

Meyer GmbH & Co KG
Münsterstraße 37

49186 Bad Iburg

Abschlussbericht

Modellhafte Demonstration einer energieeffizienten, kombinierten Rückgewinnung von Abwärme aus Waschsleudermaschinen und Trockneranlagen zum Aufheizen des Waschwassers in der Wäscherei.

Abschlussbericht über ein Demonstrationsprojekt,
gefördert unter dem Az: 28543-23 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dipl.-Ing. Carsten Börs
Dipl.-Ing. Wolfgang Buschmeier

Dezember 2011

| | | | | | |
|---|--------------|---|-----------------------------|---|--------------|
| 06/02 | | Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt | |  | |
| Az | 28543 | Referat | Fördersumme 30.000 € | | |
| Antragstitel | | Modellhafte Demonstration einer energieeffizienten, kombinierten Rückgewinnung von Abwärme aus Waschschleudermaschinen und Trockneranlagen zum Aufheizen des Washwassers in der Wäscherei. | | | |
| Stichworte | | Abwasser, Verfahren, Energie, Wärme, Wasser | | | |
| Laufzeit | | Projektbeginn | Projektende | Projektphase(n) | |
| 1 Jahr | | 28.04.2010 | 31.05.2011 | 1 | |
| Zwischenberichte | | - | | | |
| Bewilligungsempfänger | | Meyer GmbH & Co KG Münsterstraße 37 | | Tel | 05403/7326-0 |
| | | 49186 Bad Iburg | | Fax | 05403/9434 |
| | | | | Projektleitung | |
| | | | | Dipl.-Ing. Carsten Börs | |
| | | | | Bearbeiter | |
| Kooperationspartner | | Wolfgang Dorra GmbH Energie-Effizienz und Wäschereitechnik Lohstraße 29 | | | |
| | | 49326 Melle | | | |
| Zielsetzung und Anlass des Vorhabens | | | | | |
| Anlass des Projektes war der Wunsch der Wäscherei Meyer in Bad Iburg, die Wärme aus der heißen Abluft von sieben Gastrocknern sinnvoll zurückzugewinnen. | | | | | |
| Das Ziel des Vorhabens war ein Energierückgewinnungskonzept zu erstellen und dieses in die vorhandenen Produktionsräume der Wäscherei Meyer mit geeigneter Anlagentechnik zu integrieren. | | | | | |
| Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden | | | | | |
| Sieben Wäschetrockner der Wäscherei Meyer sind effiziente Gastrockner, die mit einer Umluftvorrichtung ausgestattet sind. Je nach Einstellung produzieren diese Trockner mehr oder weniger Abluft. Aus diesem Grund wurden zunächst Mengen- und Temperaturmessungen in den Abluftleitungen der Trockner durchgeführt. Auf Basis der Messergebnisse wurde das mögliche Energierückgewinnungspotential berechnet. | | | | | |
| Da eine Energierückgewinnungsleistung von etwa 100 KW aus Abluftenergie zur Verfügung steht, wurde im nächsten Schritt untersucht, wie ein sinnvoller Einsatz der Abwärmeenergie im Betrieb möglich ist. Eine Vorwärmung der Zuluft für die Trockner ist aus Anlagentechnischen und konstruktiven Gründen nicht möglich. Es wurde entschieden, die Abwärme zur Vorwärmung des Washwassers der Waschstraße und der Waschschleudermaschinen zu verwenden. | | | | | |
| Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de | | | | | |

Um die geplante Anlagentechnik zu überprüfen, wurde zunächst eine kleine Versuchsanlage gebaut und die Einsetzbarkeit der Technik überprüft.

Auf Basis der Messungen an der Versuchsanlage und einer in der Wäscherei Meyer gut geführten umfangreichen Betriebsdatenerfassung wurde dann die gebaute Wärmerückgewinnungsanlage ausgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Die kombinierte Wärmerückgewinnungsanlage aus Trocknerabluft besteht aus einer Komponente zur Vorwärmung des Wassers für die Waschstrasse und einer zweiten Anlagenkomponente zur Vorwärmung des Wassers für die Waschsleudermaschinen. Die Versorgung der Waschstraße mit Warmwasser erfolgt neben der kombinierten Wärmerückgewinnung aus Trocknerabluft, auch durch eine weitere Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser. Die Abwasserwärmerückgewinnung erreichte zur Zeit der Anlagenplanung eine Wasservorwärmung von 40°C bei einer Menge von 5,5 m³/h. Im Zeitraum zwischen Planung und Inbetriebnahme der kombinierten Wärmerückgewinnung, wurde der Wasserverbrauch der Waschstraße auf ca. 4 m³/h reduziert. Weiterhin stellte sich, bedingt durch den reduzierten Wasserverbrauch, eine höhere Austrittstemperatur ein. Die Vorwärmtemperatur durch die Abwasserwärmerückgewinnung betrug nicht 40°C, sondern 50°C. Die nachfolgend durch die kombinierte Wärmerückgewinnung erreichte Vorwärmung des Wassers für die Waschstrasse erreichte 60°C und nicht wie geplant 50°C. Dies war für das Waschergebnis der Waschstrasse kein Problem. Es reduzierte sich die aus der Abluft der Trockner für die Wasservorwärmung der Waschstrasse verfügbare Nutzleistung und die für die Wasservorwärmung der Waschsleudermaschinen verfügbare Leistung erhöhte sich. Dies hatte zur Folge, dass die Frischwassertemperaturen auf den Waschsleudermaschinen zu hoch waren, woraus waschtechnische Probleme wie z.B. Knitterbildung an Kitteln entstanden. Weiterhin stellte sich heraus, dass der Abwasserwärmetauscher nur einen Druck von maximal 2,5 bar aushält. Die Ursache dafür ist, dass der Wärmetauscher aus sehr dünnen rotierenden Blechscheiben besteht. Durch die nach dem Abwasserwärmetauscher geschaltete kombinierte Wärmerückgewinnung konnte der Druck in den dünnen Blechscheiben ansteigen. Es wurde somit entschieden, dass die kombinierte Wärmerückgewinnung vor dem Abwasserwärmetauscher platziert wird. Da nun beide Wärmetauscher der kombinierten Wärmerückgewinnung mit kaltem Wasser beaufschlagt werden, wird aus der Abluft der Trockner mehr Wärme zurückgewonnen als bei Beaufschlagung mit warmem Wasser. Weiterhin sinkt die durch die kombinierte Wärmerückgewinnung erreichte Wasservorwärmung für die Waschsleudermaschinen, wodurch die Knitterbildung vermieden wird. Die nach dem Umbau der Anlage erzielten Leistungen liegen für die Waschstrasse je nach Wäschemenge und Anzahl der in Betrieb befindlichen Trockner bei max. 170 kW und die für die Waschsleudermaschinen erreichbare Leistung liegt bei max. 20 kW. Durch die anlagentechnischen Änderungen, werden an beiden Wärmetauschern der kombinierten Wärmerückgewinnung große Kondensatmengen abgegeben. Das System zur Kondensatableitung musste dafür umgebaut und angepasst werden. Die Qualität des abgeschiedenen Kondensates ist jedoch schlecht, da neben dem auskondensierten Wasser auch silikonartige schmierige Stoffe und andere im Wasser gelöste Stoffe abgeschieden werden. Diese schmierigen Stoffe produzieren in dem Filter, der den Wärmetauschern vorgeschaltet ist erhebliche Druckverlustserhöhungen, woraus die Lufförderkosten und die Stromaufnahme des Ventilators ansteigt. Da der Filter ein sehr temperatur- und chemiebeständiger, monofilamentar gewebter Filter ist, kann er gut gewaschen werden. Nach dem Waschen wird der Ursprungszustand des Filters wieder erreicht. Der Druckverlust geht auf den Neuzustand zurück, woraus zu schließen ist, dass die silikonartigen Stoffe komplett ausgewaschen werden. Abschließend kann gesagt werden, dass die Wäscherei Meyer im Mittel ca. 100 kW aus der Abluft zurückgewinnen kann. Aufgrund von einer diskontinuierlichen Wasserversorgung der Waschsleudermaschinen und der Waschstrasse, kann die kombinierte Wärmerückgewinnung von etwa 12 Betriebsstunden 9 Stunden genutzt werden. Pro Tag werden 100 kW mal 9 h also 900 kWh zurückgewonnen. Dies entspricht bei einem Kesselwirkungsgrad von 90% etwa 100 m³ Erdgas pro Tag.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Anlage wurde während der bisher geleisteten Laufzeit bereits mehreren Interessenten detailliert erklärt und vorgeführt.

Geplant ist ein Bericht in diversen Fachzeitingen und der örtlichen Presse nach Beendigung des Projektes.

Fazit

Hinsichtlich der Steigerung der Energieeffizienz in Wäschereien, haben sich in den letzten Jahren eine Reihe von Maßnahmen und Produkten etabliert. Je geringer der Verbrauch in einer Wäscherei ist, umso schwieriger wird es diesen noch weiter zu reduzieren. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die kombinierte Wärmerückgewinnung in Wäschereien mit bereits hoher Energieeffizienz unter folgenden Bedingungen gut eingesetzt werden kann:

Die Wasservorwärmung des Abwassertauschers liegt unter 40°C.

Es ist ausreichend heiße Abluft aus Wäschetrocknern vorhanden

Die Wäschetrockner können nicht mit einer Wärmerückgewinnung auf Basis von Trocknerzuluftvorwärmung ausgestattet werden können.

Die Wasserzufuhr zur Waschstrasse und zur Waschschleudermaschine ist kontinuierlich.

Die Waschschleudermaschinen können energetisch sinnvoll und waschtechnisch möglich Wasservorwärmtemperaturen von 40°C verwenden.

Die Waschstrasse kann energetisch sinnvoll und waschtechnisch möglich Wasservorwärmtemperaturen von 55°C verwenden.

Es ist noch eine freie Stellfläche von 16m² für die Anlage vorhanden. Im Idealfall ist diese Stellfläche in der Nähe der Trockner vorhanden. Dadurch kann die viel Raum in Anspruch nehmende Abluftleitungsinstallation minimiert werden.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------------|---|
| Seite 6 | Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabelle |
| Seite 8 | Zusammenfassung |
| Seite 9 | Einleitung |
| Seite 13 | Hauptteil |
| Seite 35 | Fazit |

Inhaltsverzeichnis

1. Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

Tabelle 1: Berechnung von Wärmerückgewinnung und Einsparung

Tabelle 2: Aufteilung der Energierückgewinnung und CO₂ Bilanz

Tabelle 3: nachträgliche Modernisierung von Fassade, Dach, Fenster, Keller und Heizung eines freistehenden Einfamilienhauses mit 150 m² Wohnfläche

Bild 1: Messaufbau Abluftmessung

Bild 2: Pilotanlage für Wäscherei Meyer

Bild 3: Ergebnisse der Vorversuche

Bild 4: ursprünglich geplanter Anlagenaufbau
und geplante Temperaturen

Bild 5: ursprünglich geplanter Anlagenaufbau
und beim Betrieb erreichte Temperaturen

Bild 6: Realisierter Anlagenaufbau mit beispielhaften
Temperaturen

Bild 7: Bilanz der Energieströme vor Einbau der kombinierten Wärmerückgewinnung

Bild 8: Bilanz der Energieströme nach Einbau der kombinierten Wärmerückgewinnung

2. Zusammenfassung

In Rahmen dieses Förderprojektes wurde eine kombinierte Wärmerückgewinnung bei der Meyer GmbH & Co KG in Bad Iburg geplant, errichtet und betrieben. Ziel der Anlageninstallation war die Nutzung der thermischen Energie aus 7 Erdgastrocknern, die in Umluftfahrweise betrieben werden. Da in der Wäscherei bereits aufwendige Wärmerückgewinnungssysteme vorhanden sind und die Energie nicht nur der Waschstrasse zugeführt werden sollte, wird die Wärme aus der Wärmerückgewinnungsanlage zu einem Teil der Waschstrasse und zu einem anderen Teil den Waschsleudermaschinen zugeführt.

In der Summe können durch die installierte Anlage 25.500 m³ Erdgas pro Jahr eingespart werden. Daraus errechnet sich eine CO₂ Emissionsreduzierung von 50.000 kg pro Jahr. Die statische Amortisation so einer Anlage erfolgt nach ca. 3,5 Jahren.

Das Projekt wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt unter dem Aktenzeichen Az: 28543-23 mit einer Summe von 30.000,-- € gefördert. Kooperationspartner ist die Firma Wolfgang Dorra GmbH Energie-Effizienz und Wäschereitechnik.

3. Einleitung

Die Wäscherei Meyer ist ein sehr energieintensiver Betrieb, es werden große Mengen an Wasser, Strom und Gas zur Aufrechterhaltung der Produktion benötigt. Moderne Großwäschereien betreiben in vielen Fällen eine Hochdruckdampfkesselanlage (betrieben mit Erdgas oder Erdöl), um die vorhandenen Maschinen zur Bearbeitung von Textilien zu beheizen. Strom wird zu Heizzwecken nicht mehr eingesetzt, weil die Aufheizzeiten zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Das Unternehmen Meyer hat sich Mitte der 1980er Jahre dazu entschlossen seine Kesselanlage auf den Betrieb mit Erdgas umzustellen. Seit ca. 10 Jahren werden im Betrieb aber auch direktgasbetriebene Maschinen eingesetzt. Dies bietet den Vorteil, dass Aufheizzeiten im Vergleich zu dampfbeheizten Maschinen weiter reduziert werden konnten und Wärmeverlust durch Abstrahlung an den Dampfleitungen nicht mehr auftreten.

Um wirtschaftlich und umweltschonend arbeiten zu können, wurden bereits vor der Installation der neuen Anlage ein Rauchgaswärmetauscher zur Erwärmung des Kesselspeisewassers und ein Abwasserwärmetauscher zur Vorwärmung des benötigten Waschwassers installiert. Bei dem Abwasserwärmetauscher handelt es sich um einen Rotationsplattenwärmetauscher der Firma Ecolab, dieser ist vor ca. 10 Jahren in Betrieb genommen worden, um die anfallende Wärmeenergie des Abwassers für die Erwärmung des benötigten Waschstraßenfrischwassers zu nutzen.

In fast allen Großwäschereien kommen mindestens eine Waschstraße und mehrere Waschsleudermaschinen zum Einsatz. Die Waschstraßen sind in den meisten Wäschereien heute mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet. Dabei gibt das ca. 55 °C warme Abwasser in einem Wärmetauscher einen Teil seiner thermischen Energie an das der Waschstraße zugeführte Frischwasser ab. Das Abwasser fließt nahezu kontinuierlich aus der Waschstraße, fast zeitgleich mit dem zufließenden Frischwasser. Der Wärmetauscher kann somit ohne Zwischenpuffer von Frisch- oder Abwasser arbeiten.

Bei den heutigen Waschverfahren wird in einem Temperaturbereich von 40°C bis maximal 75°C gearbeitet. Die klassischen „Kochverfahren“ bei 90°C werden heute nicht mehr durchgeführt. Moderne Textilien und die moderne Waschmittelchemie sind heute in der Lage desinfizierende Waschverfahren auch bei niedrigeren Temperaturen zu realisieren.

Ganz anders stellt sich die Situation bei den Waschsleudermaschinen dar. Bei diesem Maschinentyp fließt in relativ großen Zeitabständen diskontinuierlich eine große Wassermenge aus der Maschine. Der Zufluss von Frischwasser ist ebenfalls diskontinuierlich. Der Einsatz eines Wärmetauschers ist somit nur durch aufwändiges Puffern der Frisch- und Abwasserströme sinnvoll möglich. Ohne Pufferspeicher wäre ein extrem großer und somit teurer Wärmetauscher erforderlich. Ein weiteres Problem bei den Waschsleudermaschinen ist, dass in fast allen Wäschereien mehrere Maschinen vorhanden sind, wodurch kein zentraler Ablasspunkt des Abwassers gegeben ist, wie es bei den Waschstraßen der Fall ist. Erschwerend kommt hinzu, dass sich der Ablassstutzen einer Waschsleudermaschine fast immer direkt über dem Boden befindet und somit das Auffangen des Abwassers, um es einer Wärmerückge-

winnung zuzuführen, problematisch ist. Aufgrund dieser Problematik werden fast alle Waschschleudermaschinen ohne Wärmerückgewinnung des Abwassers betrieben. In vielen Fällen sind aber Tanks auf den Maschinen angebracht in die Spülwässer gepumpt werden, um diese bei späteren Waschgängen für die Vorwaschgänge zu benutzen. Vielfach sind die Tanks unterteilt, um Spülwasser nach Buntwäsche und Weißwäsche zu trennen. Im Unternehmen Meyer sind diese Tanks seit langem auf den Maschinen, um den Wassereinsatz zu optimieren.

In einer Wäscherei werden die gewaschenen Textilien mit Hilfe von verschiedenen Maschinen getrocknet und bearbeitet. Die Trocknung geschieht z.B. durch dampf- oder erdgasbetriebene Trockner. Während des Trocknungsvorganges entsteht heiße Abluft. Diese heiße Abluft wird über einen Abluftkanal ins Freie abgeleitet. Die Abluft in der Wäscherei Meyer ist ca. 80°C Grad warm und stellt somit aufgrund ihrer Temperatur eine sinnvolle Energiequelle für die Aufwärmung von kaltem oder auch leicht erwärmtem Wasser dar.

Kaltes Frischwasser wird an den Waschschleudermaschinen eingesetzt. Mit dem erarbeiteten Anlagenkonzept soll eine deutliche Vorwärmung des Frischwassers der Waschschleudermaschinen erreicht werden.

Erwärmtes Wasser wird im Abwasserwärmetauscher der Waschstraßen produziert. Diese Wärmetauscher wurden so ausgelegt, dass eine Frischwasservorwärmung von 30 °C bis max. 40 °C erreicht wird. Der Grund dafür lag in der Waschmitteltechnik. Bis vor ca. 10 Jahren sollte die Temperatur des Vorwaschwassers 35°C nicht überschreiten, weil es sonst zur Fixierung von blut- und eiweißhaltigen Flecken kam. Heute sind jedoch aufgrund weiterentwickelter Waschmittel deutlich höhere

Vorwärmtemperaturen des Frischwassers zulässig. Ein Austausch des vorhandenen Abwasserwärmetauschers gegen einen größeren Abwasserwärmetauscher wäre wirtschaftlich nicht zu vertreten. Außerdem sind bei Abwassertemperaturen von ca. 55°C sehr große Wärmetauscher zur Steigerung der Frischwasservorwärmung auf z.B. 50°C notwendig.

Das zweite Ziel des erarbeiteten Anlagenkonzeptes ist die weitere Vorwärmung des benötigten Frischwassers für die Waschstraße.

Diese beiden Ziele sollen in der Wäscherei Meyer durch eine zentrale Wärmerückgewinnungsanlage realisiert werden, die die thermische Energie aus der Trocknerabluft der Gastrockner zurückgewinnt.

Aus einer Energiebilanz geht hervor, dass 103 kW Wärmeleistung aus 10.600 m³/h Abluft der Gastrockner bei 80°C zur Verfügung stehen. 33 kW davon sollten den Waschschleudermaschinen und 70 kW der Waschstrasse zugeführt werden.

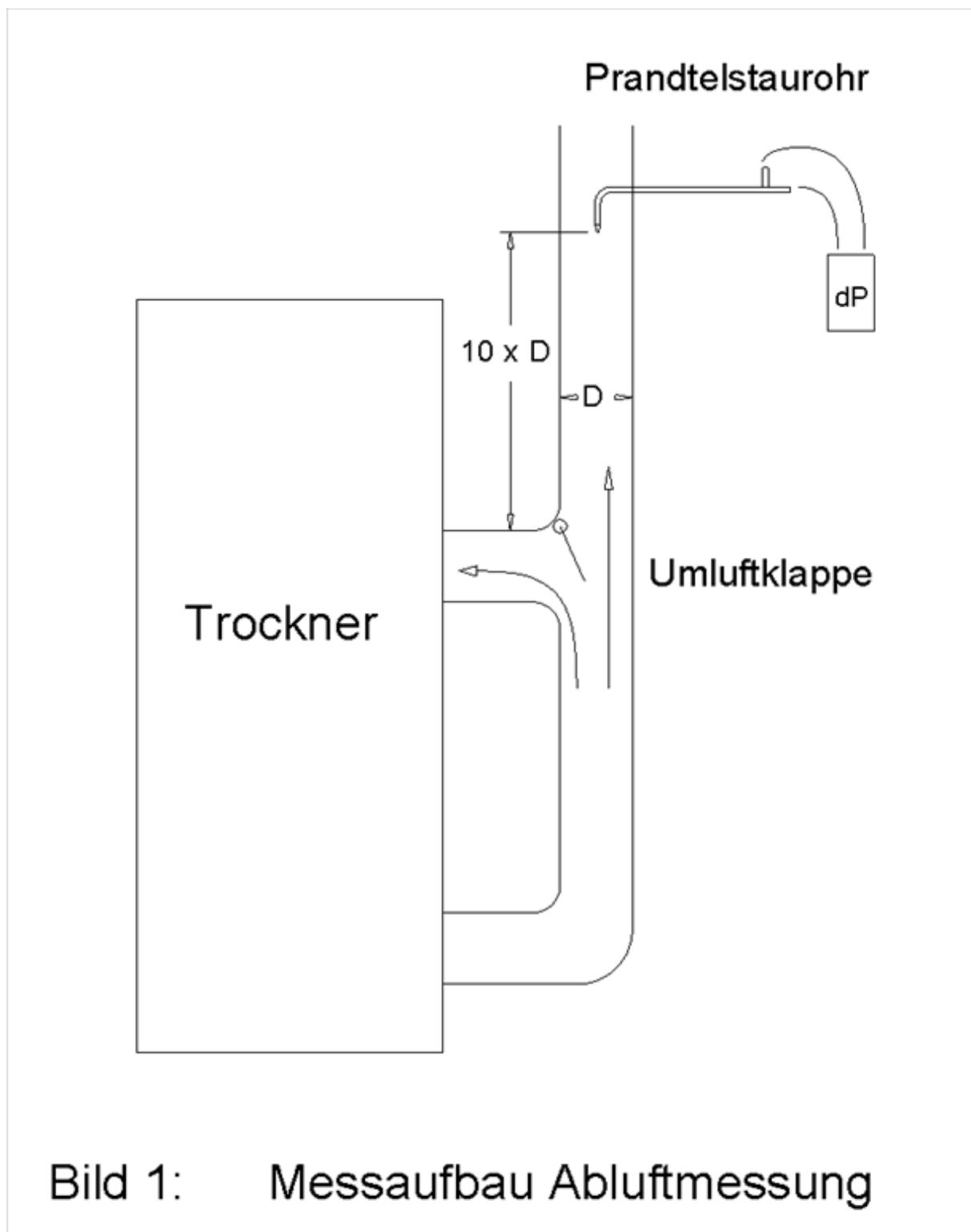
Mit den 70 kW sollte eine Frischwassermenge von 5,5 m³/h für die Waschstraße von 40°C auf 51°C erwärmt werden. Mit den restlichen 33 kW sollten 1,89 m³/h Frischwasser für die Waschschleudermaschinen von 15 °C auf 30°C erwärmt werden.

4. Hauptteil

Die Wäscherei Meyer verfügt über 8 Großtrockner, sieben werden mit Erdgas betrieben, ein Modell älteren Baujahres wird mit Dampf beheizt. Bei den sieben Gastrocknern handelt es sich um Maschinen, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Diese Wäschetrockner sind mit einer Umluftführung ausgestattet. Bei der Umluftführung wird ein Teil des warmen Abluftstromes wieder dem Trockenraum zugeführt, dies bewirkt, dass die erwärmte Luft mit Abluft vermischt wird. Ein Teil der Abluftenergie wird so wieder zurückgewonnen. Alle sieben Trockner sind von der Firma Kannegiesser, Vlotho. Bei drei Trocknern handelt es sich um den Typ TM50 mit einer Nennbeladung von 50kg Wäsche. Bei vier Trocknern handelt es sich um den Typ KT-146 mit einer Nennbeladung von 28kg. Die Trockner müssen von Hand be- und entladen werden. Die Nennbeladung bezieht sich auf das Wäschegewicht nach der Trocknung, d.h. beim Beladen mit feuchter Wäsche befindet sich ca. 50 Prozent mehr Gewicht im Trockner. Bei diesen 50 Prozent handelt es sich um Feuchtigkeit bzw. Wasser, welches nach dem Waschprozess noch in den Textilien verblieben ist. Um die Textilien gebrauchsfähig zu machen, muss diese Feuchtigkeit verdampft werden.

Je nach Programmwahl, Beladegewicht und Textilart produzieren diese Trockner eine mehr oder weniger große Abluftmenge. Aus diesem Grund wurden zunächst Mengen- und Temperaturmessungen in den Abluftleitungen der Trockner durchgeführt. Die einzelnen Abluftrohre der Trockner werden in einen Sammelkanal geführt, der die anfallende warme Abluft aufnimmt und dann nach außen in die Umgebung abführt.

Um einen Überblick über die Abluftmengen und -temperaturen zu bekommen, wurden Messungen an allen Trocknern mit der Messanordnung entsprechend Bild 1 durchgeführt,



die zu folgenden Ergebnissen führten:

Für die Trockner vom Typ TM50 wurde im Mittel eine Abluftmenge von 1.350 Nm³/h (Normzustand 1.013 mbar und 0°C) ermittelt.

Für die Trockner vom Typ KT-146 wurde im Mittel eine Abluftmenge von 975 Nm³/h (Normzustand 1.013 mbar und 0°C) ermittelt.

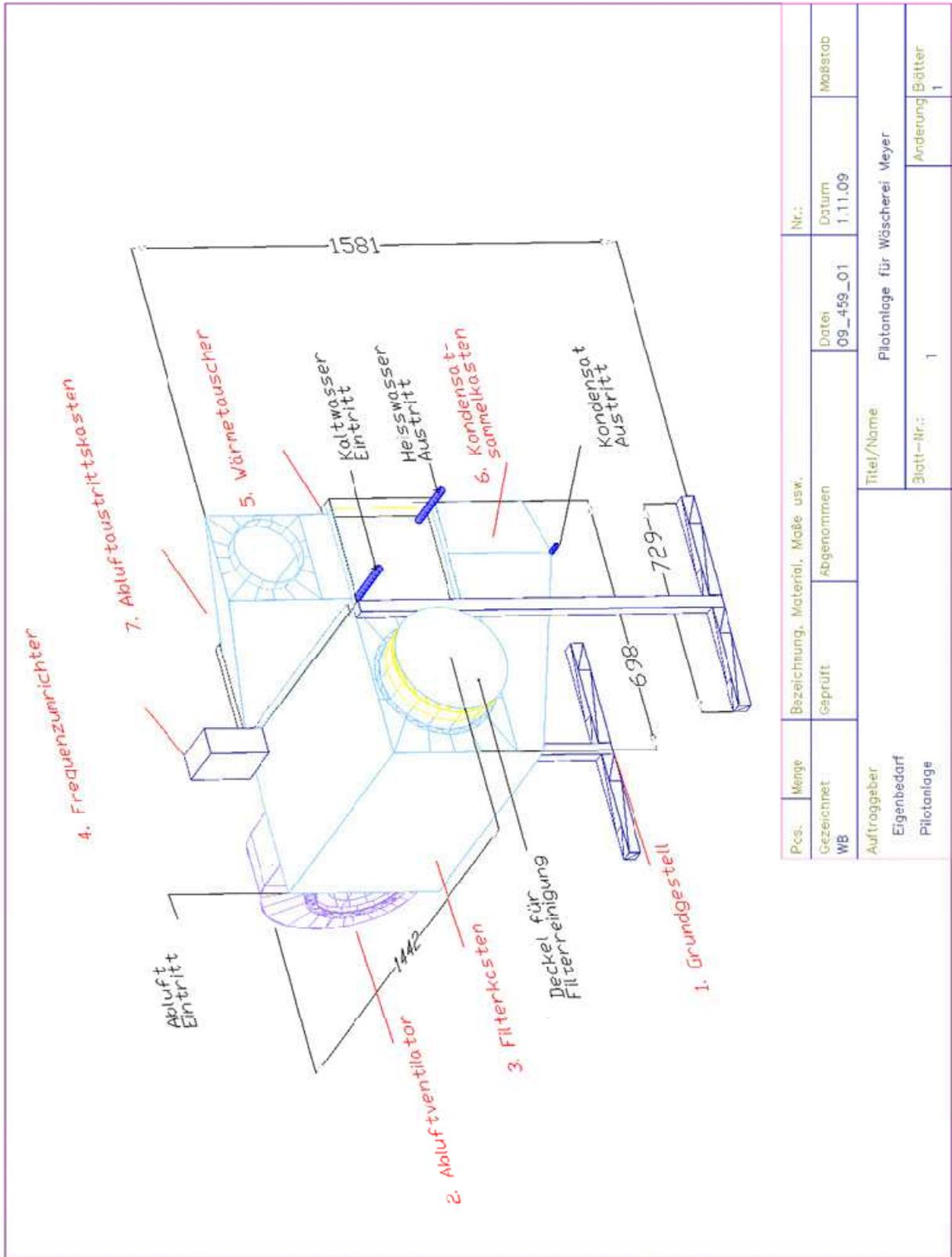
Für die Ablufttemperatur aller Trockner wurde ein Mittelwert von 80°C gemessen.

Um die die Funktionsfähigkeit des geplanten Anlagentyps vor dem Aufbau zu überprüfen, wurde zunächst eine Versuchsanlage gebaut. Mit dieser Anlage wurden Tests über mehrere Tage durchgeführt.

Die Pilotanlage für die Wäscherei Meyer in Bad Iburg ist auf Bild 2 Pilotanlage für Wäscherei Meyer dargestellt.

Sie besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

1. Grundgestell
2. Abluftventilator
3. Filterkasten mit Deckel für Filterreinigung
4. Frequenzumrichter
5. Wärmetauscher Abluft/Wasser
6. Kondensatsammelkasten
7. Abluftaustrittskasten



| | | | | |
|--------------|-------|----------------------------------|------------|-----------|
| Pcs. | Menge | Bezeichnung, Material, Maße usw. | | Nr.: |
| Gezeichnet | WB | Geprüft | Abgenommen | Datei |
| Auftraggeber | | Eigenbedarf | | 09_459_01 |
| Pilotanlage | | Pilotanlage für Wäscherei Meyer | | Datum |
| | | Blatt-Nr.: | | 1.11.09 |
| | | 1 | | Mabstab |
| | | | | Änderung |
| | | | | Bätter |
| | | | | 1 |

Bild 2: Pilotanlage für Wäscherei Meyer

Die Abluft wird vom Abluftventilator 1 angesaugt.

Die Drehzahl des Ventilators und somit auch seine Förderleistung ist über den Frequenzumrichter 4 einstellbar.

Die Abluft durchströmt nach dem Ventilator den Spezialfilter zur Abscheidung von Flusen und Staub. Der Filter befindet sich im Filterkasten 3.

Nach dem Filter strömt die Abluft in den Kondensatsammelkasten 6 und wird darin nach oben umgelenkt.

Die Durchströmung des Wärmetauschers 5 erfolgt von unten nach oben.

Bei der Durchströmung des Wärmetauschers kühlt sich die Abluft ab und es wird Kondensat abgeschieden, das in den Kondensatkasten tropft.

Die frei werdende Wärmeenergie nimmt das Wasser auf und erwärmt sich dabei.

Das erzeugte Heißwasser verlässt die Anlage am Heißwasseraustritt.

Das Kondensat verlässt die Anlage über den Kondensataustritt am Kondensatsammelkasten 6.

Mit einem nicht auf Bild 2 dargestellten Wärmemengenzähler wurden die Leitung und die in jedem Messzeitraum zurückgewonnene Wärme-

menge ermittelt. Die Wasserdurchströmung des Wärmetauschers wurde mit einer kleinen Pumpe und einem Mischventil eingestellt.

Im nächsten Schritt wurde untersucht, wie ein sinnvoller Einsatz der Abwärmeenergie im Betrieb möglich ist. Eine weitere Vorwärmung der Zuluft für die Trockner ist aus anlagentechnischen und konstruktiven Gründen nicht möglich. Zu warme und feuchte Luft kann nicht in den Brennraum des Gasbrenners eingebracht werden, dies würde zu Störungen im Verbrennungsprozess führen.

Nach der Erörterung verschiedener Möglichkeiten wurde entschieden, die Abwärme zur Vorwärmung des Waschwassers der Waschstraße und der Waschsleudermaschinen zu verwenden. Diese beiden Maschinentypen werden mit Direkt Dampf aus der zentralen Kesselanlage beheizt. Die Herstellung von HD-Dampf ist aufwendig und teuer. Da bei der Beheizung von Waschmaschinen kein Kondensat anfällt, welches als Speisewasser in den Kessel zurückgeführt werden kann, muss Frischwasser aufwendig aufbereitet werden, um die Verluste auszugleichen die durch die Direktbeheizung entstehen. Bei der Direktbeheizung wird der Dampf direkt in das Waschwasser eingeblasen und das Kondensat vermischt sich mit dem Waschwasser.

In Bild 3 sind die Ergebnisse der Vorversuche dargestellt. Die Messungen wurden in der Abluft eines Trockners vom Typ KT-146 durchgeführt. Einmal ist die mittlere Leistung einer Messung dargestellt. Diese Leistung beinhaltet sowohl die fühlbare Wärmeleistung durch Abkühlung der Abluft als auch die durch Kondensation des Wassers abgegebene Leistung. Weiterhin ist die mittlere berechnete fühlbare Leistung dargestellt. Jede Messung bzw. die Nummer einer Messung ist jeweils

einem kompletten Trocknungszyklus vom Start bis zum Cool Down zuzuordnen.

Die mittlere Ablufttemperatur während aller Messungen betrug 38°C. Die mittlere berechnete fühlbare Leistung betrug 14,75 kW. Die Abluftmenge, an dem bei den Messungen angeschlossenen Trockner, wurde bei den Staurohrmessungen mit 975 Nm³/h (Normzustand 1.013 mbar und 0°C) ermittelt. Wenn alle Trockner laufen, beträgt die Abluftmenge $4 \times 975 \text{ Nm}^3/\text{h} + 3 \times 1.350 \text{ Nm}^3/\text{h} = 7.950 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (4 Trockner Typ KT-146, 3 Trockner Typ TM 50). Wenn alle Trockner laufen beträgt die mittlere fühlbare Leistung somit $7.950/\text{Nm}^3/\text{h} \times 14,75 \text{ kW} = 120 \text{ kW}$. Da aber nicht immer alle Trockner laufen und auch mit Wärmeverlusten zu rechnen ist, wurden 100 kW für die Planung der Anlage angesetzt.

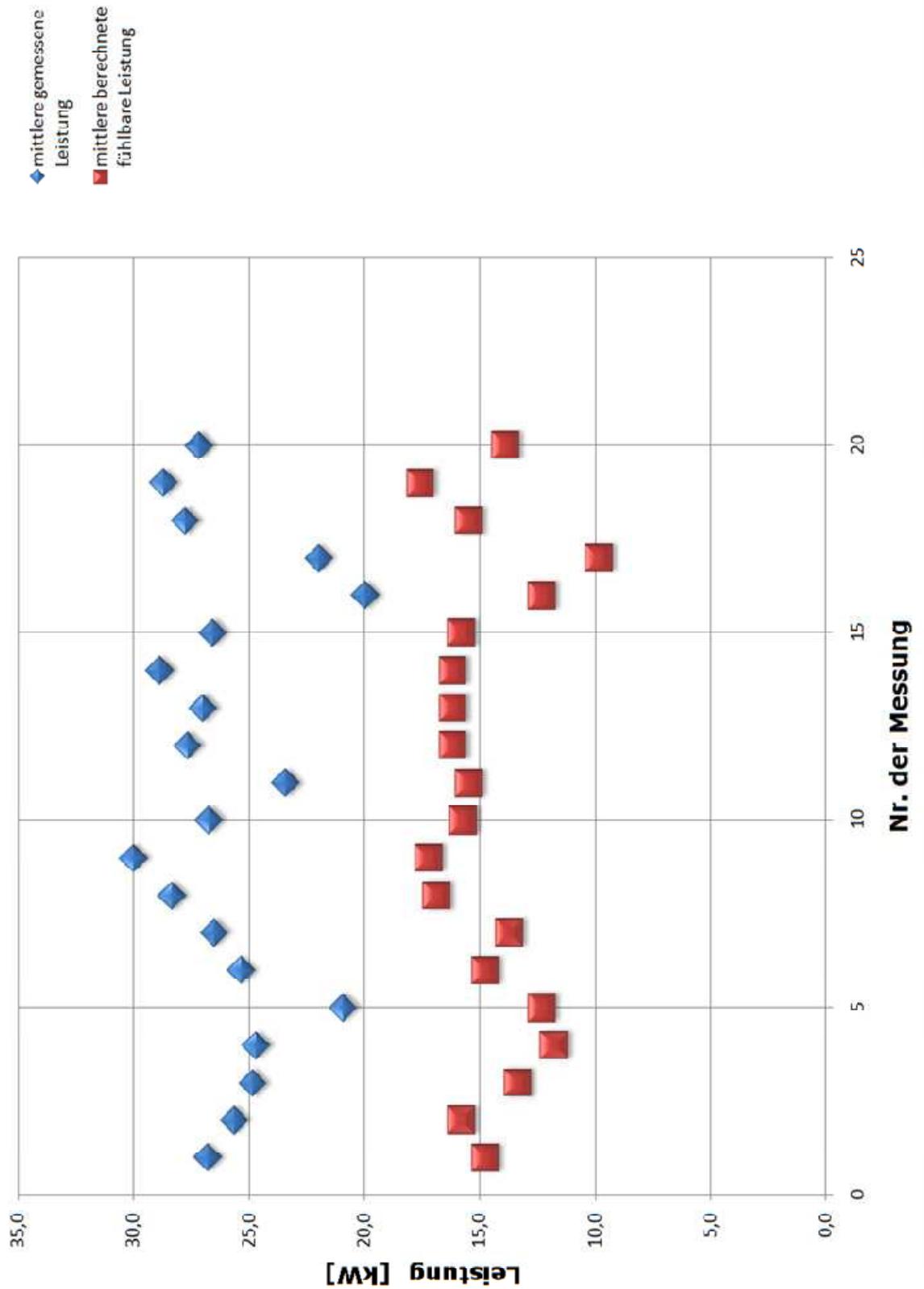


Bild 3 Ergebnisse der Vorversuche

In der Planung wurde nur die fühlbare Wärme berücksichtigt. Die latente Wärme, die bei der Kondensation von Wasser abgegeben wird, ist darin nicht enthalten. Der Grund dafür ist, dass die Abluft der Trockner in einem gemeinsamen Sammelkanal geleitet wird. Im Sammelkanal vermischen sich die einzelnen Abluftströme. Durch die unterschiedlichen Betriebszustände der Trockner vermischt sich feuchte Abluft mit Abluft ohne hohen Feuchtigkeitsgehalt, z.B. wenn sich ein Trockner im „Cool Down-Verfahren“ befindet.

Am Anfang des Trocknungsprozesses wird mehr Wasser verdampft als am Ende der Trocknung. Durch die Zusammenführung der Abluftströme in einem Sammelkanal werden diese Ströme vermischt und es entsteht ein Gemisch von feuchter und trockener Abluft.

Bei einem Cool Down wird dem Trockner nach der Trocknungsphase kalte Frischluft zugeführt. Dies bewirkt, dass das Trockengut langsam auf eine definierte Temperatur und auch die Abluft gleichzeitig abgekühlt wird.

Tatsächlich wurden beim Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage Leistungen zwischen 80 kW und 190 kW erreicht. Der Grund dafür liegt in den sehr unterschiedlichen Betriebsbedingungen der 7 Trockner. Im Betriebsverlauf ergeben sich sehr unterschiedliche Beladungsgewichte und unterschiedliche Programmlaufzeiten und -temperaturen. Es kommt auch vor, dass Trockner sich im Stillstand befinden. Aus diesem Grunde kommt es zu z.T. großen Schwankungen bei der Wärmerückgewinnung. Eine Veränderung dieses Zustandes lässt der Betriebsablauf nicht zu.

Die kombinierte Wärmerückgewinnungsanlage für die Trocknerabluft besteht aus einem Wärmetauscher zur Vorwärmung des Wassers für die Waschstrasse und einem zweiten Wärmetauscher zur Vorwärmung des Wassers für die Waschsleudermaschinen.

Die Versorgung der Waschstraße mit Warmwasser erfolgt neben der kombinierten Wärmerückgewinnung aus Trocknerabluft auch durch eine Abwasserwärmerückgewinnung. Die Abwasserwärmerückgewinnung erreichte zur Zeit der Anlagenplanung eine Wasservorwärmung von 40°C bei einer Menge von 5,5 m³/h. Der ursprünglich geplante Anlagenaufbau ist in Bild 4 dargestellt.

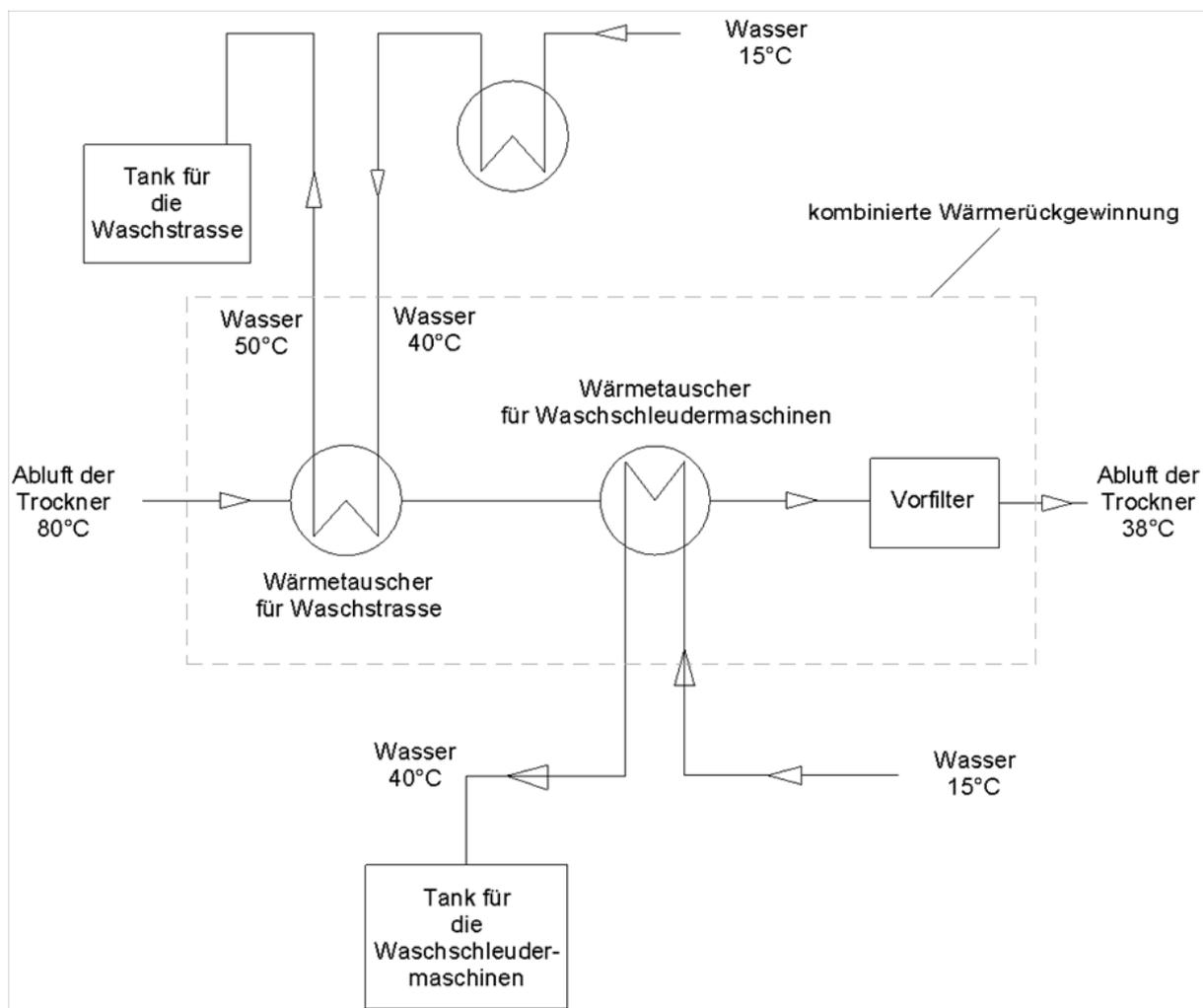


Bild 4 ursprünglich geplanter Anlagenaufbau und geplante Temperaturen

Im Zeitraum zwischen Planung und Inbetriebnahme der kombinierten Wärmerückgewinnung wurde der Wasserverbrauch der Waschstraße auf ca. 4 m³/h reduziert. Weiterhin stellte sich, bedingt durch den reduzierten Wasserverbrauch, eine höhere Austrittstemperatur ein. Die Vorwärmtemperatur durch die Abwasserwärmerückgewinnung betrug nicht 40°C sondern 50°C. Die nachfolgend durch die kombinierte Wärmerückgewinnung erreichte Vorwärmung des Wassers für die Waschstrasse erreichte 60°C und nicht wie geplant 50°C. Die höhere Wassertemperatur beeinträchtigte das Waschergebnis auf der Anlage nicht. Die maximalen Waschttemperaturen betragen, je nach Waschprogramm, 72°C. Es reduzierte sich die aus der Abluft der Trockner für die Wasservorwärmung der Waschstrasse verfügbare Nutzleistung. Die für die Wasservorwärmung der Waschsleudermaschinen verfügbare Leistung erhöhte sich, da der Wärmetauscher für die Warmwassererzeugung der Waschsleudermaschinen direkt nach dem Wärmetauscher für die Waschstrasse platziert ist. Dies hatte zur Folge, dass die Frischwassertemperaturen auf den Waschsleudermaschinen zu hoch waren, woraus waschtechnische Probleme wie z.B. Knitterbildung an Kittel entstanden. In Bild 5 sind der ursprünglich geplante Anlagenaufbau und die beim Betrieb erreichten Temperaturen dargestellt.

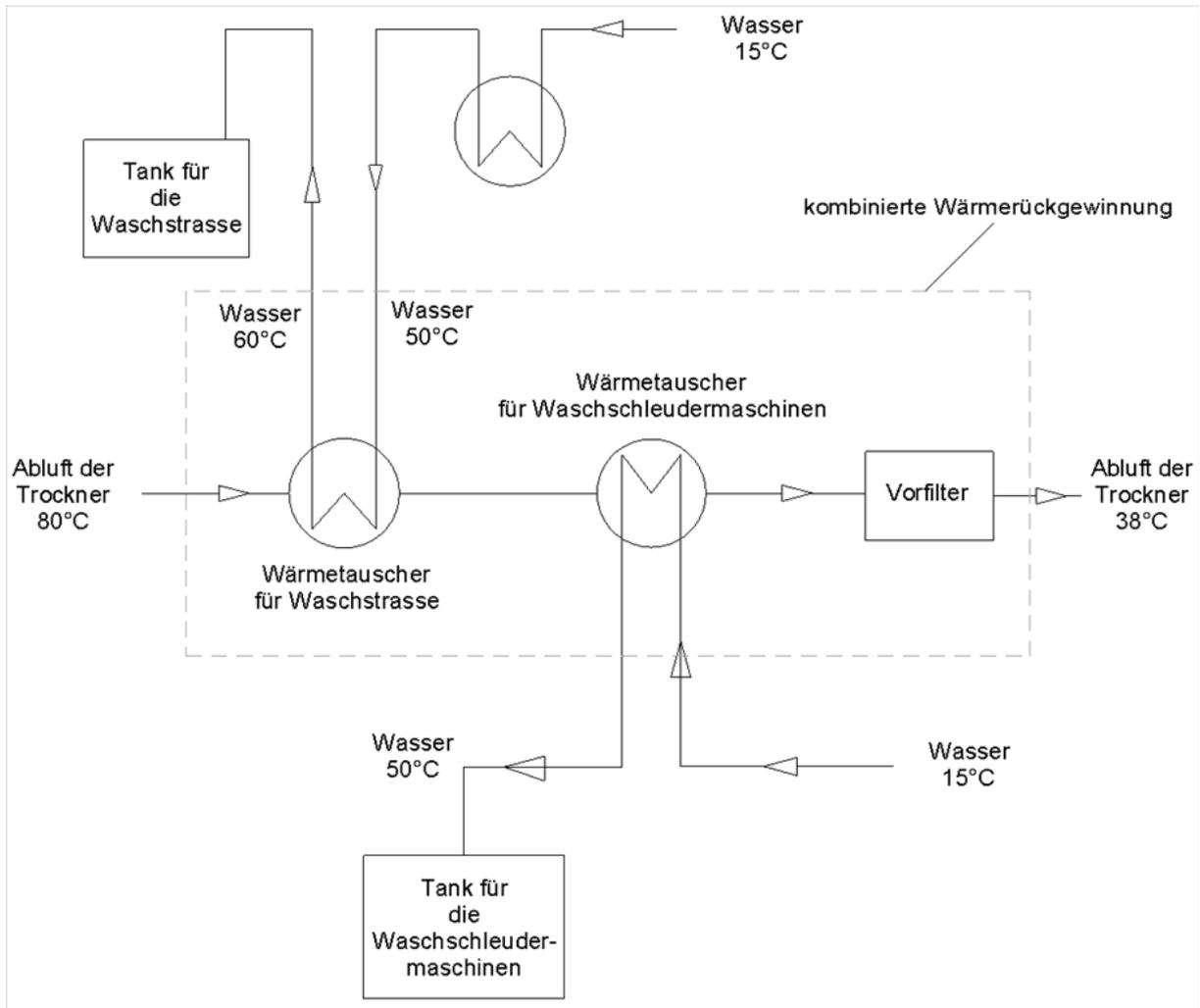


Bild 5 ursprünglich geplanter Anlagenaufbau
und beim Betrieb erreichten Temperaturen

Weiterhin stellte sich heraus, dass der Abwasserwärmetauscher nur einen Druck von maximal 2,5 bar aushält. Die Ursache dafür ist, dass der Wärmetauscher aus sehr dünnen rotierenden Blechscheiben besteht. Das kalte Frischwasser wird durch eine Achse, auf der sich hohle Blechscheiben befinden, geleitet. Der Rotor befindet sich in einem quaderförmigen Tank, in den an einem Ende das gesammelte heiße Abwasser eingeleitet wird und auf der gegenüberliegenden Seite, nachdem es an den rotierenden Scheiben vorbeigeströmt ist und seine Wärme abgegeben hat, in den Kanal abfließt. Durch die nach dem Abwasserwärme-

tauscher geschaltete kombinierte Wärmerückgewinnung konnte der Druck in dem Rotor des Tauschers, welcher aus sehr dünnen Blechscheiben besteht, ansteigen. Ein defekter Rotor kann nicht repariert werden, sondern muss komplett ausgetauscht werden. Der Rotorwechsel muss mit ca. 12.000,-- € veranschlagt werden.

Es wurde somit entschieden, dass die kombinierte Wärmerückgewinnung vor dem Abwasserwärmetauscher platziert wird. Der realisierte Anlagenaufbau ist in Bild 5 dargestellt.

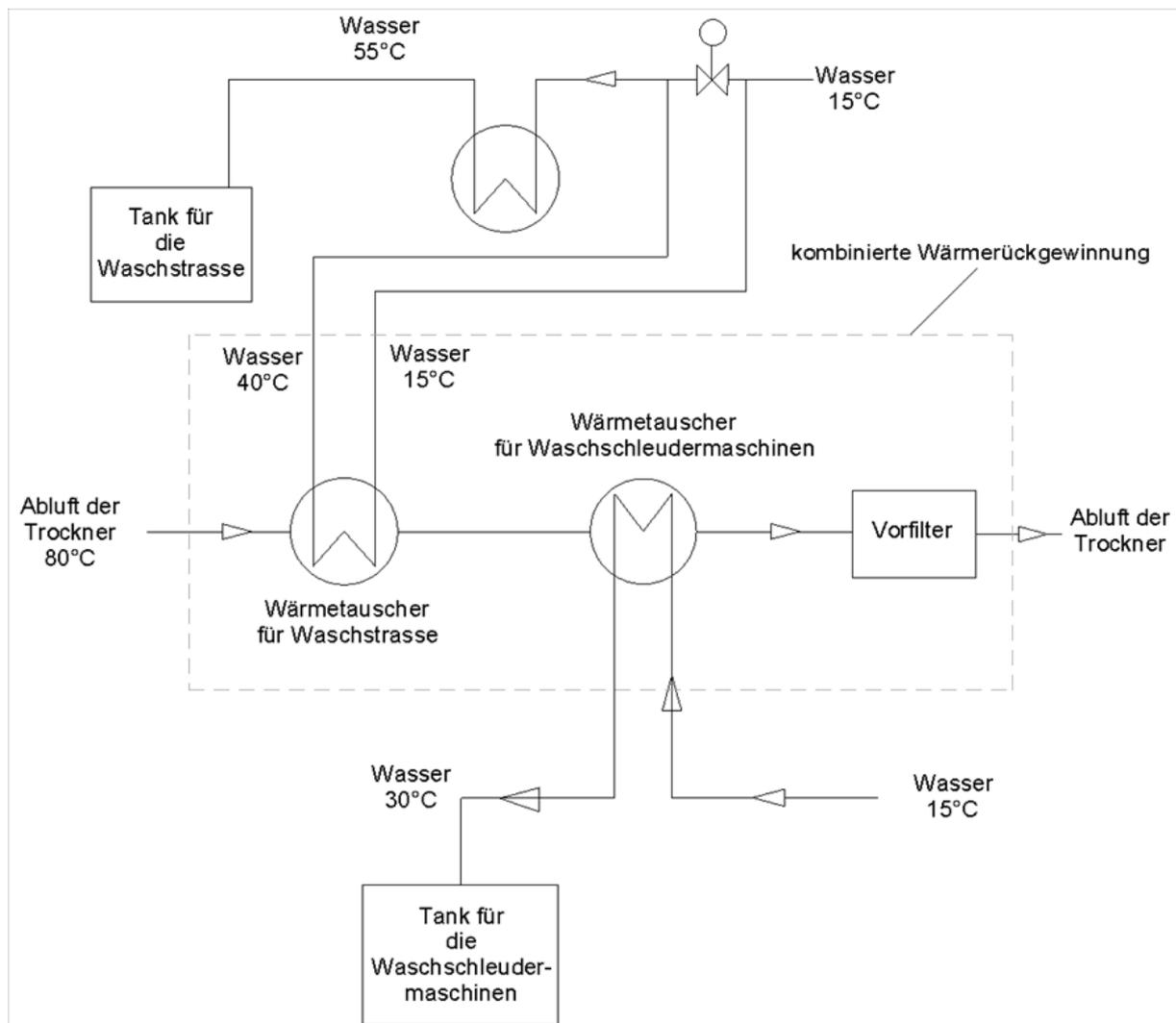


Bild 6 Realisierter Anlagenaufbau mit beispielhaften Temperaturen

Da nun beide Wärmetauscher der kombinierten Wärmerückgewinnung mit kaltem Wasser beaufschlagt werden, wird aus der Abluft der Trockner mehr Wärme zurückgewonnen als bei Beaufschlagung mit warmem Wasser. Weiterhin sinkt die durch die kombinierte Wärmerückgewinnung erreichte Wasservorwärmung für die Waschsleudermaschinen, wodurch die Knitterbildung vermieden wird. Die nach dem Umbau der Anlage erzielten Leistungen liegen für die Waschstrasse je nach Wäschemenge und Anzahl der in Betrieb befindlichen Trockner bei max. 170 kW und die für die Waschsleudermaschinen erreichbare Leistung liegt bei max. 20 kW. Die Wasservorwärmung für die Waschstrasse liegt nach dem Umbau bei ca. 55°C. Dies hat zur Folge, dass die Dampfventile der Waschstrasse deutlich weniger Dampf nachspeisen müssen.

Durch die anlagentechnischen Änderungen werden an beiden Wärmetauschern der kombinierten Wärmerückgewinnung große Mengen an Kondensat abgegeben. Das System zur Kondensatableitung musste dafür umgebaut und angepasst werden.

Ursprünglich war die Anlage nur mit einem Kondensatabscheider für das vom Wärmetauscher für die Waschsleudermaschinen ablaufende Kondensat ausgerüstet. Der Wärmetauscher für die Waschstraße hatte keinen Kondensatabscheider. Um die teilweise hohen Kondensatmengen abzuführen, wurde an der Wanne unter dem Wärmetauscher ein Kondensatablauf mit Siphon angeschlossen.

Die Qualität des abgeschiedenen Kondensates ist jedoch schlecht, da neben dem auskondensierten Wasser auch silikonartige schmierige Stoffe und andere im Wasser gelöste Stoffe abgeschieden werden. Das

Kondensat kann dem Waschprozess somit nicht wieder zugeführt werden.

Die schmierigen Stoffe und die Flusen produzieren im Filter, der den Wärmetauschern vorgeschaltet ist Druckverlust erhöhungen, wodurch die Luftförderkosten und die Stromaufnahme des Ventilators ansteigen. Bei dem Filter handelt es sich um einen sehr temperatur- und chemiebeständigen monofilamenten Gewebefilter. Der Filter ist waschbar. Nach dem Waschen wird der Ursprungszustand des Filters wieder erreicht. Der Druckverlust geht auf den des Neuzustandes zurück, woraus zu schließen ist, dass die silikonartigen Stoffe komplett ausgewaschen werden. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um verdampfte Waschmittelreste, sowie um Textilfasern. Um den Druckverlust zu verringern, wurde ein neuer optimierter Filter gegen den alten Filter getauscht. Der neue Filter wird ein Mal pro Woche mit einem Handbesen gereinigt. Dabei wird zwar nicht der Neuzustand erreicht, aber es sammeln sich keine irreversiblen Reste der silikonartigen Stoffe im Filtergewebe, so dass die Anlage montags immer mit demselben spezifischen Druckverlust startet und bei Bedarf leicht gereinigt werden kann.

In Bild 7 und Bild 8 sind die Bilanzen der Energieströme vor der Installation der kombinierten Wärmerückgewinnung (Bild 7) und nach der Installation (Bild 8) aufgeführt. Die Energiezufuhr ist durch Pfeile die in den Bilanzraum zeigen markiert und die Werte sind in der Farbe blau hervorgehoben. Die Energieabfuhr ist durch Pfeile die aus dem Bilanzraum zeigen markiert und die Werte sind in der Farbe grün hervorgehoben. Jeder Energiestrom ist durch die Grafik der entsprechenden Produktions- oder Verbrauchskomponente der Wäscherei zugeordnet.

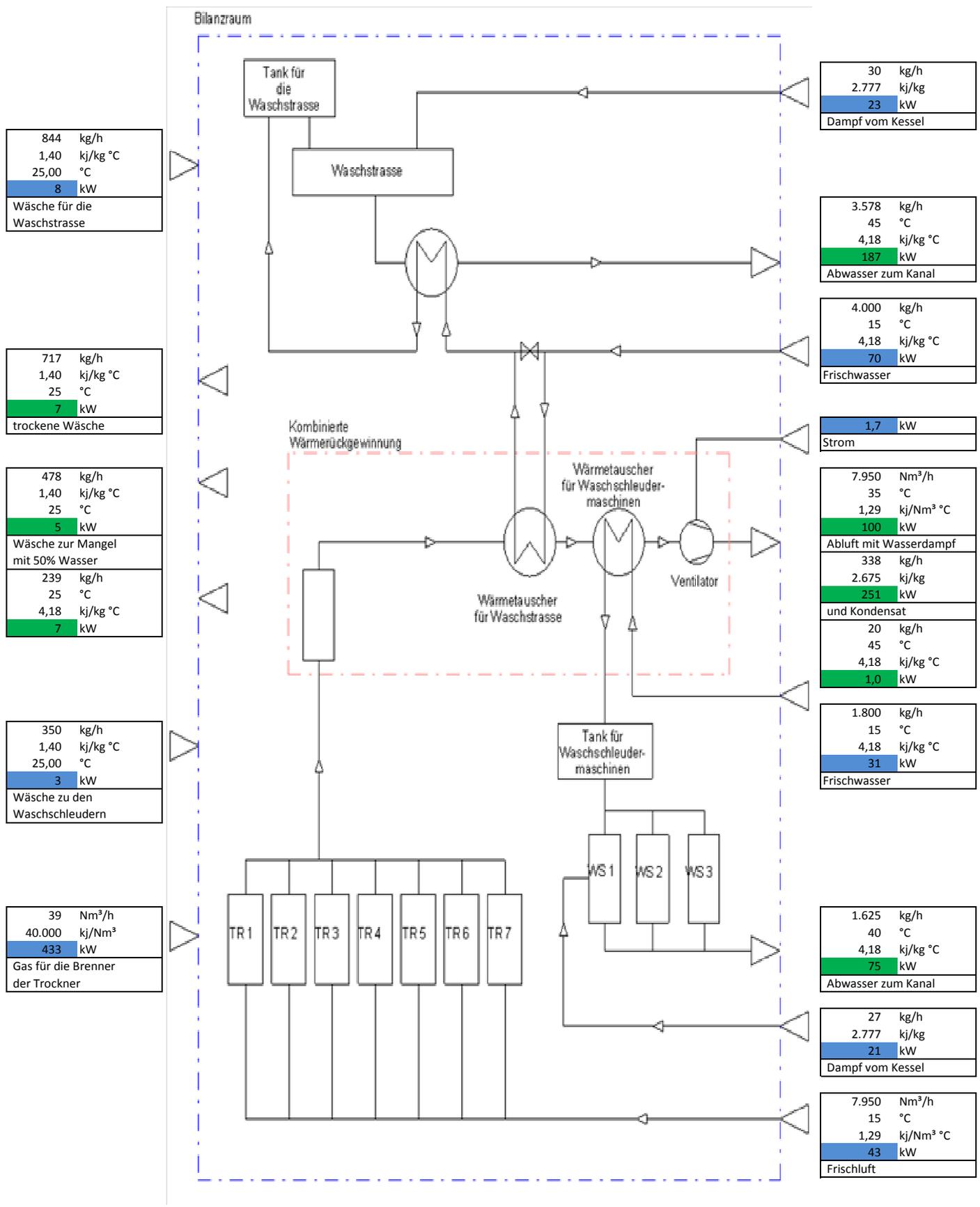


Bild 8 Bilanz der Energieströme nach Einbau der kombinierter Wärmerückgewinnung

| | |
|---------------|---------------|
| Energiezufuhr | 634 kW |
| Energieabfuhr | 633 kW |

Weiterhin ist auf den Blättern 7 und 8 jeweils die Summe aller zugeführten Energieströme und die Summe aller abgeführten Energieströme aufgezeigt.

Es ist zu erkennen, dass vor der Installation der kombinierten Wärmerückgewinnung eine Energiezufuhr von 794 kW erforderlich war. Nach der Installation reduzierte sich der Energiebedarf auf 634 kW. Aus den Bildern 7 ist erkennbar, dass mit der 80° warmen Abluft zum einen die fühlbare Energie in Höhe von 228 kW abgeführt wird und zum anderen die latente Energie in Höhe von 266 kW. Die Latente Energie in der Abluft beschreibt das Kondensationspotential des ausgetragenen Wasserdampfes. In Bild 8 sind die Energieströme für Luft Wasserdampf und Kondensat aufgeführt. Die Menge des Wasserdampfes reduziert sich um die Menge des abgeschiedenen Kondensates. Die in der Trocknerabluft ausgetragene Energiemenge reduziert sich um 142 kW. Die notwendige Energiezufuhr in Form von Satttdampf reduziert sich von 180 kW vor der Installation der Anlage um 136 kW auf 44 kW nach der Installation. Bei einem Wirkungsgrad von 90% der mit Economiser betriebenen Kesselanlage werden somit pro Stunde 151 kWh (Hu) Erdgas eingespart. Dies entspricht etwa 15 m³/h Erdgas. In Summe werden auf Basis der tatsächlichen Betriebsverhältnisse etwa 100 m³ Erdgas pro Tag eingespart.

In Tabelle 1 ist die Berechnung von Wärmerückgewinnung und Energieeinsparung aufgeführt. Die in der Wäscherei Meyer betriebene kombinierte Wärmerückgewinnungsanlage bewirkt an jedem Produktionstag eine Erdgasverbrauchsreduzierung von etwa 100 m³.

Bei 255 Produktionstagen pro Jahr und einem Preis von 0,49 €/m³ entspricht das 12.500,-- € pro Jahr. Die Leistungsaufnahme des Gebläses beträgt im Mittel 1,7 kW (*dies entspricht 5,1 kW Primärenergie (*)*) . Bei einer Laufzeit von 2.300 Std pro Jahr und 12 Cent/kWh er rechnen sich Stromförderkosten in Höhe von 470,-- €. Für die manuelle Filterreinigung muss pro Woche ¼ Stunde Arbeitszeit gerechnet werden. Bei einem Stundensatz von 35,-- €/Std und 52 Arbeitswochen pro Jahr sind dafür Kosten in Höhe von 455,-- € zu veranschlagen. Insgesamt beträgt die Einsparung pro Jahr etwa 11.600,-- €.

(*) Angabe des Bundes der Energieverbraucher

Berechnung von Wärmerückgewinnung und Einsparung

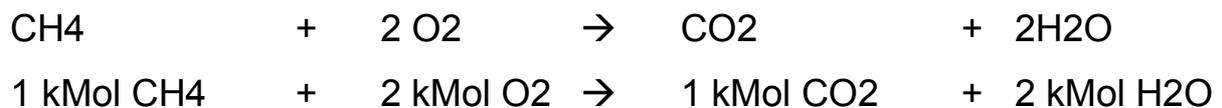
| | | |
|---|---------------|-----------------------------|
| LAUFZEIT | 2,0 | Schichten / Tag |
| | 6,5 | Std / Schicht |
| | 9,0 | Std / Tag |
| | 5,0 | Tage / Woche |
| | 51,0 | Wochen / Jahr |
| | 255 | Tage / Jahr |
| | 2.295 | Std / Jahr |
| ABLUFT | | |
| mittlere Eintrittstemperatur | 80,0 | °C |
| mittlere Austrittstemperatur | 38,0 | °C |
| mittlerer Druckverlust | 450 | Pa |
| mittlere Gebläseleistung ca. | 1,7 | kW |
| WÄRMERÜCKGEWINNUNG | | |
| mittlere Rückgewinnungsleistung | 100 | kW |
| Nutzwärmeertrag der Wärmerückgewinnung | 900 | kWh / Tag |
| | 229.500 | kWh / Jahr |
| Nutzwärmeausbeute pro m ³ Erdgas (Nutzungsgrad Kesselanlage 90%) | 9 | kWh / m ³ |
| Gaseinsparung ca. | 100 | m³ / Tag |
| | 25.500 | m³ / Jahr |
| Gaspreis | 0,49 | € / m ³ |
| Strompreis | 12,0 | Cent / kWh |
| Luftförderkosten | 470 | € / Jahr |
| Filterreinigung | 455 | € / Jahr |
| EINSPARUNG ca. | 11.600 | € / Jahr |

Tabelle 1: Berechnung von Wärmerückgewinnung und Einsparung

Die Reduzierung der CO₂-Emission beträgt 50 Tonnen oder 50.000 kg pro Jahr.

Berechnungsgrundlage der CO₂ Einsparung:

Erdgas besteht im Wesentlichen aus CH₄ (Methan) somit kann vereinfachend berechnet werden:



Daraus folgt, dass aus 1 kMol CH₄ 1 kMol CO₂ entsteht.

Mit den Molmassen für CH₄ von 16 kg/kMol und CO₂ von 44 kg/kMol folgt, dass aus 16 kg CH₄ 44 kg CO₂ entstehen.

Die Normdichte von CH₄ ist 0,717 kg/m³ woraus resultiert, dass aus 22,3 m³ CH₄ 44 kg CO₂ entstehen oder aus 25.500 m³ CH₄(Erdgas) ca. 50.000 kg CO₂.

Die Reduzierung des Erdgasverbrauches beträgt 25.500 m³ pro Jahr oder 255.000 kWh.

Entsprechend Tabelle 3 ist die nachträgliche Modernisierung von Fassade, Dach, Fenster, Keller und Heizung eines freistehenden Einfamilienhauses mit 150 m² Wohnfläche mit 75.000,-- € zu veranschlagen. Dabei werden pro Jahr jedoch nur etwa 2.125,-- € eingespart.

Wenn Sie Eigentümer eines Wohnhauses (Bj 1970 und ca. 150 qm) sind und Sie eine ökologische und attraktive Komplettanierung zum KfW Effizienzhaus wünschen, kann Ihnen das mit dem KfW-Förderprogramm schon mit unglaublichen EUR 85,- im Monat gelingen. Dabei schenkt Ihnen die KfW-Bank einen satten Zuschuss von max. EUR 7.500, als Dankeschön für Ihr Vertrauen. Und So geht's:

| | | |
|--|------------------|-----------------|
| 1. Altes Wohnhaus (Einfamilienhaus, ca.150 m² bis Baujahr 1970) | | |
| Energiekosten / Öl oder Gas | 2.700€ | |
| Wartung | 300€ | |
| Schornsteinfeger | 100€ | |
| Verdeckte Kosten (z.B: Strom, Heizungspumpe) | 75€ | |
| Jährliche Kosten durch überholte Technologie | | 3.175€ |
| 2. Kosten für Komplettanierung des Wohnhauses | | |
| Fassade | 25.000€ | |
| Dach | 20.000€ | |
| Fenster | 10.000€ | |
| Kellerdecke (Dämmung) | 3.000€ | |
| Heizung (Wärmepumpe) | 17.000€ | |
| Gesamtaufwand | | 75.000€ |
| 3. Saniertes Wohnhaus (wertgesteigert und volleffizient) | | |
| Stromkosten der neuen Wärmepumpe (Wohnfläche 150m ² x 50KW x 0,14€/KWh) | 0,14€/KWh | |
| Jährliche Kosten | | 1.050€ |
| 4. Einsparungsaufwand | monatlich | jährlich |
| monatlicher Abtrag der Darlehens-Summe (75.000 Euro) für die Komplettanierung,gefördert mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren" | 262€ | 3.144€ |
| Sanierungspersparnis (abzüglich vom Darlehens-Abtrag) | 177€ | 2.125€ |
| Tatsächlicher Aufwand | 85€ | 1.020€ |
| 5. Sanierungszuschuss | | einmalig |
| Den Zuschuss (10% vom Sanierungsdarlehen) erhalten Sie zusätzlich. Somit können Sie sich noch traumhafte Sonderwünsche erfüllen. | | 7.500€ |

*maximale Förderhöhe aus dem KfW-Effizienzhaus 100 Programm, Zinssatz + Tilgung lt. KfW Programm vom Mai 2009 ggf. Anpassung an lfd. Zinssätze, 1. Jahr tilgungsfrei, 10 Jahre Zinsbindung
 Beim genannten Beispiel wurde ein Öl- oder Gaspreis von ca. 0,75 Cent/Liter Heizöl oder m³ Gas angenommen
 Dies ist ein Berechnungsbeispiel. Änderungen vorbehalten.

Tabelle 3 nachträgliche Modernisierung von Fassade, Dach, Fenster, Keller und Heizung eines freistehenden Einfamilienhauses mit 150 m² Wohnfläche

Quelle

<http://www.immobilienscout24.de/de/umbau/energieeffizienz/energiesparen/rechner/sanierungsberechnung.jsp>

Insgesamt kann gesagt werden, dass die Investition in eine kombinierte Wärmerückgewinnung sowohl ökologisch als auch ökonomisch lohnend und sinnvoll ist, um die knapper werdenden Ressourcen zu schonen.

Nachdem die Anlage sich in Betrieb befindet, wurde sie bereits mehreren Interessenten detailliert erklärt und vorgeführt.

Nach Abschluss des Projektes ist geplant, die Anlage in der Wäschereifachpresse und der örtlichen Presse vorzustellen.

5. Fazit

Hinsichtlich der Steigerung der Energieeffizienz in Wäschereien, haben sich in den letzten Jahren eine Reihe von Maßnahmen und Produkten etabliert um den Energieverbrauch zu reduzieren.

Je geringer der Verbrauch an Medien wie z.B. Gas, Strom, Wasser und Dampf in einer Wäscherei ist, umso schwieriger wird es diesen noch weiter zu reduzieren.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die kombinierte Wärmerückgewinnung in Wäschereien mit bereits hoher Energieeffizienz unter folgenden Bedingungen gut eingesetzt werden kann:

- Die Wasservorwärmung des Abwasserwärmetauschers liegt unter 40°C.
- Es ist ausreichend heiße Abluft aus Wäschetrocknern vorhanden.
- Die Wäschetrockner können nicht mit einer Wärmerückgewinnung auf Basis von Trocknerzuluftvorwärmung ausgestattet werden.
- Die Wasserzufuhr zur Waschstrasse und zur Waschschleudermaschine ist kontinuierlich.
- Die Waschschleudermaschinen können energetisch sinnvoll und waschtechnisch mögliche Wasservorwärmtemperaturen von 40°C verwenden.

- Die Waschstrasse kann energetisch sinnvoll und waschtechnisch möglich Wasservorwärmtemperaturen von 55°C verwenden.
- Es ist noch eine freie Stellfläche von 16m² für die Anlage vorhanden. Im Idealfall ist diese Stellfläche in der Nähe der Trockner vorhanden. Dadurch kann die viel Raum in Anspruch nehmende Abluftleitungsinstallation minimiert werden.