicht transparenter Daten Ableitung nicht plausibel möglich	255.038.250	aufgrund nicht transparenter Daten Ableitung nicht plausibel möglich	869.777.750	aufgrund nicht transparenter Daten Ableitung nicht plausibel möglich	Altanlage 280 m³/h, Neuanlage 63.750 m³/h, siehe Abb. 5 "Vergleich des Volumenstroms von Alt- u. Neuanlage nach Produktionsauslastung"
3. Druckluftverbrauch [Nm³/Jahr]	1.108.747	37.380	0	0	1.108.747	37.380	keine Druckluft zur Filterreinigung notwendig, spezifischen Leistung bei der Druckluftherzeugung von 0,11801 kWh/m³
4. Schallemission	54 dB(A)		45 dB(A)		9 dB(A)		aktuell wird das Lärmkataster vom TÜV Nord erarbeitet.
5. Teillastabhängiger Betrieb	nicht möglich		möglich		Bei geringer Produktionsauslastung wird entsprechend weniger Energie		siehe Abb. 2 "Messung Gesamtleistung Neuanlage"
6. Produktionsmöglichkeit von 4 Papiersorten zeitgleich	nicht möglich		möglich		Durch diese Möglichkeit ist eine deutlich flexiblere Produktionssteuerung ermöglicht.		siehe Anh. Abb. 8 "Funktionsschema Absauganlage Fa. G. H. Krämer
7. Unabhängige Zuordnung von Papiersorte zu Ballenpresse	nicht möglich		möglich		Schäden an den Ballenpressen wirken sich nicht auf die Produktionsmaschinen aus, da immer eine Ausweichmöglichkeit besteht.		siehe Anh. Abb. 8 "Funktionsschema Absauganlage Fa. G. H. Krämer GmbH & Co. KG"
8. Automatische Produktionsmaschinenabschaltung (WARO) bei Störungen der Absauganlage	nur an 4 von 42 Maschinen möglich		möglich		Störungen in der Absauganlage bzw. den Ballenpressen führen zu automatischen Abschaltung der Produktionsmaschinen. Dadurch werden Folgestörungen bei der Wiederaufnahme der Produktion an		

Tabelle 5 Umweltbilanz Vergleich

3.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Finanzierung der Investition (6.750.000 Euro) erfolgte neben der Zuwendung in Höhe von 1.352.280 Euro durch Eigenmittel in Höhe von 5.397.720 Euro von Melitta. Die jährlichen Einsparungen durch die neue Absauganlage und den damit verbundenen geringeren Energie-, Rohstoff- und Entsorgungskosten betragen pro Jahr rd. 500.000 Euro [3]. Die Amortisationszeit der Neuinvestition beträgt ohne Förderung 13,5 Jahre - mit Förderung etwa 10,8 Jahre.

4 Empfehlungen

4.1 Neuheitswert - Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Das innovativ kombinierte Melitta-Absaugverfahren mit neuer Steuerung, die alle Nachteile des früheren zentralen Absaugsystems bei Melitta vermeidet, ist gemessen am aktuellen Stand der Technik fortschrittlich, innovativ, für die gesamte Branche neuartig und dient umfänglich dem Erhalt von Klima und Umwelt.

Mit dem neuen Absaug- und Entsorgungssystem ergeben sich im Vergleich zum bisherigen Absaugsystem die o.g. erheblichen Einsparungen. Von besonderer Bedeutung für die Einzigartigkeit der kombinierten Einzel- und Zentralabsaugung sind:

- die bedarfsgerechte, teillastabhängige Querschnittsanpassung der Transportleistungen und
- die vorgesehene vernetzte Leittechnik

Durch die Integration des Energiemanagements können auch Maschinen- und Auftragsdaten erfasst werden - z.B. wie viel Strom bei der Filtertütenproduktion eines bestimmten Typs tatsächlich verbraucht wurde. Damit ergeben sich auch aus Controllingsicht neue Möglichkeiten, die ansonsten nur per Gemeinkosten zu verteilenden Kosten den tatsächlichen Verursachern zuzuweisen. Künftig wird es sogar möglich sein, die Fertigung so zu planen, dass Lastspitzen durch Planung und ggf. Simulation der Auftragslage nach energetischen Gesichtspunkten aktiv vermieden werden.

Einen weiteren Schritt erlaubt die sog. „korrelative Prozessanalyse“, die Anlagenzustände und Energieverbräuche (aber auch andere Größen, wie z.B. Drehzahl, Durchflussmenge oder Temperatur) miteinander in Beziehung bringt und so genaue Analysen liefert, z.B. zur vorbeugenden Instandhaltung oder einfach nur zur Steigerung der Reaktionsfähigkeit.

4.2 Übertragbarkeit auf gleiche oder andere Branchen und Modellcharakter

Das neue Absaugverfahren besitzt technischen und betriebswirtschaftlichen Modell- und Demonstrationscharakter z.B. auch für andere Papierhersteller und alle weiteren Branchen, die pneumatische Fördersysteme betreiben oder zukünftig betreiben wollen. Durch die Möglichkeit mit jeder Produktionsanlage Filtertüten in jeder Papierfarbe produzieren zu können und die Schnittreste sortenrein zu sammeln, schafft sich Melitta einen wichtigen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Wettbewerbern, welche ebenfalls gerne über dieses Verfahren verfügen würden.

Internationale Wettbewerber von Melitta für die Filtertütenproduktion sind z.B.:

- Konos in Deutschland
- Filtropa Niederlande (Lieferant für Aldi)
- I.T.S. Niederlande
- Eskimo in Finnland
- Scan Filter in Schweden

Es handelt sich bei der neuen Anlage nicht nur um eine kundenspezifische, individualisierte Melitta-Lösung, die generell nur auf die Produktionsprozesse bei Melitta zugeschnitten wäre, sondern sie kann auch künftig als Branchen übergreifende Lösung betrachtet werden und darum als Lösung für die Emissionsabführung, Energieeinsparung und teils für die Rohstoffrückgewinnung von anderen Industrieunternehmen nachgefragt werden. Insoweit ergeben sich auch dort die o.g. enormen Verminderungen von Umweltbelastungen und in der Folge umweltverträglichere Produkte – umso mehr, als bei anderen Anwendern dieser und weiterer Branchen die gewonnenen Erkenntnisse (später) zu vergleichbaren Umwelt entlastenden Auswirkungen führen können (Multiplikatorenwirkung).

Nach Kenntnis von Melitta verfügen die o.g. Wettbewerber über keine entsprechend modernen Absaugsysteme oder ähnliche Technologien und werden sich darum für das Melitta-Modell interessieren. Eine auch nur annähernd identische Anlagenkonfiguration ist anderswo derzeit nicht im Einsatz.

Anwendungsbereiche für das neue Absaugsystem mit der Melitta Steuerungs- und Überwachungstechnik finden sich im Übrigen überall dort wo Förderaufgaben mit Luft gelöst werden sollen statt - von der Rohrpost im Krankenhaus bis zur Rauchabsaugung. Nachahmungseffekte wird es neben den positiven umweltpolitischen Auswirkungen geben, weil sie gleichzeitig auch betriebswirtschaftliche Kostenvorteile für den Investor darstellen - so wie sich bei Melitta insbesondere die Energieeffizienz künftig deutlich erhöhen wird.

Es kann somit, gerade auch in Verbindung mit den betriebswirtschaftlichen Vorteilen, bei Melitta von einer beachtlichen Multiplikatorenwirkung für das neue Melitta-Absaugsystem ausgegangen werden. Diese Multiplikatoreneffekte ergeben sich im Rahmen von branchenspezifischer Kommunikation, also z.B. auf Fachtagungen oder durch Artikel in Fachzeitschriften, auf Messen usw.

Es sei erwähnt, dass bereits ein allgemeines Interesse am neuen Melitta-Absaugsystem zu beobachten ist: Aufgrund der bereits erschienen Publikationen melden sich verschiedene Firmen aus unterschiedlichen Branchen bei Melitta mit Fragen zum neuen kombinierten Einzel- und Zentralabsaugsystem.

5 Anhang

5.1 Abkürzungsverzeichnis

<i>Abb.</i>	<i>Abbildung</i>
<i>Anh.</i>	<i>Anhang</i>
<i>bzw.</i>	<i>Beziehungsweise</i>
<i>ca.</i>	<i>circa</i>
<i>CO₂</i>	<i>Kohlenstoffdioxid</i>
<i>d. h.</i>	<i>das heißt</i>
<i>dB(A)</i>	<i>Dezibel</i>
<i>d</i>	<i>Durchmesser</i>
<i>EA</i>	<i>Einzelabsaugung</i>
<i>FLA</i>	<i>Funkenlöschanlage</i>
<i>gem.</i>	<i>gemäß</i>
<i>HV</i>	<i>Hauptventilator</i>
<i>insg.</i>	<i>insgesamt</i>
<i>kg</i>	<i>Kilogramm</i>
<i>kW</i>	<i>Kilowatt</i>
<i>kWh/m³</i>	<i>Stromverbrauch / Kubikmeter</i>
<i>m</i>	<i>Meter</i>
<i>m/s</i>	<i>Meter pro Sekunde</i>
<i>m³</i>	<i>Kubikmeter</i>
<i>m³/h</i>	<i>Kubikmeter pro Stunde</i>
<i>min.</i>	<i>Minuten</i>
<i>Mio.</i>	<i>Million</i>
<i>Mrd.</i>	<i>Milliarde</i>
<i>Nm³</i>	<i>Norm Kubikmeter (Druckluft)</i>
<i>Nr.</i>	<i>Nummer</i>
<i>η</i>	<i>Drehzahl</i>
<i>o.g.</i>	<i>oben genannt</i>
<i>Pa</i>	<i>Pascal</i>
<i>Pa/m</i>	<i>Druckverlust in Pascal / Meter</i>
<i>PV</i>	<i>Papierverarbeitung</i>
<i>rd.</i>	<i>Rund</i>
<i>RLT</i>	<i>Raumlufttechnische Anlage</i>
<i>t</i>	<i>Tonne</i>
<i>u. a.</i>	<i>unter anderem</i>
<i>u.s.w.</i>	<i>und so weiter</i>
<i>v</i>	<i>Strömungsgeschwindigkeit</i>
<i>z.B.</i>	<i>zum Beispiel</i>
<i>z.T.</i>	<i>zum Teil</i>
<i>ZA</i>	<i>Zentralabsaugung</i>
<i>°C</i>	<i>Grad Celsius</i>
<i>WARO</i>	<i>Walzenrotationsmaschine Produktionsmaschine zur Herstellung von Filtertüten</i>

5.2 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1 Darstellung des Druckverlusts bei unterschiedlichen Rohrleitungsquerschnitten</i>	18
<i>Abbildung 2 Messung Gesamtleistung Neuanlage</i>	26
<i>Abbildung 3 Vergleich der Gesamtleistung von Alt- und Neuanlage nach Produktionsauslastung</i>	26
<i>Abbildung 4 Vergleich spezifische Leistung je Maschine von Alt- und Neuanlage nach Produktionsauslastung</i>	27
<i>Abbildung 5 Vergleich des Volumenstroms von Alt- und Neuanlage nach Produktionsauslastung</i>	27
<i>Abbildung 6 Funktionsschema Melitta Absaugung PV 1, PV 2, PV 3 (Istzustand 20.09.2011)</i>	37
<i>Abbildung 7 Funktionsschema Melitta Staubabsaugung Blue 5 (Istzustand 05.04.2011)</i>	38
<i>Abbildung 8 Funktionsschema Absauganlage Fa. G. H. Krämer GmbH & Co. KG</i>	39
<i>Abbildung 9 Schematische Darstellung der Gebäude und der Hauptstandorte der Absauganlage</i>	40
<i>Abbildung 10 Hauptleitungsverlauf von Ventilatorenstation 1-2 über Dach PV</i>	40
<i>Abbildung 11 Bediengerät an der WARO</i>	41
<i>Abbildung 12 Hauptbedienpanel in der Rohstoffzentrale</i>	41
<i>Abbildung 13 Info Gesamtanlage (Zusammenfassung aller relevanter Informationen)</i>	42
<i>Abbildung 14 Hauptschaltbild für den Anlagenführer</i>	43
<i>Abbildung 15 Diagnoseansicht Ventilatorenstation 1</i>	44
<i>Abbildung 16 Diagnoseansicht Ventilatorenstation 2</i>	45
<i>Abbildung 17 Diagnoseansicht Filteranlage inkl. Britettpresse</i>	46
<i>Abbildung 18 Darstellung zur Zustandsanalyse und Rückblick eines Ventilators</i>	47
<i>Abbildung 19 Darstellung der Schaltvorgänge und des Steuerungsverlaufs</i>	48
<i>Abbildung 20 Ventilatorenstation 1 Südansicht</i>	49
<i>Abbildung 21 Ventilatorenstation 1 mit Hauptleitungen Westansicht</i>	49
<i>Abbildung 22 Schaltanlage Ventilatorenstation 1</i>	50
<i>Abbildung 23 Stützventilator für WARO (hier nur einer von 42 Stück - je einer pro WARO)</i>	50
<i>Abbildung 24 Blick in Ventilatorenstation 1</i>	51
<i>Abbildung 25 Schwingungssensor</i>	51
<i>Abbildung 26 Weichenbaum über Stützventilator</i>	52
<i>Abbildung 27 Ventilatorenstation 2 Ostansicht</i>	53
<i>Abbildung 28 Ventilatorenstation 2 Nordansicht</i>	54
<i>Abbildung 29 Schaltanlage Ventilatorenstation 2</i>	55
<i>Abbildung 30 Blick in die Ventilatorenstation 2</i>	56
<i>Abbildung 31 Hauptventilator HV 2.2 (hier nur einer von insg. 8 in vier Leistungen und unterschiedlichen Ausführungen)</i>	57
<i>Abbildung 32 Materialabscheider für Presse 3 (insg. 5 vorhanden)</i>	58
<i>Abbildung 33 Schaltanlage der Reststoffzentrale</i>	59
<i>Abbildung 34 Filteranlage Bodenansicht im Innenhof</i>	59
<i>Abbildung 35 Filteranlage Dachansicht</i>	60
<i>Abbildung 36 Schaltanlage der Filteranlage</i>	60
<i>Abbildung 37 Staubventilator für die Staubrückführung zu der Brikettpresse</i>	61
<i>Abbildung 38 Zyklon zur Staubabscheidung</i>	61
<i>Abbildung 39 Brikettpresse</i>	62
<i>Abbildung 40 Brikettpressenauslauf mit Briketts</i>	62
<i>Abbildung 41 Funkenlöschanlage FLA 5 für den Bereich der Reststoffzentrale</i>	63
<i>Abbildung 42 Funkenlöschanlage FLA 4 für den Bereich der Papierverarbeitung</i>	63
<i>Abbildung 43 Schema der RLT Anlage der PV 1 - 3</i>	64

5.3 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Mitarbeiter und Umsatz der Melitta Europa GmbH & Co. KG</i>	<u>10</u>
<i>Tabelle 2 Druckverluste bei unterschiedlichen Leitungslängen und Durchmessern</i>	<u>19</u>
<i>Tabelle 3 Gegenüberstellung Einzelabsaugung/Zentralabsaugung</i>	<u>20</u>
<i>Tabelle 4 Vergleich Einzel-/ Zentralabsaugung nach Produktionsauslastung</i>	<u>21</u>
<i>Tabelle 5 Umweltbilanz Vergleich</i>	<u>29</u>

5.4 Literaturverzeichnis

- [1] Grundlage: CO₂-Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch, deutscher Strommix Quelle: "Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2012", Petra Icha, Umweltbundesamt
- [2] Präsentation über CO₂ Emission bei Druckluft
<http://www.hamburg.de/contentblob/2916636/data/druckluft-mai-2011-burchard.pdf>
- [3] Optimierungsstudie der Fa. Deltoid Lufttechnik aus dem Jahr 2011
- [4] Bericht über die schalltechnischen Untersuchungen zur Aufstellung eines Schallemissions- und Schallimmissionskatasters für die Filtertüten-Papierherstellung und Filtertüten-Papierverarbeitung der Melitta Europa GmbH & Co. KG in Minden vom 07.05.2015 mit der TÜV-Auftrags-Nr.: 8000 650 339 / 314UBS038

5.5 Abbildungen

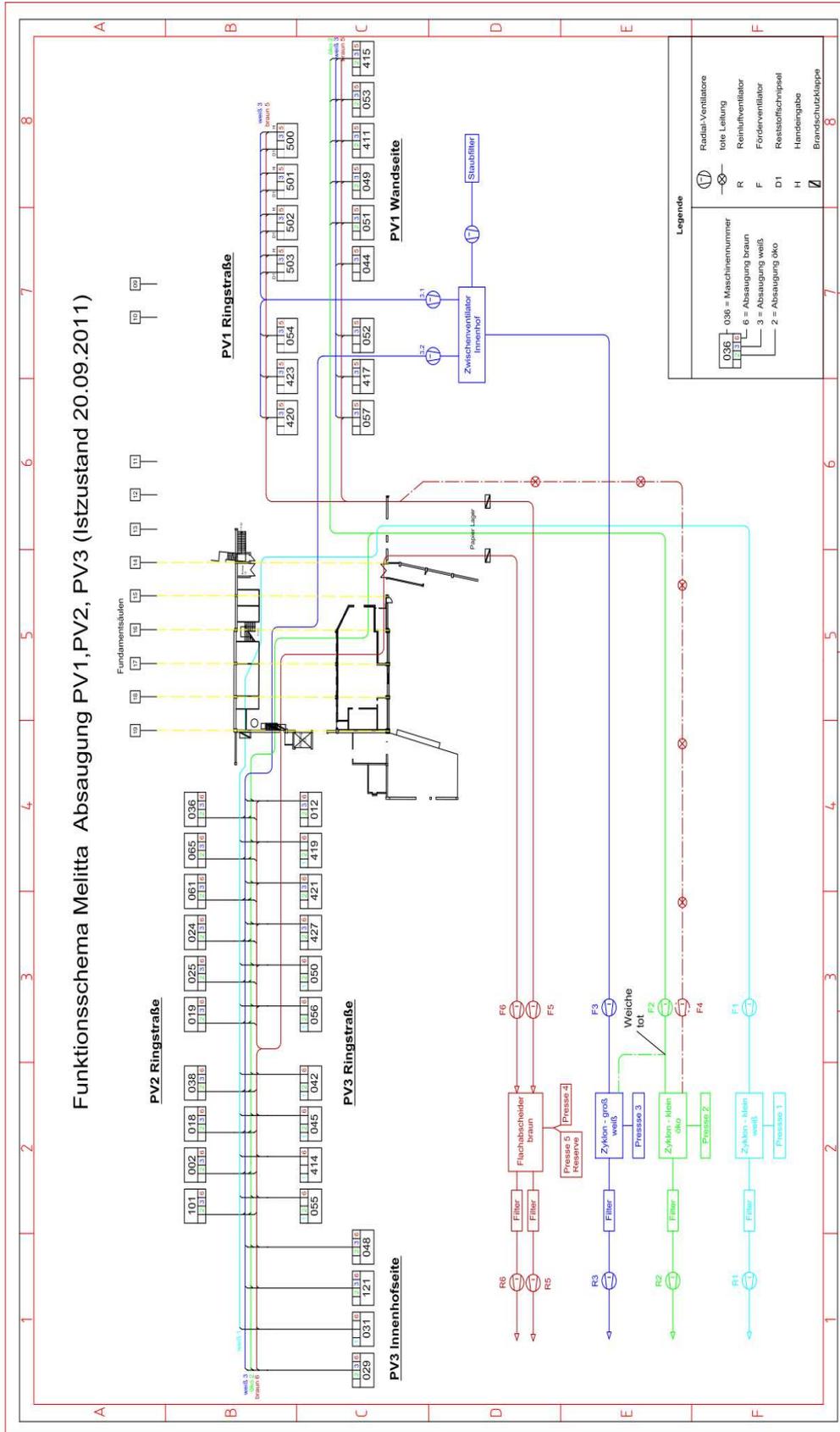


Abbildung 6 Funktionsschema Melitta Absaugung PV 1, PV 2, PV 3 (Istzustand 20.09.2011)

Das Schema stellt die zentralen Absaugsysteme der Altanlage und deren Verteilung an die Produktionsanlagen dar.

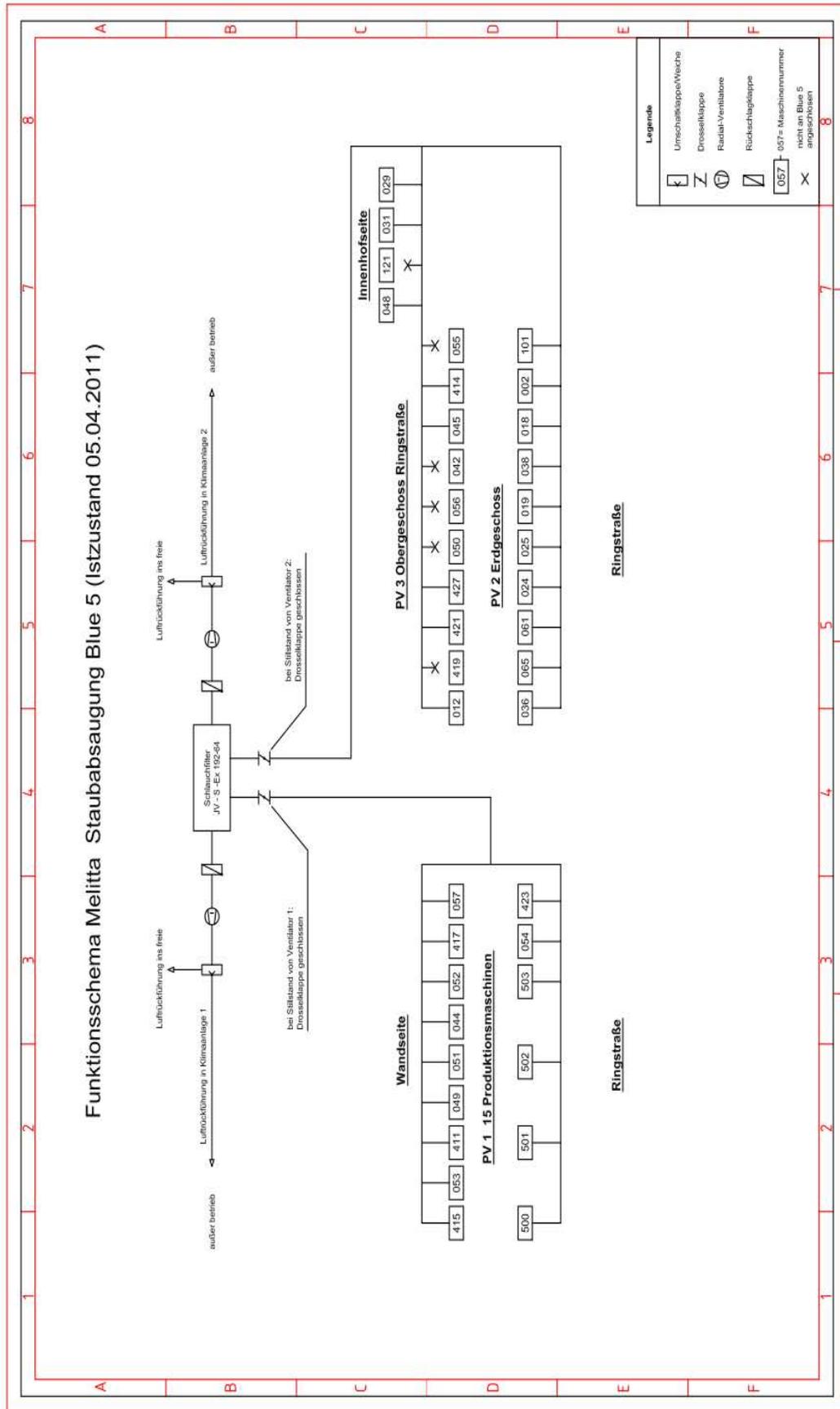


Abbildung 7 Funktionsschema Melitta Staubabsaugung Blue 5 (Istzustand 05.04.2011)

Das Schema stellt das zentrale Absaugsystem für Staub der Aromaporenaggregate und deren Verteilung an die Produktionsanlagen dar.



Abbildung 8 Funktionsschema Absauganlage Fa. G. H. Krämer GmbH & Co. KG

Das Schema stellt die umgesetzte Lösung der kombinierten Einzel- u. Zentralabsauganlage dar.

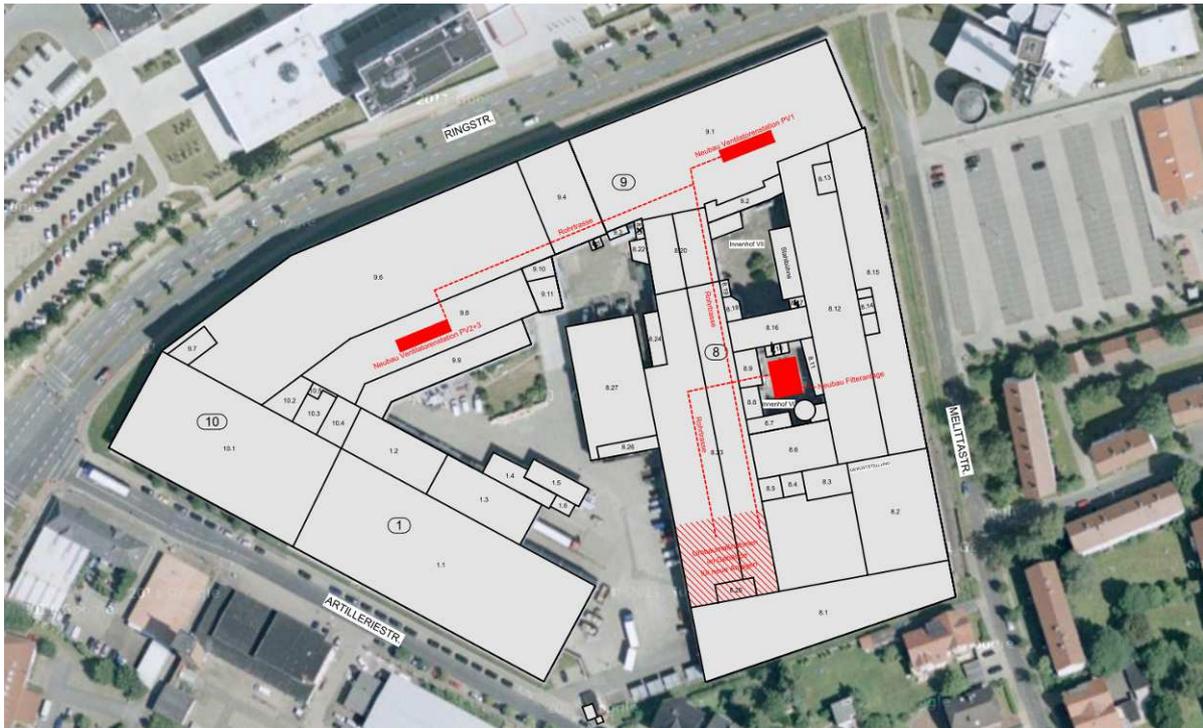


Abbildung 9 Schematische Darstellung der Gebäude und der Hauptstandorte der Absauganlage



Abbildung 10 Hauptleitungsverlauf von Ventilatorenstation 1-2 über Dach PV



Abbildung 11 Bediengerät an der WARO



Abbildung 12 Hauptbedienpanel in der Rohstoffzentrale

Benutzer: <ENTER>

Abmelden

22.04.2015

Automatikbetrieb

16:11:07

Info Gesamtanlage

PV2/3

PV1

420	423	054	503	502
501	500	426	057	417
052	044	051	049	411
053	415	AS1	AS2	

Presse 1

HL1.1 (DN800)

9 Maschinen aktiv
4 Maschinen zuschaltbar

PV2/3

101	002	018	038	019
025	024	055	065	036
Frei	413	045	042	056
050	427	421	419	012
Res.	029	031	414	048
AS3	AS4			

Presse 1

HL2.2 (DN600)

0 Maschinen aktiv
14 Maschinen zuschaltbar

Info Gesamtanlage

PV2/3

PV1

420	423	054	503	502
501	500	426	057	417
052	044	051	049	411
053	415	AS1	AS2	

Presse 4

HL1.3 (DN500)

3 Maschinen aktiv
3 Maschinen zuschaltbar

PV2/3

101	002	018	038	019
025	024	055	065	036
Frei	413	045	042	056
050	427	421	419	012
Res.	029	031	414	048
AS3	AS4			

Presse 4

HL2.3 (DN500)

3 Maschinen aktiv
3 Maschinen zuschaltbar

Info Gesamtanlage

PV2/3

PV1

420	423	054	503	502
501	500	426	057	417
052	044	051	049	411
053	415	AS1	AS2	

Presse 2

HL1.4 (DN350)

1 Maschinen aktiv
1 Maschinen zuschaltbar

PV2/3

101	002	018	038	019
025	024	055	065	036
Frei	413	045	042	056
050	427	421	419	012
Res.	029	031	414	048
AS3	AS4			

Presse 4

HL2.4 (DN350)

0 Maschinen aktiv
4 Maschinen zuschaltbar

Info Gesamtanlage

Diagnose Gesamtanlage

Diagnose VST1

Diagnose Zoom VST2

Diagnose Zoom Filteranlage

Bedienlog

Störungslog

Bedienung Gesamtanlage

Servicebetrieb

Einstellungen

Instandhaltung

Abbildung 13 Info Gesamtanlage (Zusammenfassung aller relevanter Informationen)

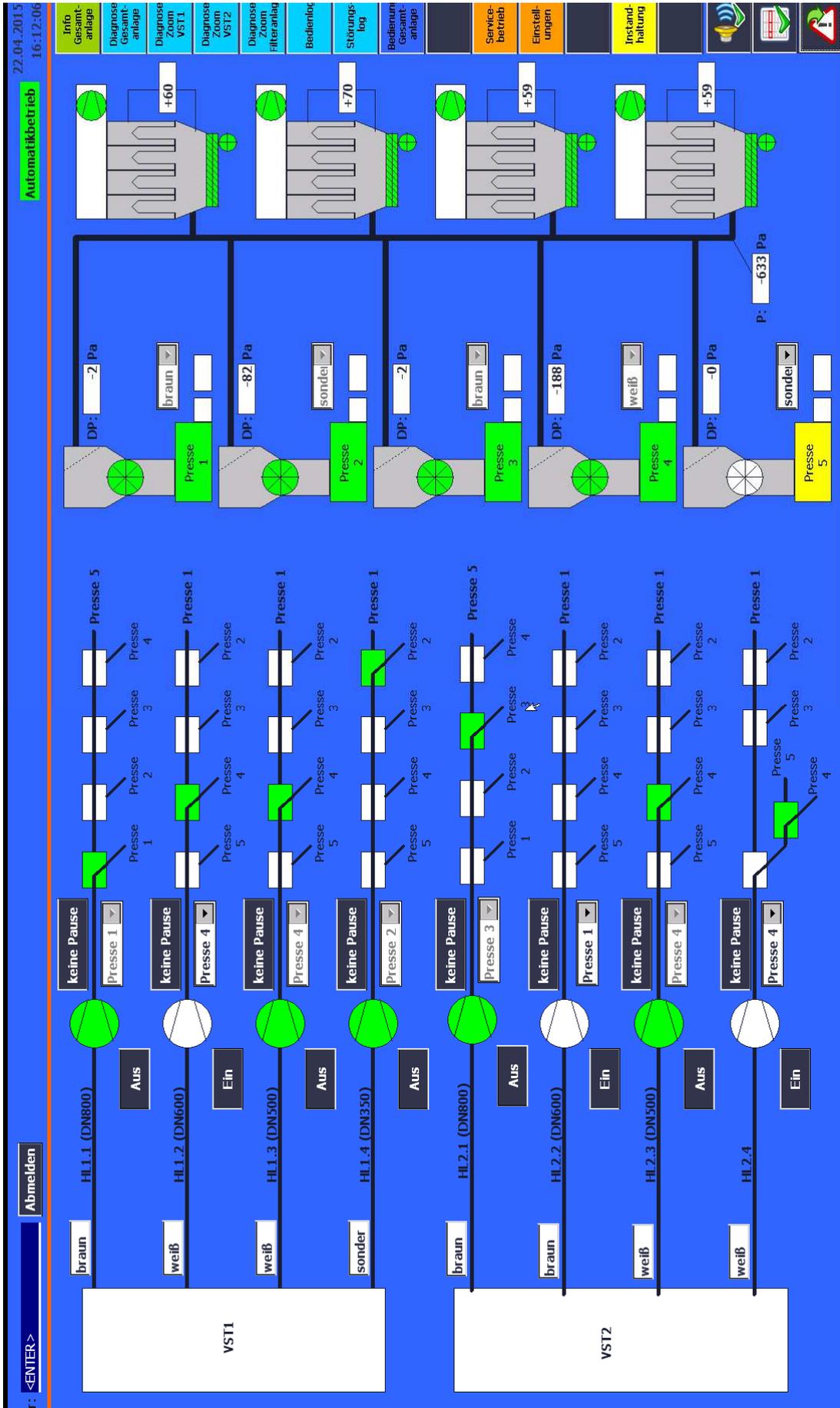


Abbildung 14 Hauptschaltbild für den Anlagenführer

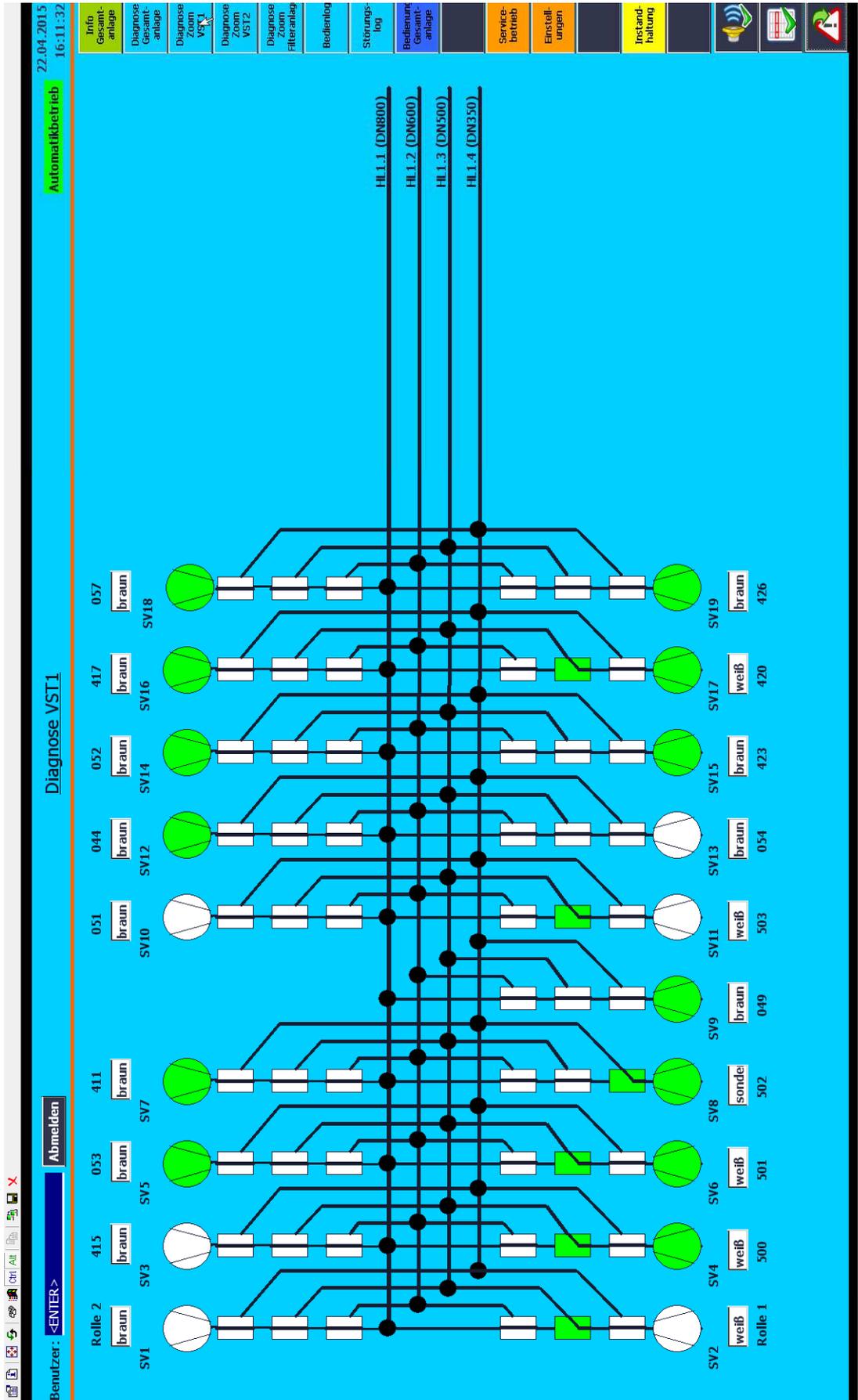


Abbildung 15 Diagnoseansicht Ventilatorenstation 1

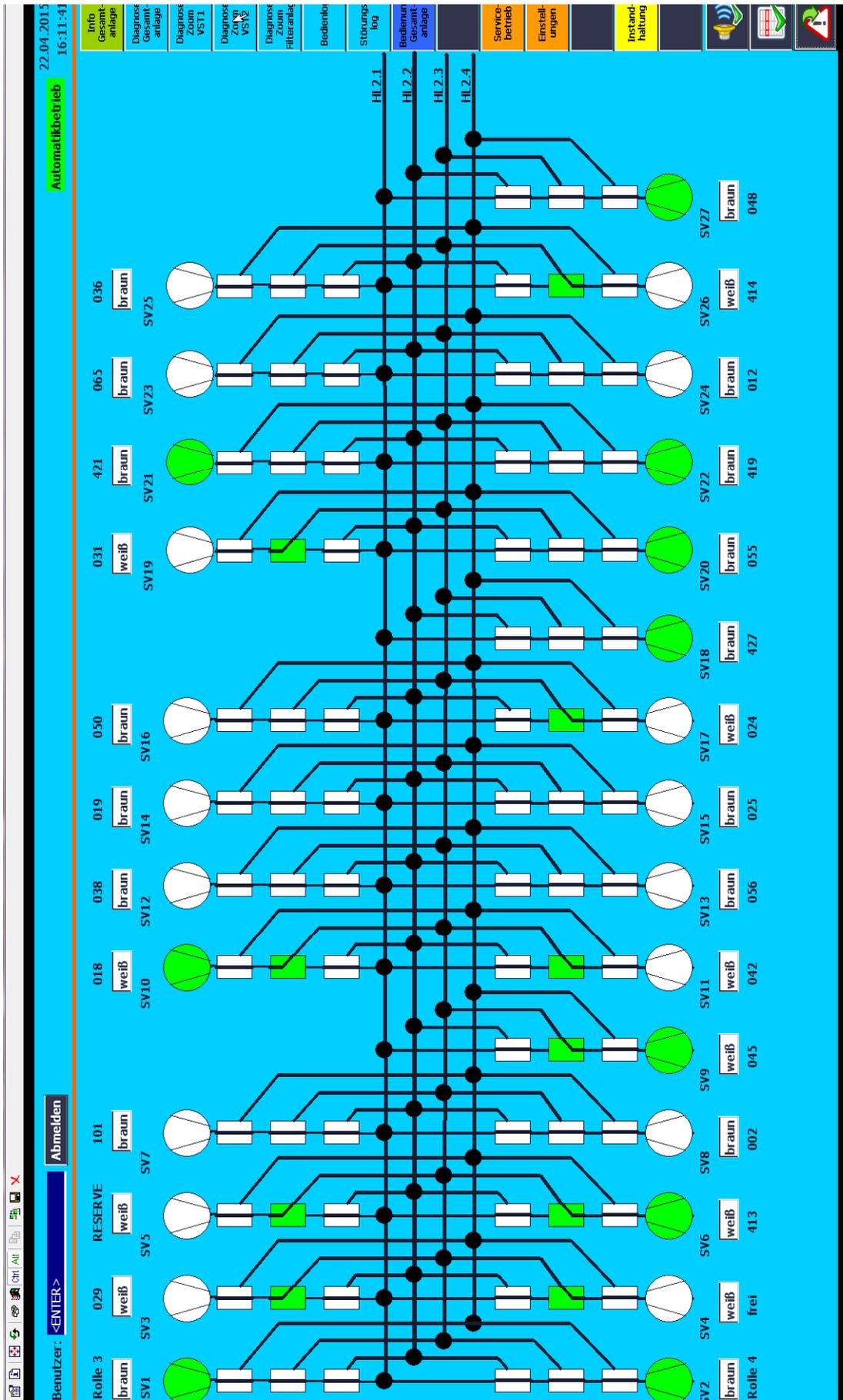


Abbildung 16 Diagnoseansicht Ventilatorenstation 2

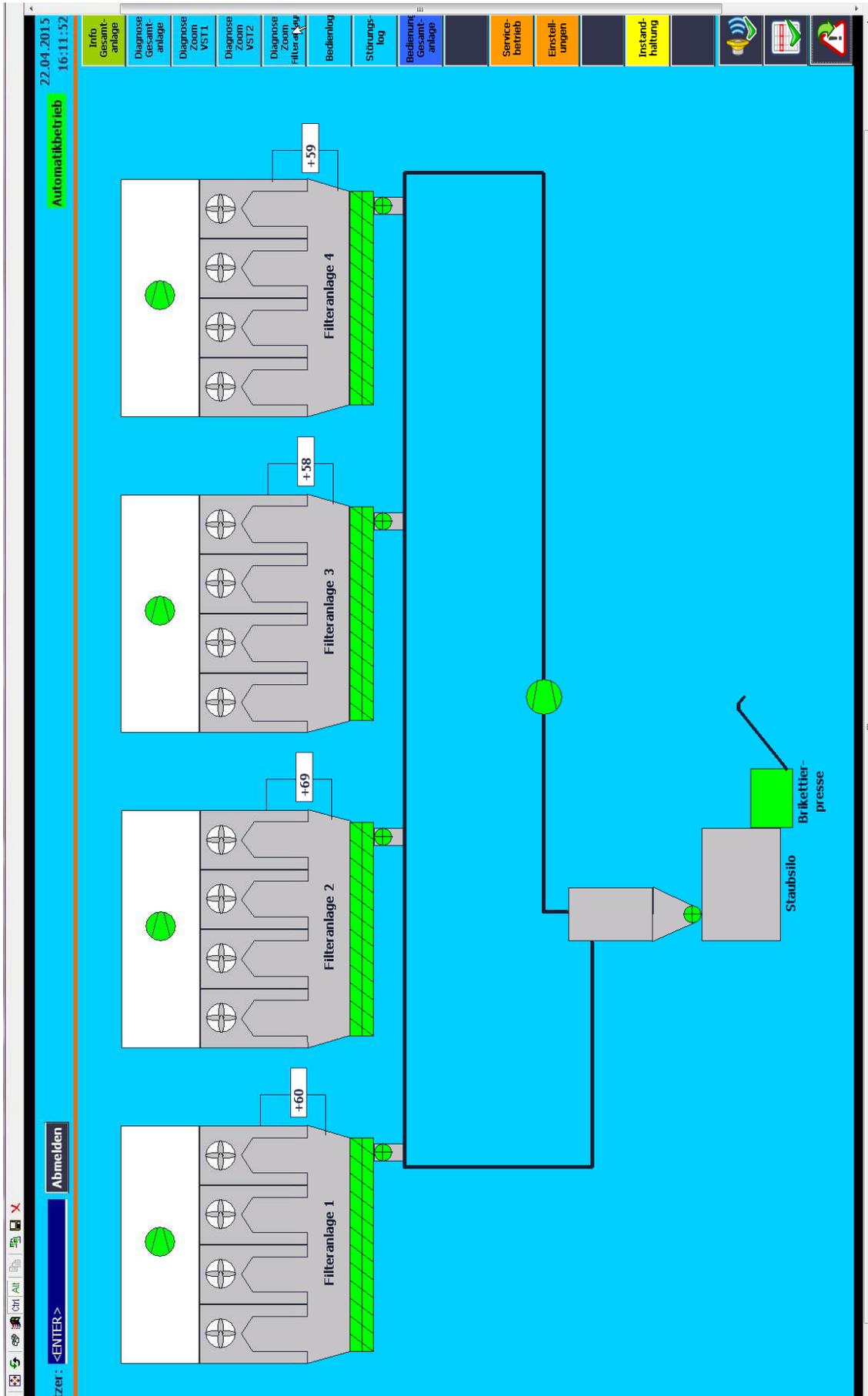


Abbildung 17 Diagnoseansicht Filteranlage inkl. Britettresse

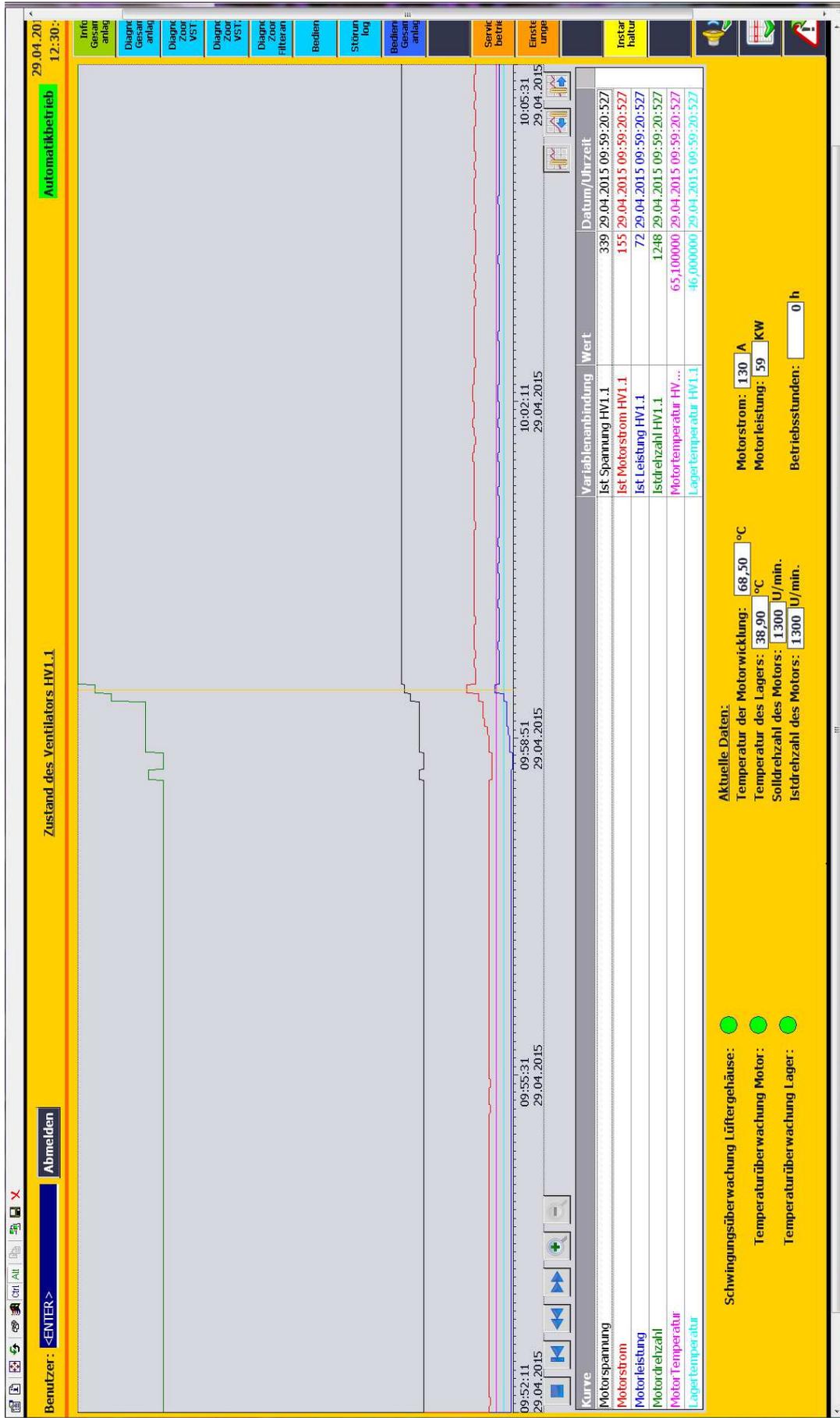


Abbildung 18 Darstellung zur Zustandsanalyse und Rückblick eines Ventilators

Benutzer: <ENTER> Abmelden

Automatikbetrieb

Nr.	Uhrzeit	Datum	Zustand	Text	QGR	Tr
B...219	12:24:17	29.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL2.2 auf: 1150 U/min	0	Gas an
B...219	12:24:17	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL2.2 auf: 1150 U/min	0	Diag Gas an
B...215	12:24:05	29.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL1.3 auf: 1300 U/min	0	Diag Gas an
B...215	12:24:05	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL1.3 auf: 1300 U/min	0	Diag Gas an
B...214	12:23:59	29.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL1.2 auf: 1100 U/min	0	Diag Zo Filter
B...214	12:23:59	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL1.2 auf: 1100 U/min	0	Diag Zo Filter
B...213	12:23:46	29.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL1.1 auf: 1300 U/min	0	Diag Zo VS
B...213	12:23:46	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Änderung der Sollzahl des Hauptventilators HL1.1 auf: 1300 U/min	0	Diag Zo VS
B...162	11:31:40	29.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Diag Zo VS
B...162	11:31:39	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Diag Zo VS
B...162	10:52:00	29.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Diag Zo Filter
B...162	10:51:59	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Diag Zo Filter
B...199	08:10:58	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 3im Automatik	0	Bedi
B...201	05:32:42	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL2.3 Ein" nach Presse Presse 4im Automatik	0	Bedi
B...198	05:32:41	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.3 Ein" nach Presse Presse 4im Automatik	0	Bedi
B...203	05:32:38	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL2.1 Ein" nach Presse Presse 1im Automatik	0	Bedi
B...196	05:32:36	29.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.1 Ein" nach Presse Presse 3im Automatik	0	Bedi
B...162	22:00:36	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Stör
B...162	22:00:35	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Stör
B...201	21:59:30	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL2.3 Ein" nach Presse Presse 4im Automatik	0	Bedi
B...203	21:59:26	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL2.1 Ein" nach Presse Presse 1im Automatik	0	Bedi
B...199	21:59:23	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 3im Automatik	0	Bedi
B...198	21:59:15	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.3 Ein" nach Presse Presse 4im Automatik	0	Bedi
B...196	21:59:13	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.1 Ein" nach Presse Presse 3im Automatik	0	Bedi
B...199	17:36:11	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 3im Automatik	0	Bedi
B...199	14:28:25	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 4im Automatik	0	Bedi
B...199	13:34:12	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 4im Automatik	0	Bedi
B...163	12:41:25	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Störungsquittierung"	0	Bedi
B...163	12:41:24	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Störungsquittierung"	0	Bedi
B...199	12:17:03	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 2im Automatik	0	Bedi
B...199	11:23:22	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 2im Automatik	0	Bedi
B...199	11:03:51	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Linie HL1.4 Ein" nach Presse Presse 2im Automatik	0	Bedi
B...200	09:10:36	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Störungsquittierung"	0	Bedi
B...163	08:03:40	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Störungsquittierung"	0	Bedi
B...163	08:03:38	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Störungsquittierung"	0	Bedi
B...162	06:33:09	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Bedi
B...162	06:33:08	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Bedi
B...162	06:22:20	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Bedi
B...162	06:22:19	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Bedi
B...162	06:14:59	28.04.2015	KG	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Bedi
B...162	06:14:58	28.04.2015	K	Schaltschrank 3 - Anwahl Button "Sirene aus"	0	Bedi

Abbildung 19 Darstellung der Schaltvorgänge und des Steuerungsverlaufs



Abbildung 20 Ventilatorenstation 1 Südansicht



Abbildung 21 Ventilatorenstation 1 mit Hauptleitungen Westansicht



Abbildung 22 Schaltanlage Ventilatorenstation 1



Abbildung 23 Stützventilator für WARO (hier nur einer von 42 Stück - je einer pro WARO)



Abbildung 24 Blick in Ventilatorenstation 1

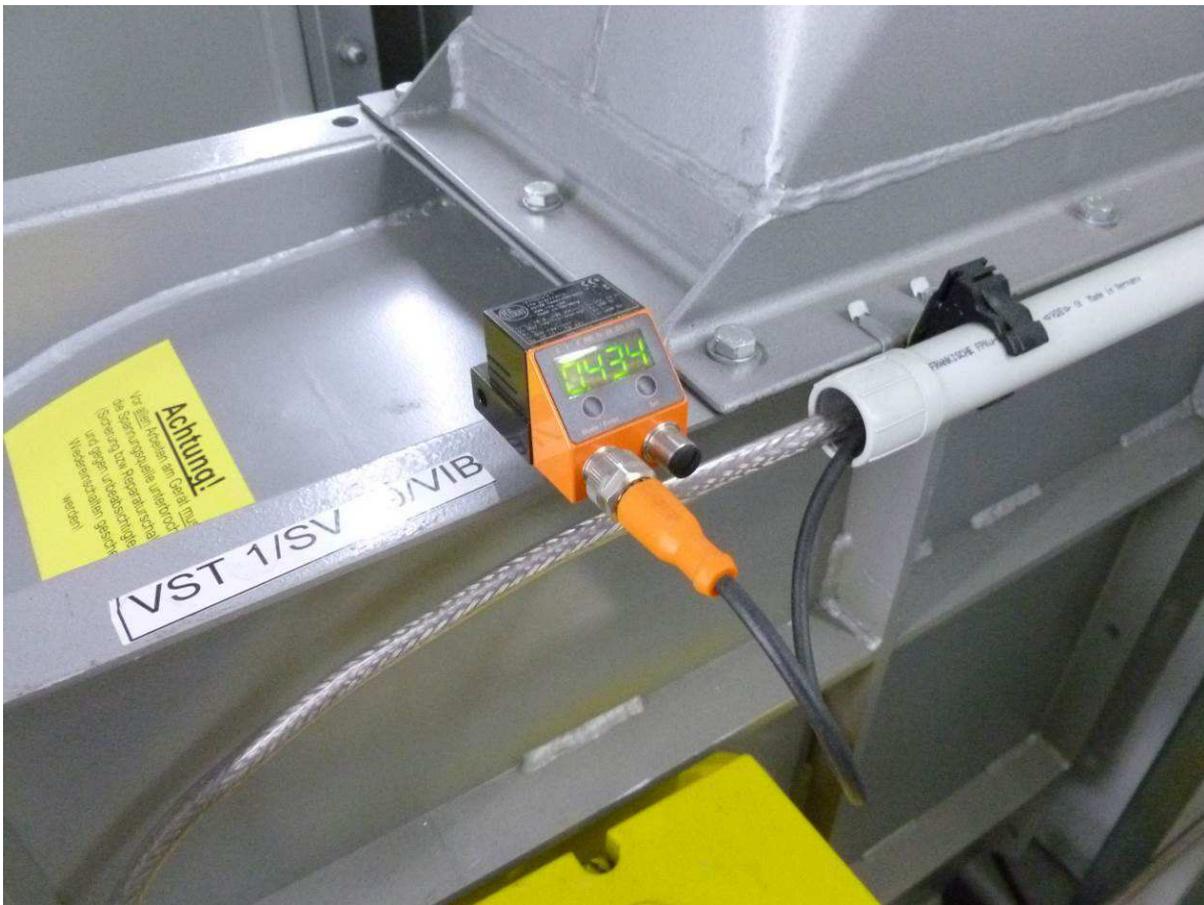


Abbildung 25 Schwingungssensor



Abbildung 26 Weichenbaum über Stützventilator



Abbildung 27 Ventilatorenstation 2 Ostansicht



Abbildung 28 Ventilatorenstation 2 Nordansicht



Abbildung 29 Schaltanlage Ventilatorenstation 2



Abbildung 30 Blick in die Ventilatorenstation 2



Abbildung 31 Hauptventilator HV 2.2 (hier nur einer von insg. 8 in vier Leistungen und unterschiedlichen Ausführungen)



Abbildung 32 Materialabscheider für Presse 3 (insg. 5 vorhanden)



Abbildung 33 Schaltanlage der Reststoffzentrale



Abbildung 34 Filteranlage Bodenansicht im Innenhof



Abbildung 35 Filteranlage Dachansicht



Abbildung 36 Schaltanlage der Filteranlage



Abbildung 37 Staubventilator für die Staubrückführung zu der Brikettpresse



Abbildung 38 Zyklon zur Staubabscheidung



Abbildung 39 Brikettpresse



Abbildung 40 Brikettpressenauslauf mit Briketts



Abbildung 41 Funkenlöschanlage FLA 5 für den Bereich der Reststoffzentrale



Abbildung 42 Funkenlöschanlage FLA 4 für den Bereich der Papierverarbeitung

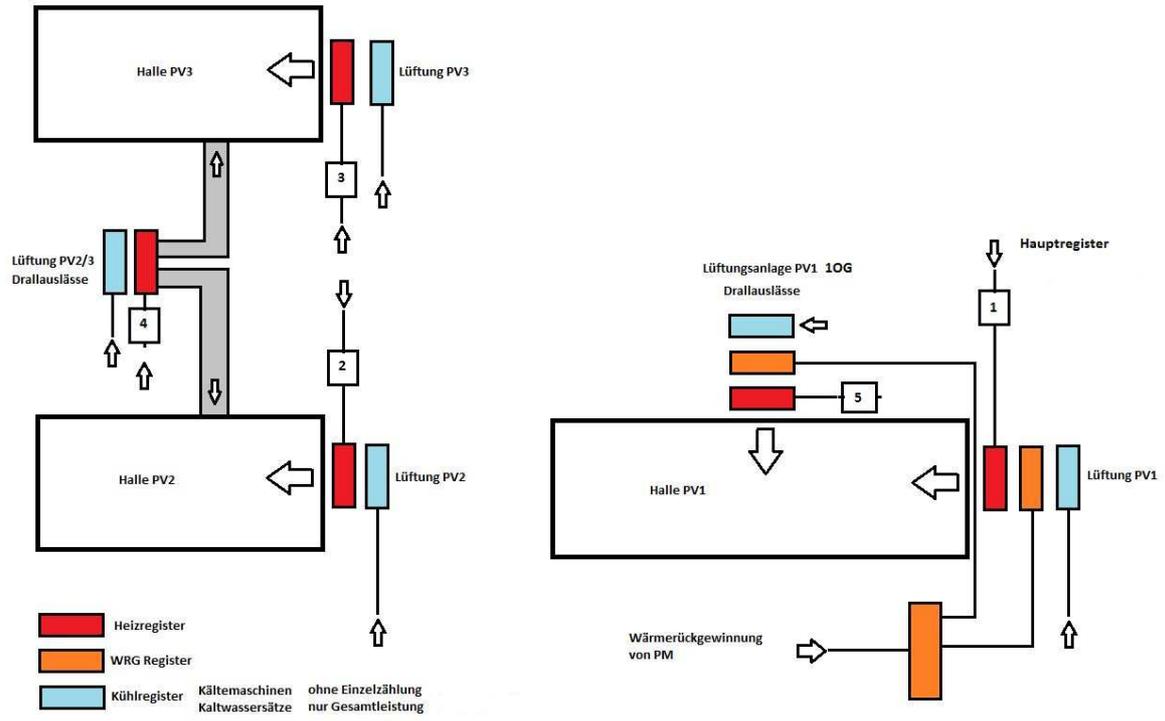


Abbildung 43 Schema der RLT Anlage der PV 1 - 3