



Schlussbericht vom 09.08.2021

Trockner- Elektrofilter – System zur Energieeffizienzsteigerung und Staubabscheidung für Holzfeuerungen mit nassem Brennstoff



Quelle: OekoSolve



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

OekoSolve

Datum: 25.10.2020

Ort: Bern

Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Subventionsempfänger/innen:

Subventionsempfängerin:

OekoSolve AG
Schmelziweg 2
889 Plons-Mels SG
www.oekosolve.ch

BeroCAD

c/o Administration communale, rue de la Gare 4, 2024 St-Aubin-Sauges

Autor/in:

Trpimir Brzovic
Michel Revaz

trpimir.brzovic@oekosolve.ch
michel.revaz@oekosolve.ch

BFE-Programmleitung: Men Wirz, men.wirz@bfe.admin.ch

BFE-Projektbegleitung: Sandra Hermle, sandra.hermle@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/501558-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Zusammenfassung

Der Trockner-Elektrofilter kombiniert Wärmerückgewinnung und Feinstaubfilter in einem System. Mit der Rückführung der Kesselabgase wird das Hackgut vorgetrocknet und führt somit zu einer Brennstoffeinsparung. Gleichzeitig werden durch einen nachgeschalteten Elektrofilter die Feinstaubemissionen unter den gesetzlichen Grenzwert reduziert, sodass die Anlage LRV-konform betrieben werden kann und die Umwelt geschont wird.

Die erste Anlage wurde in St. Aubin/NE realisiert. In der neuen Heizzentrale des Fernwärmenetzes BeroCAD sind zwei Kesselanlagen mit einer Gesamtleistung von 4 MW installiert und mit einem Trockner-Elektrofilter ausgerüstet.

Ziele des Projekts waren, die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte, Funktion des Trockner-Elektrofilters bei jeder Kesselast und dass durch die Trocknung rund 10% Brennstoff eingespart wird.

Der bestehende Wärmeverbund wurde bereits im Jahr 2016 mit einem reinen Brandtrockner für einen 2 MW-Kessel ausgerüstet. Dieser Prototyp wurde 2017 mit einem Elektrofilter nachgerüstet und diente somit als Basis für den neu entwickelten Trockner-Elektrofilter, welcher im Rahmen des Ausbaus des Wärmeverbunds entwickelt und installiert wurde.

Nach der Montage und Inbetriebnahme des Trockner-Elektrofilters im Jahr 2018, fand im Rahmen des Projekts im Jahr 2019-2020 das Monitoring statt. Aus diesen Erkenntnissen wurden Optimierungsarbeiten an Mechanik, Brennstoffmanagement und Software abgeleitet. Zum einen konnte dadurch die Zuverlässigkeit des Brennstofftransports optimiert werden und zum anderen wurden Erfahrungen gesammelt, um den Wartungsplan zu gestalten.

Im Jahr 2021 konnte die Einhaltung der Grenzwerte für Staub und CO nach der Luftreinhalteverordnung offiziell nachgewiesen werden.

Der Trocknungseffekt wurde sowohl in der Winter- und Sommersaison evaluiert. Im Sommer 2019 war der Durchschnittswassergehalt vor dem Trockner bei 30.6%, nach dem Trockner bei 6.9%. Im Winter war der Durchschnittswassergehalt vor dem Trockner bei 38.6%, nach dem Trockner bei 19.8%.

Durch die Trocknung kann eine Brennstoffeinsparung von durchschnittlich 8% erzielt werden. Aufgrund der niedrigen Auslastung des Wärmeverbundes von 6'650 MWh in der Heizperiode 2018/19 ist der Betrieb des Trockner-Elektrofilters allerdings mit einem Defizit von 4'706 CHF auszuweisen. Im Jahr 2020/21 sollte die kritische Energiemenge von 9'044 MWh erreicht werden, damit der Trockner-Elektrofilter kostenneutral betrieben werden kann. Durch den weiteren geplanten Ausbau des Wärmeverbunds wird der Wärmebedarf bis im Jahr 2024/25 auf voraussichtlich 16'400 MWh steigen und es wird mit einem Ertrag von rund 14'000 CHF/a gerechnet werden.



Résumé

Le sécheur-électrofiltre combine dans un seul système la récupération de chaleur et le traitement des gaz de fumée. L'énergie contenue dans les gaz effluents est directement récupérée par le processus de séchage du combustible humide. La nouveauté consiste à faire passer les gaz effluents directement à travers la couche de combustible se trouvant sur la bande de séchage. Ce processus de préséchage permet d'économiser du combustible. Après avoir passé la couche de combustible, les gaz effluents, qui se sont refroidis et sont au-dessous du point de rosée, traversent l'électrofiltre. Les poussières fines y sont précipitées, ce qui permet de respecter les taux d'émission exigés par l'Ordonnance sur la protection de l'air OPair.

Ce système a été installé à St Aubin/NE dans la nouvelle centrale de chauffage du réseau de chaleur à distance BeroCAD. La puissance installée est de 4 MW. Deux chaudières de 2 MW sont alimentées en combustible préséché par le sécheur-électrofiltre.

Les objectifs du projet étaient d'une part d'atteindre un niveau d'émission en dessous des normes quelle que soit la charge des chaudières et d'économiser 10% de combustible grâce au préséchage de celui-ci.

Le gestionnaire du réseau de chaleur à distance avait déjà équipé en 2016 l'ancienne chaudière de 2 MW avec un sécheur à bande. En 2017, ce prototype avait été équipé d'un électrofiltre. Cette installation a constitué la base pour le développement du nouveau sécheur-électrofiltre. Il a été installé dans la nouvelle chaufferie du réseau de chaleur à distance BeroCAD :

Après le montage et la mise en service du sécheur-électrofiltre en 2018, une campagne de monitoring a été conduite dans le cadre du projet sur les années 2019 et 2020. Les retours d'expériences ont permis d'optimiser les composantes mécaniques, la gestion du transport du combustible et le logiciel ainsi que de finaliser le plan de maintenance.

En 2021, les mesures officielles d'émission ont été effectuées et les limites de l'OPair ont été respectées (poussières fines et CO).

Le taux de séchage du combustible a été évalué pendant les périodes estivales et hivernales. En été 2019, le taux d'humidité en entrée de sécheur était de 30.6% et en sortie de 6.9%. En hiver, ces taux étaient de 38.6% et de 19.8%.

Les taux de séchage observés conduisent à une économie de 8% de combustible. Du fait que le réseau de chaleur n'est pas encore à son extension maximale et donc que la puissance installée n'est pas utilisée complètement (6'650 MWh pour la saison de chauffe 2018/19), le déficit lié au sécheur-électrofiltre pour cette période est de 4'706 CHF. Pour 2020/2021, la demande en énergie devrait atteindre 9'044 MWh, ce qui rendra l'installation neutre au niveau des coûts. À partir de 2024/2025, l'énergie mise à disposition pour le réseau de chaleur à distance devrait atteindre 16'400 MWh, avec un rendement de 14'000 CHF/a.



Summary

The dryer-electrostatic precipitator combines heat recovery and flue gas treatment in a single system. The energy contained in the flue gases is directly recovered by the drying process of the wet wood chips. What is new is that the flue gas is passed directly through the wood chips layer on the drying belt. This pre-drying process saves combustible. After passing through the wet wood chips layer, the flue gases, which have cooled to below the dew point, pass through the precipitator. The fine dust is precipitated here, thus ensuring that the emission levels required by the Air Pollution Control Ordinance (OAPC) are met.

This system was installed in St Aubin/NE in the new heating plant of the BeroCAD municipality heating network. The installed capacity is 4 MW. Two 2 MW boilers are fuelled with wood chips pre-dried by the electrostatic precipitator dryer.

The objectives of the project were on the one hand to reach a below standard emission level whatever the load of the boilers and on the other hand to save 10% of combustible thanks to the pre-drying of the fuel.

By 2016, the heating network operator had already equipped the old 2 MW boiler with a belt dryer. In 2017, this prototype had been equipped with an electrostatic precipitator. This installation formed the basis for the development of the new dryer-precipitator. It was installed in the new boiler room of the BeroCAD heating network:

After the installation and commissioning of the dryer-precipitator in 2018, a monitoring campaign was carried out as part of the project for the years 2019 and 2020. Feedback from this campaign has made it possible to optimise the mechanical components, the management of fuel transport and the software, as well as to finalise the maintenance plan.

The fuel drying rate was evaluated during the summer and winter periods. In the summer of 2019, the moisture content at the dryer inlet was 30.6% and at the dryer outlet was 6.9%. In winter, these rates were 38.6% and 19.8%.

In 2021, compliance with the limit values for dust and CO according to the air pollution regulation (Air Pollution Control Ordinance OAPC) could be officially proven.

The observed drying rates lead to a combustible saving of 8%. Since the heating network is not yet at its maximum extension and therefore the installed capacity is not fully utilised (6,650 MWh for the 2018/19 heating season), the deficit related to the dryer-electrostatic precipitator for this period is CHF 4,706. For 2020/2021, the energy demand is expected to reach 9'044 MWh, which will make the installation cost-neutral. From 2024/2025, the energy available for the heating network is expected to reach 16,400 MWh, with an efficiency of CHF 14,000 per year.



Take-home messages

- Neuartige Kombination von Brennstofftrockner und Elektrofilter
- Innovativer Ansatz der Brennstofftrocknung direkt durch das Abgas
- Reduktion des Wassergehalts im Brennstoff um durchschnittlich 21%
- Brennstoffeinsparung von durchschnittlich 8%
- Im weiteren Ausbau des Wärmeverbunds ist mit 10% Brennstoffeinsparung zu rechnen
- Anlage erfüllt die Anforderungen der LRV mit Staubwerten unter 20mg/Nm³ bei 11% O₂.
- Bekannte und bewährte Technologien werden kombiniert
- Anlage kann bei geplantem Ausbau des Wärmeverbunds wirtschaftlich betrieben werden



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	4
Summary	5
Take-home messages	6
Inhaltsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1 Einleitung	12
1.1 Projektentstehung	12
1.2 Eckdaten	12
1.3 Motivation	12
1.4 Projektziele	13
2 Anlagenbeschrieb	14
2.1 Wärmeverbund BeroCAD, St. Aubin	14
2.2 Funktionsprinzip	15
2.3 Komponenten	18
2.3.1 Sensorik Brennstofftransport	18
2.3.2 Dosierschnecke	19
2.3.3 Trocknungsband	19
2.3.4 Schubboden	20
2.3.5 Austragungs- und Transportschnecken	20
2.3.6 Elektrofilter	20
2.3.7 Abgasventilator	20
2.3.8 Rezirkulationsventilator	20
2.3.9 Temperatursonden	20
2.3.10 Relativ- und Differenzdruckschalter	20
3 Vorgehen und Methoden	21
3.1 Konstruktion	21
3.2 Software und Steuerung	21
3.3 Fluidik	21
3.4 Sensortechnik	22
3.5 Elektrofilter	22
3.6 Monitoring	22
3.6.1 Betriebsgrössen	23



3.6.2	Fehlermeldungen	23
3.6.3	Brennstofftrocknung	23
3.6.4	Elektrofilter.....	24
4	Ergebnisse und Diskussion	26
4.1	Konstruktive Ergebnisse	26
4.1.1	Beschickung des Brennstoffes auf dem Band	26
4.1.2	Bandantrieb	26
4.1.3	Reinigung des Bandes	27
4.1.4	Zentrierung des Bandes	29
4.1.5	Schubboden	29
4.1.6	Austragungsschnecke	30
4.1.7	Transportschnecke	30
4.1.8	Sensorik.....	30
4.2	Ergebnisse Abgasfluss	30
4.2.1	Verteilung der Abgase im Trockner-Elektrofilter	30
4.2.2	Abgasventilator	30
4.2.3	Rezirkulationsventilator	30
4.3	Elektrofilter.....	30
4.3.1	Funktion.....	30
4.3.2	Feinstaubmessungen	31
4.4	Trocknungsergebnisse und Wirtschaftlichkeit	34
4.4.1	Trocknungsergebnisse zwischen Januar 2019 und März 2020	34
4.4.2	Brennstoffeinsparung im Winter	35
4.4.3	Brennstoffeinsparung im Sommer (Trocknung von W30 auf W7)	36
4.4.4	Quantifizierung der Brennstoffeinsparung.....	38
4.4.5	Investitionsvergleich Trockner-Elektrofilter gegenüber Elektrofilter	39
5	Schlussfolgerungen und Fazit	42
5.1	Effizienzsteigerung bzw. Brennstoffeinsparung	42
5.2	Einhaltung der Emissionsgrenzwerte	42
5.3	Wirtschaftlichkeit.....	43
5.4	Verlauf /Stolpersteine	43
5.4.1	Planung und Herstellung	43
5.4.2	Technische Herausforderungen	43
5.4.3	Zusammenarbeit mit dem Kesselhersteller	44
5.4.4	Zusammenarbeit mit BeroCAD	44
5.4.5	Erkenntnisse von OekoSolve	44
5.5	Offene Arbeiten	44
5.5.1	Wiederholung der offiziellen Emissionsmessung	44



6	Ausblick und zukünftige Umsetzung	45
6.1	Technische Randbedingungen für weitere Projekte	45
6.2	Wirtschaftliche Randbedingungen für weitere Projekte	45
6.3	Kommerzialisierung	45
6.4	Keller AG: Trockner-Elektrofilter 2 MW	46
6.5	Trockner-Elektrofilter für kleinere Kesselleistungen	47
7	Nationale und internationale Zusammenarbeit	48
8	Kommunikation	48
9	Publikationen	48
10	Literaturverzeichnis	48
11	Anhang	49
11.1	Komponenten des Trockner-Elektrofilters	49
11.1.1	Übersicht	49
11.1.2	Komponenten	50
11.2	Auswertungsbericht der Fachhochschule Yverdon	55
11.3	Messbericht Kanton Neuenburg, März 2020	58
11.4	Messbericht Kanton Neuenburg – Kessel 1, Januar 2021	66
11.5	Messbericht Kanton Neuenburg – Kessel 2, Januar 2021	69
11.6	Messbericht Keller AG Trockner-Elektrofilter 2 MW	81



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Neue Heizzentrale mit Sägewerk Burgat SA	14
Abbildung 2: Funktionsschema Trockner-Elektrofilter	16
Abbildung 3: Flussschema Brennstoff und Abgas	16
Abbildung 4 Aufbau Trockner-Elektrofilter	17
Abbildung 5: Brennstoffförderung und Niveausonden	18
Abbildung 6: Simulation der Fluidik (Abgase im Trockner)	22
Abbildung 7: Hackgutfeuchtetransmitter	24
Abbildung 8: Wöhler SM 96.....	24
Abbildung 9: Testo 380	25
Abbildung 10: Dosier- und Rückfuhrschnecke	26
Abbildung 11: Russ aus den zwei Wärmetauschern und den zwei Economisern	28
Abbildung 12: Brennstoffschicht ohne Russ	28
Abbildung 13: Manuelle Bandreinigung	29
Abbildung 14: Kontrollöffnung mit dem Laser auf der Elektrode.....	31
Abbildung 15: Lastschwankungen beim Kessel bis September 2020	32
Abbildung 16: Brennstoffeinsparung in Winter.....	36
Abbildung 17: Brennstoffeinsparung in Sommer.....	37
Abbildung 18: Situation bei Keller AG (Trockner-Elektrofilter 2 MW).....	46
Abbildung 19: Prototyp Trockner-Elektrofilter für kleinere Kesselleistungen	47
Abbildung 20: Schnittbild Trockner-Elektrofilter	49
Abbildung 21: Komponenten Trockner-Elektrofilter, Rückseite	50
Abbildung 22: Komponenten Trockner-Elektrofilter, Vorderseite	51
Abbildung 23: Serviceöffnungen Trockner-Elektrofilter	52
Abbildung 24: Detailansicht Brennstoffdosierung	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Eckdaten des Projektes.....	15
Tabelle 2: Resultate der Feinstaubmessungen (grün hinterlegt – Grenzwert nach LRV eingehalten). ..	33
Tabelle 3: Wassergehalt vor und nach dem Trockner	35
Tabelle 4: Wassergehalt vor und nach dem Trockner in Sommer und in Winter	35
Tabelle 5: Angaben für die Quantifizierung der Brennstoffeinsparung und Wirtschaftlichkeit.....	38
Tabelle 6: Mehrkosten gegenüber konventionellem Elektrofilter	39
Tabelle 7: Wirtschaftlichkeit 2018-2019	40
Tabelle 8: Wirtschaftlichkeit beim Endausbau des Wärmeverbunds BeroCAD.....	40
Tabelle 9: Gewinnschwelle in Bezug auf die erzeugte Energie	41
Tabelle 10: Liste der Komponenten des Trockner-Elektrofilters	54



Abkürzungsverzeichnis

Bm ³ /h:	Betriebskubikmeter pro Stunde
BFE:	Bundesamt für Energie
CAD:	Chauffage à distance
Hz:	Herz
kW:	Kilowatt
LRV:	Luftreinhalteverordnung der Schweiz
m/s:	Meter pro Sekunde
mA:	Milliampere
mg/Nm ³ :	Milligramm pro Kubikmeter normiert
MW:	Megawatt
Pa:	Pascal
W%:	prozentualer Wassergehalt im Brennstoff



1 Einleitung

1.1 Projektentstehung

Im Jahr 2016 wurde beim Wärmeverbund BeroCAD SA in St. Aubin-Sauges ein Prototyp eines Brennstofftrockners von einem externen Partner installiert. Für die Feinstaubabscheidung wurde OekoSolve angefragt, da mit dem Trockner allein die Feinstaubemissionen zu hoch waren.

Zu dieser Zeit stand die Erweiterung des bestehenden Wärmeverbunds an und eine neue Heizzentrale mit 4 MW Kesselleistung war in Planung. Aufgrund der guten Erfahrung mit dem Prototyp sollte auch bei der neuen Heizzentrale eine Brennstofftrocknung installiert werden um Brennstoff einzusparen. Die Kombination aus Brennstofftrockner und Elektrofilter überzeugte die Eigentümer des Wärmeverbunds und OekoSolve erhielt den Auftrag für die Entwicklung und Installation des Trockner-Elektrofilters.

1.2 Eckdaten

Für die Entwicklung und Herstellung des Trockner-Elektrofilters wurden folgende Eckdaten vereinbart:

1. Der Brennstoff wird direkt aus dem Sägewerk ins Silo geführt. Die Stückigkeit ist sehr heterogen (Kernholz-Hackgut, Sägemehl und Rinde). Der Wassergehalt des Brennstoffs im Eintritt des Trockners liegt unter 40% des Brennstoffvolumens:
2. Die kumulierte installierte Leistung der Kessel liegt bei 4 MW (Feuerwärmeleistung: 4.4 MW). Der Trockner muss auf die Spitzenlast ausgelegt werden (5 m³/h Brennstoff).
3. Das maximale Abgasvolumen beträgt 14'000 Bm³/h bei 160 °C. Der Rezirkulations- und Abgasventilator sind entsprechend dimensioniert, ebenso die Trocknungsfläche.
4. Der Trockner wurde für eine Abgastemperatur von max. 160 °C ausgelegt.
5. Der Staubgehalt vor dem Trockner-Elektrofilter darf nicht mehr als 150 mg/Nm³ bei 11% O₂ betragen. Da die Abgase nach der Brennstofftrocknung stark abkühlen, nimmt das Abgasvolumen ab und der Elektrofilter kann entsprechend ausgelegt werden.

1.3 Motivation

Hauptziel ist, dass die überschüssige Energie aus den Abgasen von Holzfeuerungen zurückgewonnen wird. Hierzu gibt es bereits bewährte Abgaskondensationssysteme, welche die Energie aus der Rauchgastemperatur abzieht und wieder ins System einleitet.

Die Vorteile des neuen Trockner-Elektrofilters gegenüber bestehenden Systemen sind, dass die Energie unabhängig der benötigten Last und unabhängig der Rücklauftemperaturen zurückgewonnen werden kann. Das Rauchgas der Kesselanlage wird direkt ohne Zwischenmedium zur Trocknung des Brennstoffes verwendet. Nach dem Trocknungsprozess werden die Feinstaubemissionen durch den im System integrierten Elektrofilter reduziert.

Der Bedarf des getrockneten Brennstoffs und die Verfügbarkeit der heissen Abgase sind immer in der gleichen Relation, sodass sich das System selbst regelt und nicht zu viel oder zu wenig Abgas für die Trocknung vorhanden ist bzw. kein Energieüberschuss entsteht.



Bei Hackgutanlagen in dieser Grösse werden Feinstaubfilter benötigt. Der Trockner kühlt die Abgase ab, was zu einem geringeren Abgasvolumenstrom führt. Zudem wird bereits im Trockner die Luftverteilung geregelt und das Hackgut auf dem Trocknerband dient als Vorabscheider für grobe Staubpartikel. Diese Punkte erlauben eine kleinere Dimensionierung des Feinstaubfilters für eine solche Anlage. Das bedeutet, dass die Rentabilität der Brennstofftrocknung bzw. -einsparung nicht nur über die Investitionskosten für den Trockner gerechnet wird, sondern auch die geringeren Investitionskosten des Elektrofilters eingerechnet werden können.

OekoSolve hat sich entschieden, die bestehende Produktidee weiter zu entwickeln und den Trockner-Elektrofilter herzustellen. OekoSolve entwickelt seit 2007 elektrostatische Feinstaubfilter und stellt Elektrofilter für Holzfeuerungen im Bereich 0 – 3'000 kW her. Dieses neue Produkt ergänzt das Produktportfolio sehr gut, da es ebenfalls in der Biomasse eingesetzt wird und der Feinstaubfilter direkt integriert im Trockner nachgeschaltet wird. Für OekoSolve ist dies eine Erweiterung des Geschäftsfeldes, da nebst herkömmlichen Filteranlagen auch eine Effizienzsteigerung der Anlage angeboten werden kann.

1.4 Projektziele

1. Emissionsgrenzwerte:
Die Emissionsgrenzwerte müssen unter 20 mg/Nm^3 bei 11% O_2 liegen.
2. Trocknungsleistung:
Die erwartete Trocknungsleistung muss zu einer Ersparnis von 10% des Brennstoffs führen.
3. Verfügbarkeit:
Hohe Zuverlässigkeit des Systems, um Trocknung und Abscheidung über den gesamten Leistungsbereich der Kessel zu garantieren.
4. Wartung:
Der Wartungsaufwand muss so klein wie möglich sein. Die Durchführung der Wartung liegt beim Betreiber.
5. Multiplikation:
Durch die Erfahrungen, die bei diesem Projekt gesammelt werden, soll das Produkt marktfähig werden. Die Quantifizierung der Trocknungsleistung, die Wirtschaftlichkeit und die technische Optimierung sind Teil des Monitorings. Dazu dient die Anlage bei BeroCAD als Referenzobjekt.
6. Bedienungsfreundlichkeit:
Die Bedienung für den Betreiber muss einfach sein. Die mechanischen Komponenten (Motoren, Ventilatoren, Schnecken, Schuboden, Hydraulikaggregat etc.) und die Sensortechnik, die gewählt werden, sollen identisch mit den Komponenten eines Industriekessels sein.



2 Anlagenbeschrieb

Die erste Anlage und Projektgegenstand wurde in St. Aubin zusammen mit dem Projektpartner BeroCAD realisiert.

2.1 Wärmeverbund BeroCAD, St. Aubin

Von 1991 bis 2013 hat die Sägerei Burgat SA ein Fernwärmenetz entwickelt, verwaltet und betrieben. Im Jahr 2013 gründeten verschiedene Interessensparteien das Unternehmen BeroCAD SA und übernahmen den Wärmeverbund der Sägerei mit dem Ziel, das Fernwärmenetz weiter auf das gesamte Gemeindegebiet auszubauen. 2016 wurde ein Prototyp für einen Brennstofftrockner beim bestehenden 2 MW-Kessel der Sägerei installiert.

Die Erweiterung des Wärmeverbundes hat dazu geführt, dass eine neue Heizzentrale erstellt wurde und 2018 zwei 2 MW-Kessel in Betrieb genommen wurden. Aufgrund der Erfahrungen mit dem Brennstofftrockner hat OekoSolve den ersten kombinierten Trockner-Elektrofilter für die Gesamtleistung von 4 MW installiert.

Der Brennstoff wird vom Sägewerk Burgat SA geliefert (Wochendurchschnitt = 220 m³), der hauptsächlich aus Laubholz besteht. Der Brennstoff ist feucht und sehr heterogen.

In Zusammenhang mit dem Bau der neuen Heizzentrale wurde das Verteilnetz um 11 km erweitert (St Aubin-Sauges, oberer Teil von Gorgier). 2018 waren 330 Haushalte an BeroCAD angeschlossen. Am Ende des Ausbaus werden es voraussichtlich bis zu 660 Haushalte sein. Zwischen dem Jahr 2018 und 2020 war der maximale Bedarf bei einer Leistung von 2.4 MW, d.h. bisher wurde die installierte Kesselleistung von 4 MW noch nicht benötigt.



Abbildung 1: Neue Heizzentrale mit Sägewerk Burgat SA



Im Oktober 2020 sind folgende zusätzliche Kunden angeschlossen worden:

- Der Wärmeverbund Gorgier (400 kW)
- Der neue Hotel-Komplex in St Aubin (190 kW)
- Ein neues Minergie-Mehrfamilienhaus (80 kW)

Mit dieser Erweiterung des Wärmeverbundes liegt die benötigte maximale Leistung ab dem Winter 2020/2021 bei ca. 3 MW.

Jahr	Wärmeverbund	OekoSolve
1991-2013	Betrieb Fernwärmenetz durch die Sägerei Burgat SA.	
2013	Übernahme des Wärmeverbundes durch BeroCAD SA	
2016	Planung Heizzentrale / Ausbau Fernwärmenetz	Installation Prototyp Brennstofftrockner
2018	Inbetriebnahme der neuen Heizzentrale. Kesselleistung 4 MW	Installation Trockner-Elektrofilter
2019-2020	Weiterer Ausbau Fernwärmenetz. Benötigte Leistung ab Oktober 2020: ca. 3 MW	Optimierung / Monitoring Trockner-Elektrofilter
Ab 2021	Endausbau Fernwärmenetz auf 4 MW	

Tabelle 1: Eckdaten des Projektes

2.2 Funktionsprinzip

Beim Trockner-Elektrofilter wird die Trocknung des nassen Hackgut durch direktes Beaufschlagen mit Abgas durchgeführt. Bedingung ist, dass der Brennstoff einen Wassergehalt von mehr als 40% hat. Nach dem Trockner werden die Feinstaubemissionen, im gleichen Gehäuse, mit Hilfe eines Nass-Elektrofilters unter die Grenzwerte der LRV reduziert.

Der feuchte Brennstoff wird mittels Förder- bzw. Dosierschnecke gleichmässig auf das Trocknerband befördert. Die heissen Abgase werden im Trockner über und durch den, für die nachfolgende Verbrennung vorgesehenen Brennstoff, geleitet. Dabei wird den Abgasen die Wärme bis zur Kondensationstemperatur entzogen. Die noch trockenen Abgase aus dem Kessel nehmen die Feuchte aus dem Brennstoff bis zu deren vollständigen Sättigung auf.

In der auf dem Band liegenden Holzschicht werden alle grösseren Ascheteile zurückgehalten. Diese Schicht wirkt als Vorfilter, bevor das gesättigte Abgas den nachgeschalteten Nass-Elektrofilter durchströmt, wo auch die Feinstaubpartikel abgeschieden werden. Ein Teil der Abgase wird durch die Rezirkulation zurück zum Abgaseintritt geführt. Aus Brandschutzgründen werden diese gekühlten mit den heiss eintretenden Abgasen (140 bis 200°C) gemischt um die Rauchgastemperatur direkt über dem Band auf einer konstanten Temperatur von maximal 110°C zu halten.

Der Brennstoffbedarf der Feuerung dient als Stellgrösse für die Geschwindigkeit des Bandtrockners. So ergibt sich ein automatisches, selbst regulierendes System. Entsprechend dem Brennstoffbedarf bzw. der Kesselleistung, wird mehr Abgas zur Trocknung durch die Feuerung bereitgestellt.



Nach dem Elektroabscheider kann ein zusätzlicher Wärmetauscher installiert werden, um die im Abgas Kondensationsdampf enthaltene Energie für z.B. eine Niedertemperaturanwendung zurückzugewinnen.

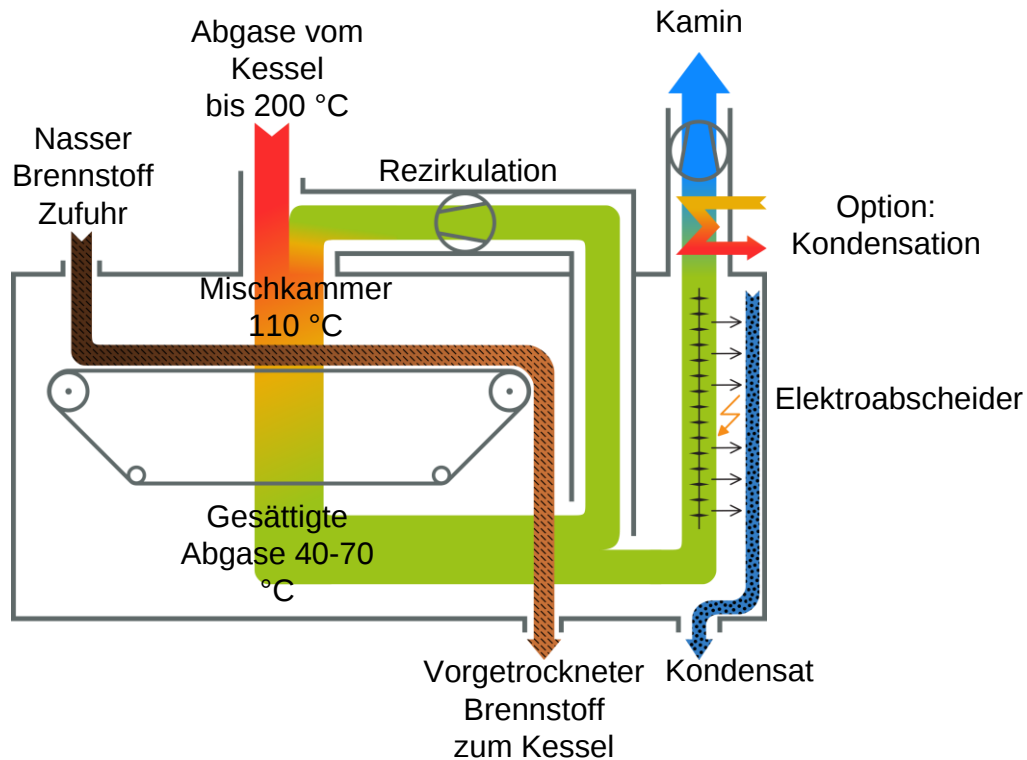


Abbildung 2: Funktionsschema Trockner-Elektrofilter

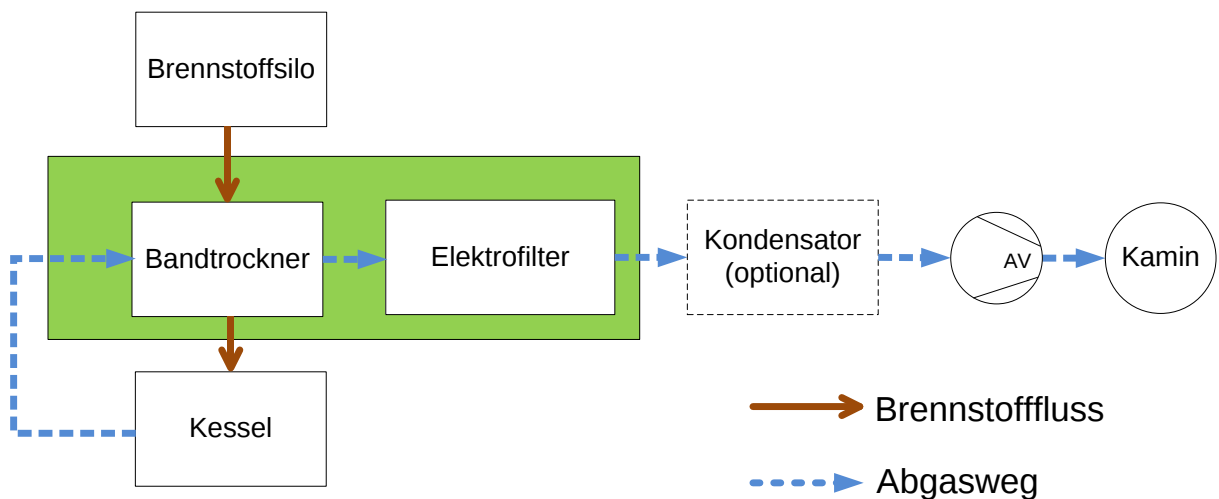


Abbildung 3: Flussschema Brennstoff und Abgas



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

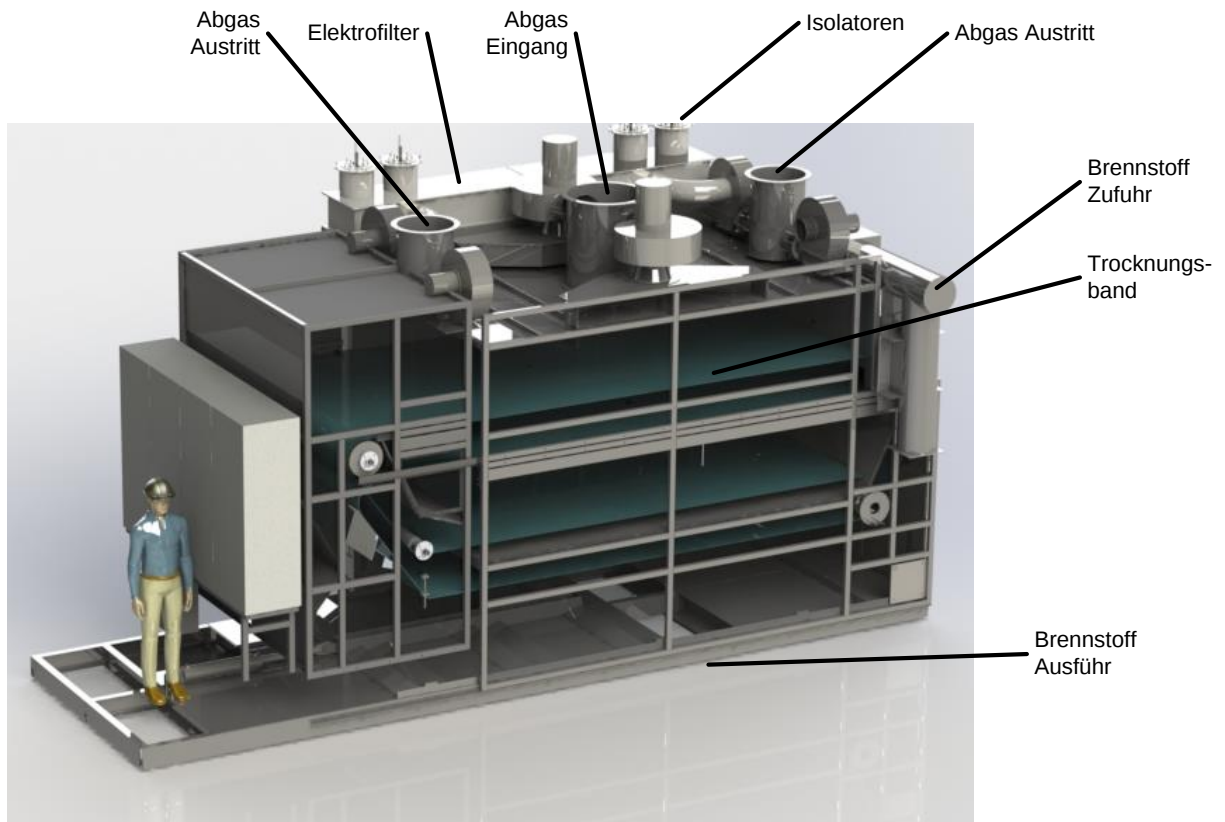


Abbildung 4 Aufbau Trockner-Elektrofilter



2.3 Komponenten

2.3.1 Sensorik Brennstofftransport

Als Stellgrösse für den Brennstofftransport bzw. die Trocknung dient der Wärmebedarf bzw. Brennstoffbedarf der Kessel. Abbildung 3 zeigt den schematischen Aufbau des Brennstofftransports mit der zugehörigen Sensorik. Um den Brennstofftransport zu gewährleisten, wurden insgesamt fünf Niveausensoren eingebaut. Diese steuern drei Transportschnecken, drei Kettenförderer, das Band und den Schubboden.

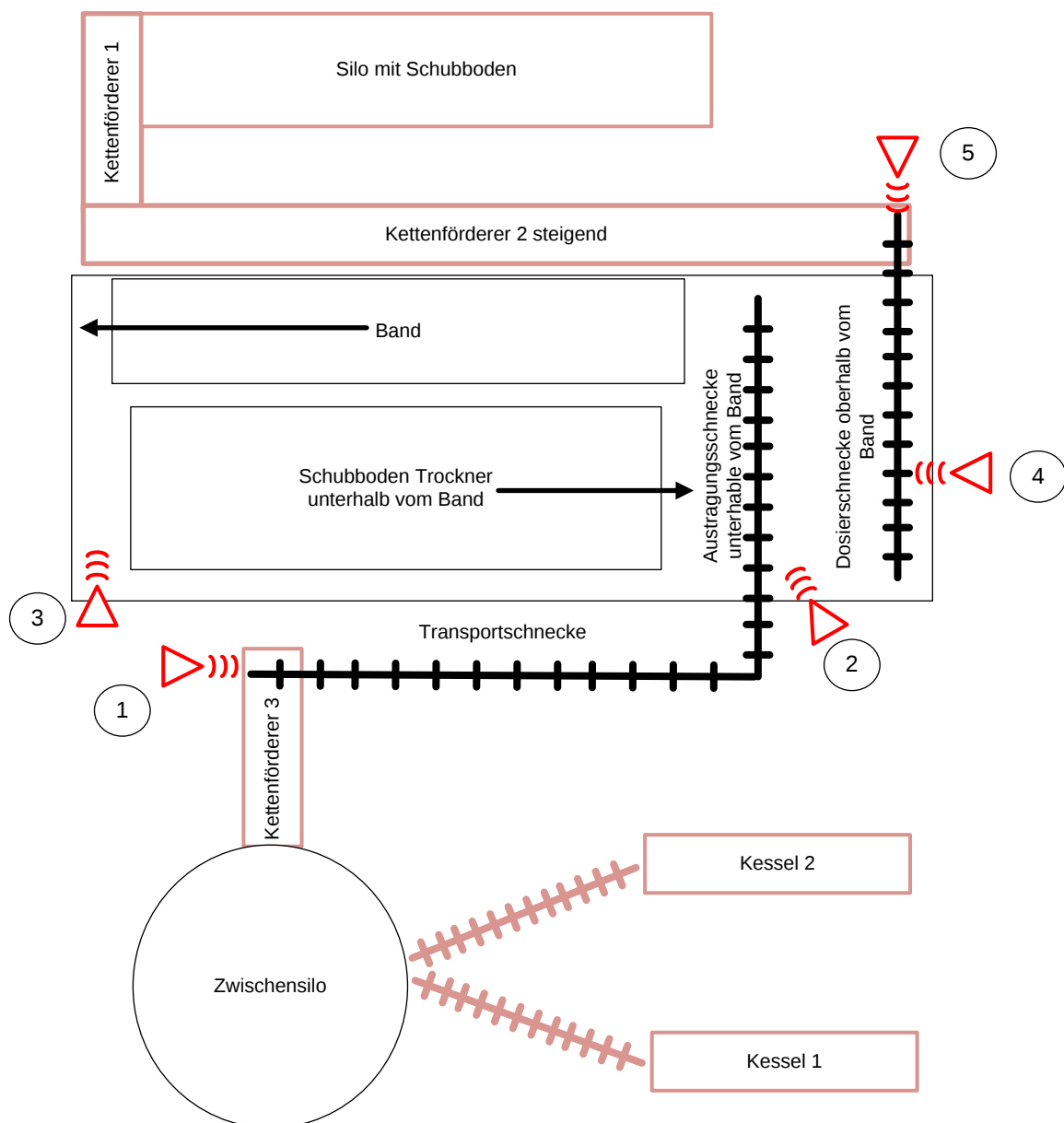


Abbildung 5: Brennstoffförderung und Niveausonden



Die beiden Kessel beziehen den Brennstoff entsprechend dem Wärmebedarf aus dem Zwischensilo, welches als Zwischenpuffer mit trockenem Brennstoff dient.

Der Kettenförderer 3 führt den getrockneten Brennstoff zum Zwischensilo und wird über die Niveausonde 1 gesteuert. Der Niveausensor 1 übernimmt die Führungsfunktion für den gesamten Brennstofftransport des Trockner-Elektrofilters. Wenn das Brennstoffniveau beim Kettenförderer 3 unter einen bestimmten Schwellenwert sinkt, wird die ganze Transportkette des Trockners aktiviert.

Sobald das Brennstoffniveau unterschritten wird, beginnen die Transportschnecke und die Austragungsschnecke des Schubbodens, Brennstoff zu fördern. Bei der Austragungsschnecke wird das Niveau des Brennstoffs im Trockner mit der Niveausonde 2 gemessen. Wenn dieses Niveau unter eine bestimmte Schwelle sinkt, wird wiederum der Schubboden aktiviert.

Beim Bandabwurf misst die Niveausonde 3 das Bedürfnis an Brennstoff. Wenn diese Stelle unter ein bestimmtes Niveau sinkt, wird die Bewegung vom Band aktiviert. Sobald das Band läuft, startet auch die Dosierschnecke.

Die Niveausonde 4 sorgt für eine gleichmässig hohe Beschickung des Trocknungsbands mit Brennstoff. Nach Bedarf wird die Dosierschnecke oszillierend angesteuert.

Beim Brennstoffabwurf nach dem Kettenförderer 2 kontrolliert die Niveausonde 5 das Niveau vor der Dosierschnecke. Wenn das Niveau unter die Förderschwelle sinkt, wird ein Betriebssignal an den Kettenförderer gesendet.

Durch dieses Sensor- und Regelungskonzept ist die Steuerung des Trockner-Elektrofilters unabhängig von der Kesselsteuerung.

2.3.2 Dosierschnecke

Die Dosierschnecke hat die Funktion, das Band mit dem Brennstoff gleichmässig zu beschicken. Um den Brennstoff gleichmässig zu verteilen und die gewünschte Höhe auf dem Band zu erreichen, muss diese Schnecke oszillierend angesteuert werden. Durch das Oszillieren wird ein Verstopfen im Bereich der Zuführung durch den Kettenförderer sowie im Bereich der Dosierung selbst verhindert.

2.3.3 Trocknungsband

Das Trocknungsband transportiert den Brennstoff mit einer Höchstgeschwindigkeit von bis zu 300 mm/min durch die Trocknungskammer. Das Gewebe des Bands muss von Verschmutzungen frei bleiben, damit die Abgase mit möglichst wenig Gegendruck durch die Brennstoffschicht und das Band strömen können. Um das Gewebe frei zu halten, wurde eine pneumatische Reinigungseinrichtung eingebaut. Die Luftimpulse finden jedes Mal statt, wenn sich das Band 50 mm bewegt hat. So kann die Verschmutzung und der Gegendruck gering gehalten werden.

Das Band wird durch einem 1'100 Nm-Motor angetrieben. Die Höhe des Drehmoments hängt vom Brennstoffgewicht und vom Gegendruck des Bandes ab. Wenn das Band sauber und gut durchlässig ist, liegt die Druckdifferenz bei 20-30 Pa und ein Drehmoment von 500 Nm genügt, um das Band anzutreiben. Das benötigte Drehmoment des Antriebsmotors des Bandes bzw. der Gegendruck nach dem Band, sind Indikatoren über die Durchlässigkeit des Bandes, bzw. für die Notwendigkeit einer manuellen Reinigung des Bandes.



2.3.4 Schubboden

Der Schubboden fördert den Brennstoff vom Bandabwurf zur Austragungsschnecke durch den unteren Bereich des Trockners. Als Antrieb dient ein hydraulisch betriebener Zylinder. Der Brennstoff im Schubboden dient auch als kleiner Zwischenpuffer.

2.3.5 Austragungs- und Transportschnecken

Der Betrieb der Austragungsschnecke und der Transportschnecke ist gekoppelt. Die Transportschnecke läuft dabei auf einer höheren Drehzahl als die Austragungsschnecke. Dadurch wird sichergestellt, dass die Schnittstelle zur Transportschnecke ausgeräumt wird, um Verstopfungen an dieser Stelle zu vermeiden.

2.3.6 Elektrofilter

Der Elektrofilter ist im Trockner integriert bzw. direkt angeflanscht und als Gassenfilter aufgebaut. Die Dimensionierung des Filters erfolgte nach den Berechnungen des Abgasvolumen, bzw. der Abgasgeschwindigkeit. Durch die tiefen Abgastemperaturen nach der Brennstofftrocknung (zwischen 50 und 60 °C), reduziert sich das zu behandelte Abgasvolumen entsprechend. Dadurch kann der Elektrofilter kleiner dimensioniert werden als ein konventioneller Elektrofilter mit Abgastemperaturen zwischen 140 und 200 °C. Der Elektrofilter arbeitet mit einer maximalen Spannung von bis zu 70 kV.

2.3.7 Abgasventilator

Der Abgasventilator sitzt am Ende des Abgasweges des Trockner-Elektrofilters und betreibt das gesamte System somit im Unterdruck. Die Rauchgasgebläse der beiden Kesselanlagen bleiben bestehen. Zum einen um den Betrieb beim Ausfall des Trockner-Elektrofilters im Bypassbetrieb zu gewährleisten und zum anderen, um nicht in die bestehende Kesselsteuerung einzugreifen.

2.3.8 Rezirkulationsventilator

Der Rezirkulationsventilator hat als Funktion, die Temperatur in der Mischkammer vor dem Brennstoff zu regulieren. Die Frequenz wird im Zusammenhang mit den Angaben einer Temperatursonde in der Mischkammer geregelt. Die Zieltemperatur in der Mischkammer beträgt 110 °C.

2.3.9 Temperatursonden

Für die Temperaturmessung des Abgases, der Mischkammer und nach dem Bandtrockner werden klassische RTD-Sonden (Resistance Temperature Detector, PT100) eingesetzt.

2.3.10 Relativ- und Differenzdruckschalter

Die Relativ- und Differenzdruckschalter haben einen Druckbereich von 3 bis 50 mbar. Sie sind mit einer Trapez-Wulst-Membrane ausgerüstet und werden bei auch zur Überwachung der Brennkammer bei Industriekesseln eingesetzt.



3 Vorgehen und Methoden

3.1 Konstruktion

Zu Beginn stand eine Analyse des Prototyps um die Erfahrungen in die Auslegung und Konstruktion des neuen Trockner-Elektrofilters einfließen lassen zu können. Da der neue Wärmeverbund die doppelte Kesselleistung hat, mussten alle Komponenten entsprechend dimensioniert werden.

So konnten folgenden Komponenten abgeleitet und ausgelegt werden:

- Trocknungsleistung: Fläche des Bandtrockners
- Schnitzeltransport: Auslegung von Motoren, Transportschnecken, Lagern, Bandspanner
- Elektrofilter: Dimensionierung der Abscheidefläche

Um die verschiedenen Baugruppen besser zu verstehen und in die einzelnen Komponenten aufteilen zu können, wurde zu Beginn ein Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema erstellt. So konnten die benötigten Bauteile, Verbindungen, Antriebe und Sensoren abgeleitet und ihre Wechselwirkung aufeinander abgebildet werden.

3.2 Software und Steuerung

Die Software für die SPS-Steuerung wurde ebenfalls auf Basis des bestehenden Prototypens erstellt. Zunächst wurde ein Flussdiagramm des Trockner-Elektrofilters erstellt und daraus einzelnen Funktionen abgeleitet. Der Fokus lag darauf Funktionsbausteine zu erstellen, um diese während der Programmierung wiederverwenden zu können und im späteren Projektverlauf durch Anpassungen und Parametrisierung an die Anforderungen entsprechend anpassen zu können.

3.3 Fluidik

In einem frühen Stadium wurden CFD-Simulationen erstellt, um die Fluidik im Trockner zu analysieren und Optimierungen in die Konstruktion und die Auslegung der Komponenten einfließen zu lassen. Die Ergebnisse aus den Simulationen wurden auch für die Auslegung des Regelungskonzepts verwendet.

Durch die Simulationen konnten z.B. die Abgasventilatoren dimensioniert und Messpunkte für die Sensorik bestimmt werden, um eine gleichmässige Durchströmung des Brennstofftrockners und das gewünschte Temperaturniveau zu erreichen.

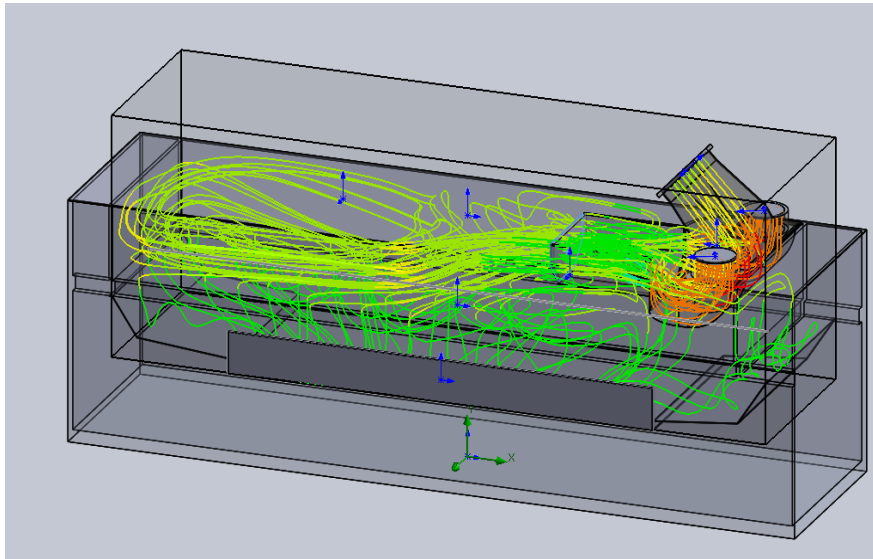


Abbildung 6: Simulation der Fluidik (Abgase im Trockner)

3.4 Sensortechnik

Die Erfahrungen des Prototyps zeigten, dass die grösste Herausforderung in der zuverlässigen Messung des Brennstoffniveaus besteht. Die feuchte und schmutzige Umgebung sowie die Vielseitigkeit des Brennstoffs stellten hohe Anforderungen an die Sensorik. So wurden während der Entwicklung verschiedene Sensoren und Konzepte an Versuchsaufbauten evaluiert. Mit konstruktiven Anpassungen und automatisierten Reinigungsvorrichtungen konnten gute Testergebnisse erreicht werden.

Die Druck- und Temperatursensoren arbeiteten an der Prototypenanlage zuverlässig und es mussten nur kleinere Anpassungen bzgl. Einbauort und Messbereich vorgenommen werden.

3.5 Elektrofilter

Mit den Berechnungen zu den Volumenströmen, der Simulation der Fluidik und den Erfahrungen von OekoSolve konnte der Elektrofilter auf die Anforderungen dimensioniert werden. Dabei stellte sich das die Auslegung als Gassenelektrofilter als passende Variante heraus. Vorteile waren die Bauform und Platzverhältnisse, die Reduzierung von mechanischen Bauteilen für die Abreinigung und die Aufhängung der Elektrode über zwei Punkte. Für die Aufhängung der Elektrode wurden neue keramische Isolatoren entwickelt. Durch die hohe Feuchtigkeit des Abgases war eine elektrische Begleitheizung der Isolatoren notwendig um Feuchtigkeit im Bereich der Isolatoren zu vermeiden.

3.6 Monitoring

Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der Anlage zum Ende des Jahres 2018, wurde im Jahr 2019 im Umfang des BFE-Projekts das Monitoring der Anlage durchgeführt um die vereinbarten Ziele zu verifizieren, weitere Erfahrungen zu sammeln und Verbesserungen umzusetzen.



3.6.1 Betriebsgrössen

Um die Funktion des Gesamtsystems sowie der einzelnen Baugruppen zu beurteilen, wurden im Rahmen des Monitorings folgende Daten erhoben:

- Abgastemperatur im Eintritt des Trockners
- Abgastemperatur in der Mischkammer
- Abgastemperatur beim Austritt des Trockners
- Frequenz des Abluftventilators
- Frequenz des Rezirkulationsventilators
- Bandgeschwindigkeit
- Unterdruck vor dem Band
- Unterdruck nach dem Band
- Hochspannungsniveau
- Wassergehalt Brennstoff Eintritt
- Wassergehalt Brennstoff Austritt

3.6.2 Fehlermeldungen

Die Fehlerliste wurde über die Fernwartung verfolgt. Die Fehler, die Ursache und die Lösungen bzw. das Beheben der Fehler wurden protokolliert. Entsprechende mechanische oder softwaretechnische Anpassungen wurden implementiert.

Weiter konnte eine Dokumentation zur Fehlerbehebung erstellt werden, welche OekoSolve und der Betreiber entsprechend nutzen.

3.6.3 Brennstofftrocknung

Um die Trocknungsleistung des Systems zu überprüfen, wurden zwei Hackgutfeuchtetransmitter installiert, jeweils am Brennstoffeintritt und Brennstoffaustritt. Der Hackgutfeuchtetransmitter bestimmt den elektrischen Leitwert des Brennstoffs. Die elektrische Leitfähigkeit verändert sich in Abhängigkeit der Feuchtigkeit eines porösen Stoffes. Die Leitfähigkeit erlaubt daher Rückschlüsse auf den Wassergehalt im Brennstoff.

Die Messgenauigkeit des Feuchtetransmitters wurde mit Probenanalysen verifiziert. Die Abweichung lag bei 0.4% beim Austritt vom Trockner (W 4.6% analysiert gegen W 5% gemessen) und bei 4.9% beim Eintritt im Trockner (W 30.1% analysiert gegen W 35% gemessen).

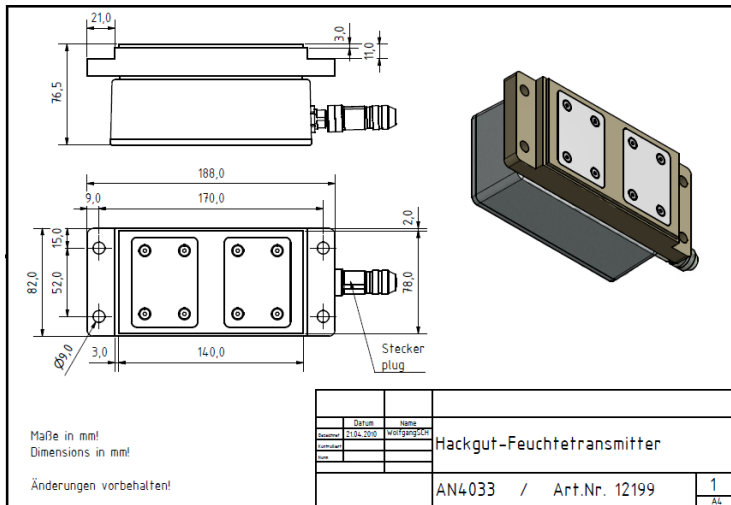


Abbildung 7: Hackgutfeuchtetrittmittler

3.6.4 Elektrofilter

Für die Beurteilung des Elektroabscheiders wurden zum einen die Betriebsparameter Spannung und Strom aufgenommen und zum anderen die Staubemissionen gemessen. Für die Messung der Staubemissionen kamen zwei Verfahren zum Einsatz.

Die gravimetrischen Feinstaubmessungen wurden mit dem Wöhler SM96 durchgeführt.



Abbildung 8: Wöhler SM 96

Die Online-Messungen wurden mit dem Messgerät Testo 380 durchgeführt. CO und O₂ werden simultan gemessen.



Abbildung 9: Testo 380

Bis September 2020 war der Betrieb der Kessel sehr unregelmässig. Innerhalb von wenigen Minuten konnten Lastschwankungen von 60% auftreten. Für eine fachmännische Feinstaubmessung war dieser Start/Stopp-Betrieb nicht geeignet.

Im 2019 wurden interne Feinstaubmessungen durchgeführt. Zwei Messmethoden wurden angewendet. Einerseits wurde gravimetrisch gemessen (Wöhler 96), anderseits mit dem Online-Messgerät Testo 380.

Die Last der Kessel wurde aufgenommen, sowie die Funktionsweise des Hochspannungsmoduls (kV und mA).

Im März 2020 hat der Kanton Neuenburg die offizielle Emissionsmessung durchgeführt.



4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Konstruktive Ergebnisse

4.1.1 Beschickung des Brennstoffes auf dem Band

Die Beschickung des Brennstoffes führte in der angedachten Version immer wieder zu Verstopfungen und Blockierung der Dosier- und Rückfuhrschnecke. Die Lösung war, die Dosierschnecke oszillierend anzusteuern und nicht mehr linear. Dadurch konnte eine homogene Verteilung auf dem Band erreicht werden und die Funktion der Rückfuhrschnecke wurde überflüssig und ausser Betrieb gesetzt.

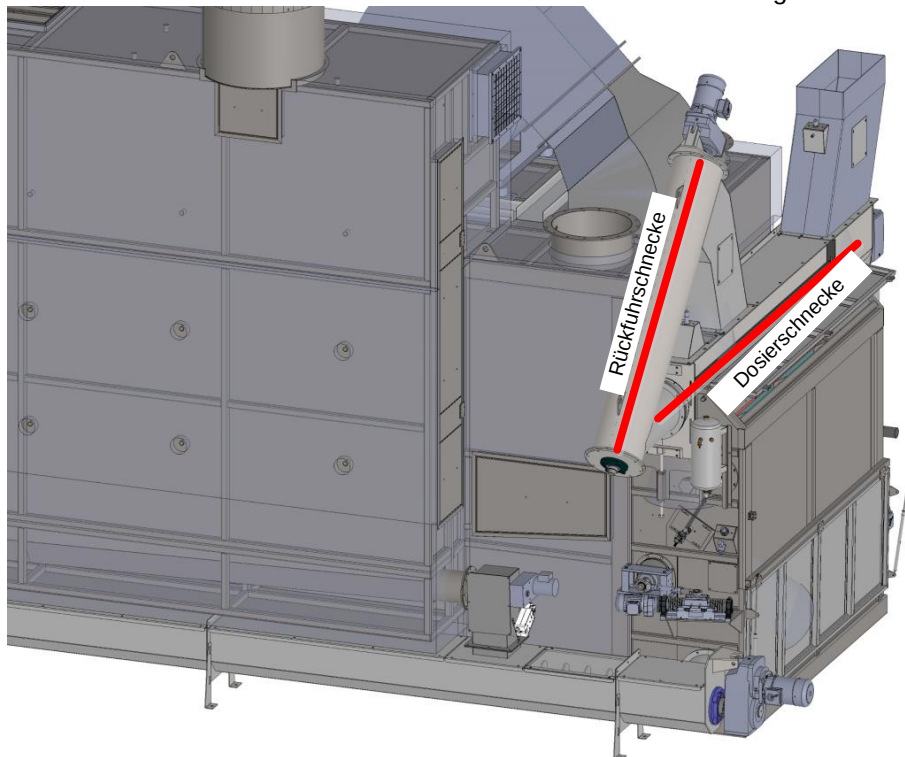


Abbildung 10: Dosier- und Rückfuhrschnecke

Durch diese Massnahme konnte die Zuverlässigkeit der Beschickung des Brennstoffes und die Regelmässigkeit der Brennstoffschicht auf dem Band stark verbessert werden.

4.1.2 Bandantrieb

Die Faktoren, die den Bandantrieb beeinflussen, sind folgende:

- Gewicht des Brennstoffes auf dem Band
- Reibung auf den Unterlagsrollen
- Haftkraft der Antriebwalze auf dem Band
- Unterdruck nach dem Band



Dabei wurden folgende Punkte verbessert:

- Der Antriebsmotor wurde gewechselt. Das maximale Drehmoment wurde von 600 auf 1'100 Nm erhöht.
- Die Antriebswalze wurde angepasst. Die Chromstahl-Oberfläche wurde mit gerilltem Kunststoff verkleidet um die Reibung zwischen Band und der Antriebswalze zu erhöhen und ein Durchrutschen des Bandes zu unterbinden.
- Die Reibung der Achsen der Unterlagsrollen war zu hoch. Diese wurden teilweise schwergängig und haben somit zu Blockaden des Bandes geführt. Die Ursache waren die Lager, welche aus Chromstahl gefertigt sind und sich mit der den Rollen, ebenfalls aus Chromstahl, kalt verschweisst haben. Mit dem Wechsel der Lager (Chromstahl zu Kunststoff) drehen die Unterlagsrollen ohne grosse Reibungsverluste.
- Um den Transport bzw. die Bewegung des Bandes zu überwachen, wurde ein mechanischer Kontrollmechanismus eingebaut. Ein mechanischer Sensor kontrolliert die Position des Bandes. Diese Position wird mit einem Schwenkwalzensystem permanent korrigiert.

4.1.3 Reinigung des Bandes

Die automatische Reinigung des Bandes erfolgt durch Druckluft. Nachdem das Band sich 50 mm bewegt, wird das Band pneumatisch gereinigt. Im Sommerbetrieb (Teillast eines einzigen Kessels) ist der Bedarf an Brennstoff sehr gering. Dadurch steht das Band lange Zeit still. Das Abgas strömt allerdings weiterhin durch die Brennstoffschicht und das Band. Deshalb besteht die Gefahr, dass dessen Durchlässigkeit nachlässt.

Dazu kommt, dass eine pneumatische Reinigung der Wärmetauscher und der Economiser der Kessel nachgerüstet worden sind. Der bei der Reinigung entstehende Russ dieser Systeme wird in den Trockner geblasen. Ein Teil dieses Russes bleibt auf dem Hackgut, der Rest setzt sich im Band fest. Die Durchlässigkeit des Bandes lässt dadurch nach. Dies findet hauptsächlich im Teillastbetrieb statt, wenn das Band weniger läuft, da der Brennstoff- bzw. Wärmebedarf geringer ist.

Dies machte eine manuelle Reinigung mit dem Hochdruckreiniger nötig. Diese Wartungsarbeiten müssen zweimal jährlich vorgenommen werden. Die Höhe des Unterdrucks nach dem Band ist ein Indiz für die Durchlässigkeit des Bandes. Wenn der Unterdruck nach dem Band regelmässig über 600-700 Pa liegt, sollte eine manuelle Reinigung des Bandes durchgeführt werden.

Im Normalfall sind die Unterdruckwerte nach dem Band 20 bis 200 Pa höher als vor dem Band.



Abbildung 11: Russ aus den zwei Wärmetauschern und den zwei Economisern



Abbildung 12: Brennstoffschicht ohne Russ



Abbildung 13: Manuelle Bandreinigung

Um die Bewegung des Bandes, und damit die Intensität der pneumatischen Reinigung des Bandes zu erhöhen, wurde die Brennstoffschichthöhe reduziert (120 statt 180 mm). Für die gleiche Menge Brennstoff muss das Band mehr bewegen, bzw. die pneumatische Reinigung wird intensiver.

4.1.4 Zentrierung des Bandes

Ein Schwenkwalzensystem kontrolliert, dass das Band immer zentriert über die Antriebsrollen geführt wird. Ein mechanischer Sensor kontrolliert permanent die Position des Bandes und die Steuerung aktiviert das Schwenkwalzensystem bei Bedarf.

Im November und Dezember 2019 kam es zu Fehlermeldungen, die einen manuellen Eingriff vor Ort nötig machten. Ursache war eine starke Verunreinigung des mechanischen Sensors. Das Band hat sich an die Seitenwand verschoben, sodass es blockierte. Über Fernwartung und mit Hilfe eines Mitarbeiters vor Ort konnte die Position des Bandes korrigiert werden. Solange der mechanische Sensor regelmässig kontrolliert und manuell gereinigt wird, funktioniert das System einwandfrei.

4.1.5 Schubboden

Der Schubboden transportiert den Brennstoff vom Bandabwurf zur Austragungsschnecke. Diese Baugruppe funktioniert fehlerfrei.



4.1.6 Austragungsschnecke

Die Querschnecke fördert den Brennstoff zur Transportschnecke. Die Steuerung der zwei Schnecken ist gekoppelt. Die zwei Schnecken sind abgestimmt und funktionieren einwandfrei.

Im Juni 2020 ist das Flanschlager beschädigt gewesen. Der Betreiber konnte die Reparaturarbeiten selbst durchführen.

4.1.7 Transportschnecke

Die Transportschnecke fördert den Brennstoff zum Kettenförderer 3, der zu den Kesseln führt. Diese Baugruppe funktioniert einwandfrei.

4.1.8 Sensorik

Die Sensorik ist entscheidend, um den Brennstofftransport zu gewährleisten. Für die Messung des Brennstoffniveaus werden Ultraschall-Sensoren eingesetzt. Im Projektverlauf sind die Ultraschall-Sensoren auf Grund der feuchten und schmutzigen Umgebung regelmässig ausgetauscht. Alternative Einbauorte und automatische Reinigungssysteme haben leider nicht zu einer ausreichenden Zuverlässigkeit geführt. Zur Sicherheit werden alle Ultraschall-Sensoren bei der wöchentlichen Wartung des Betreibers kontrolliert und gereinigt.

Die Temperatursensoren haben bis heute keine zusätzlichen Wartungsarbeiten verursacht und funktionieren fehlerfrei.

4.2 Ergebnisse Abgasfluss

4.2.1 Verteilung der Abgase im Trockner-Elektrofilter

Die Messung der Abgasgeschwindigkeit zeigte, dass der Abgasfluss sich gemäss den Berechnungen und den Simulationen verhält. Hier waren keine Anpassungen nötig.

4.2.2 Abgasventilator

Der Abgasventilator wurde entsprechend der Auslegung dimensioniert und funktioniert einwandfrei.

4.2.3 Rezirkulationsventilator

Im Teillastbetrieb ist zu viel kühles Abgas in die Mischkammer gefördert worden. Die Zieltemperatur von 110°C in der Mischkammer konnte nicht schnell genug erreicht werden. Durch die Reduktion der minimalen Drehzahl konnte die Temperatur in der Mischkammer auch im Teillastbetrieb erreicht werden.

4.3 Elektrofilter

Um die Funktion und Wirksamkeit des Elektrofilters zu überprüfen, wurden neben den Betriebsgrössen drei Feinstaub-Messkampagnen durchgeführt. Der Kanton Neuenburg hat zusätzlich die offizielle Emissionsmessung durchgeführt.

4.3.1 Funktion

Seit der Inbetriebnahme kam es im Elektrofilter durch Kurzschlüsse unregelmässig zu Betriebsunterbrüchen. Erste Überprüfungen über die Fernwartung und vor Ort zeigten ein



Aufschwingen der Elektrode. Welche Betriebszustände zum Aufschwingen führten konnte aber auch bei längeren Einsätzen vor Ort nicht lokalisiert werden.

Daraufhin wurde ein System zur optischen Überwachung vor Ort installiert. Dafür wurde eine Kontrollöffnung mit einer Plexiglasplatte versehen und ein Laser auf die Elektrode gerichtet um die Position zu überwachen. Mit Hilfe einer Webcam konnte die Position über die Steuerung überwacht und über Fernwartung kontrolliert werden. Durch die Verknüpfung mit den Betriebsdaten des Trockner-Elektrofilters konnte ausgeschlossen werden, dass ein bestimmter Betriebszustand (z.B. Strömungsverhältnisse) die Ursache für das Aufschwingen verantwortlich sind.



Abbildung 14: Kontrollöffnung mit dem Laser auf der Elektrode

Weitere Untersuchungen zeigten, dass die Elektrode sich durch die elektromagnetischen Kräfte bei sehr hohen Spannungsniveaus der Hochspannung aufschaukelte. Die Ursache lag in einer zu geringen Trägheit der Elektrode, die den elektromagnetischen Kräften nicht ausreichend entgegen wirken konnte.

Um dies zu verhindern wurde die Aufhängung der Elektrode im September 2020 überarbeitet um das Schwingen der Elektrode zu minimieren. Seitdem ist die Funktionsweise des Elektrofilters störungsfrei.

4.3.2 Feinstaubmessungen

Bei internen wie externen Feinstaubmessungen konnte Folgendes eruiert werden:

- Beim Eintritt des Trockners sind 200 bis 290 mg/Nm³ Feinstaub bei 11% O₂ gemessen worden. Die Brennstoffschicht wirkt als „mechanischer Filter“. Bis zu 50% der Gesamtstaubemissionen werden im Hackgut abgeschieden. Nach der Brennstoffschicht sind ca. 130 mg/Nm³ bei 11% O₂ noch im Abgas vorhanden.
- Die Kessel zeigen einen sehr sprunghaften Lastbetrieb. Daraus resultieren hohe Staub – und CO-Emissionen am Eintritt des Trockners. Die CO-Emissionen können durch das System nicht reduziert werden.



Abbildung 15: Lastschwankungen beim Kessel bis September 2020

In Tabelle 2 sind die Emissionswerte der drei Messkampagnen von OekoSolve und die Ergebnisse der Messung durch den Kanton Neuenburg aufgeführt.

Für die beiden 2 MW-Kessel sind folgende Grenzwerte gemäss der LRV einzuhalten:

- CO: 250 mg/Nm³ bei 11% O₂
- Feinstaub: 20 mg/Nm³ bei 11% O₂



Datum	Methode	Messung durch	Kesselleistung %	U (kV)	I (mA)	CO mg/Nm ³ bei 11% O ₂	PM mg/Nm ³ bei 11% O ₂
28.03.2019	Testo	OS	60	60	26	1435	1
28.03.2019	Testo	OS	70	60	30	483	4
28.03.2019	Testo	OS	90	60	18	865	6
10.12.2019	Gravimetrisch	OS	80	68	24	912	25
10.12.2019	Gravimetrisch	OS	80	70	21	809	27
10.12.2019	Gravimetrisch	OS	80	63	10	792	42
10.12.2019	Gravimetrisch	OS	80	0	0	895	99
10.12.2019	Gravimetrisch	OS	80	0	0	815	107
10.12.2019	Gravimetrisch	OS	80	69	20	972	30
12.02.2020	Gravimetrisch	OS	80	69	32	100	6
12.02.2020	Gravimetrisch	OS	80	70	32	20	2
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K1 35	60	12	1670	21
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K1 35	65	15	1250	16
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K1 80	56	9	443	31
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K1 80	0	0	431	97
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K2 30	65	20	3010	15
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K2 30	58	29	2330	4
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K2 70	70	30	1030	5
13.03.2020	Gravimetrisch	Kt NE	K2 70	69	27	136	6
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K1 30			51	<1
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K1 30			54	<1
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K1 100			318	50
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K1 100			355	109
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K2 30			128	212
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K2 30			<1	<1
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K2 100			33	34
27.01.2021	Gravimetrisch	Kt NE	K2 100			<1	<1
27.01.2021	Gravimetrisch	Wanner	K1 80			259	2
27.01.2021	Gravimetrisch	Wanner	K1 80			97	7

Tabelle 2: Resultate der Feinstaubmessungen (grün hinterlegt – Grenzwert nach LRV eingehalten)



Bei den Staubmessungen, bei welchen die Position der Elektrode stabil blieb, liegt die Abscheidewirkung des Elektrofilters bei bis zu 95%. Die Resultate nach dem Abscheider der kantonalen Messung liegen bei Kessel 2 zwischen 4 und 15 mg/Nm³ bei 11% O₂.

Die CO-Werte liegen auf einem hohen Niveau. Durch Einregulierung und einen erhöhten Wärmebedarf durch den Ausbau des Wärmeverbunds sollten die CO-Emissionen weiter reduziert werden können.

Die Emissionsmessungen wurden vor dem September 2020 durchgeführt, also bevor die Ursache für das Schwingen der Elektrode ermittelt und behoben war. Daher wurde die Emissionsmessung im Jahr 2021 wiederholt. Die hohen Staubwerte bei Kessel 1 in der Vollast (Messung vom 27.01.2021) konnten auf einen überfüllten Zyklon zurückgeführt werden. Dadurch wurden Staubpartikel mitgerissen und führten zu erhöhten Staubkonzentrationen. Bei der Wiederholungsmessung im Juni 2021 konnten die Grenzwerte gemäss LRV auch für Kessel 1 eingehalten werden..

Die Messberichte des Kantons Neuenburg und der Wanner Expert GmbH liegen im Anhang bei.

4.4 Trocknungsergebnisse und Wirtschaftlichkeit

4.4.1 Trocknungsergebnisse zwischen Januar 2019 und März 2020

Die Daten über den Wassergehalt des Brennstoffs im Ein- und Austritt des Trockners wurden mit dem vorgestellten Hackgutfeuchtetransmitter aufgenommen und verarbeitet.

Im Vorfeld wurde festgehalten, dass der Wassergehalt des Brennstoffes vor dem Trockner bei W50 liegen sollte. Die Resultate der Messung des Wassergehaltes zeigen, dass dieser Wert im aktuellen Betriebsmodus mit W30 bis W42 geringer ist.

Da die benötigte Leistung in der aktuellen Ausbaustufe des Wärmeverbunds noch zu gering ist, liegt der Brennstoff länger im Silo als geplant und ein Teil der Brennstofffeuchte verdunstet bereits im Silo.

In Tabelle 3 finden sich die über einen Monat gemessene und gemittelte Brennstofffeuchte vor bzw. nach der Trocknung im Trockner-Elektrofilter.



	Monatsdurchschnitt Eintritt W%	Monatsdurchschnitt Austritt W%	Differenz
2019.01	40.5	13.0	27.5
2019.02	36.9	25.6	11.3
2019.03	42.0	21.1	20.9
2019.04	36.0	8.1	27.9
2019.05	35.8	7.3	28.4
2019.06	Keine Daten erhoben		
2019.07	28.6	6.3	22.3
2019.08	26.9	4.9	22.0
2019.09	27.2	9.0	18.3
2019.10	29.4	5.9	23.4
2019.11	36.2	14.8	21.4
2019.12	39.2	18.8	20.4
2020.01	37.4	20.1	22.2
2020.02	38.2	20.8	17.4
2020.03	38.1	23.9	14.2
Durchschnitt 2019-2020	35.2	14.2	21.3

Tabelle 3: Wassergehalt vor und nach dem Trockner

Aus den Daten ist klar zu erkennen, dass der Wassergehalt im Brennstoff vor dem Trockner im Sommer tiefer ist als im Winter. Im Sommer wird der Brennstoff aufgrund der höheren Aussentemperaturen und dem geringen Wärmebedarf im Silo bereits vorgetrocknet.

	Wassergehalt Eintritt W%	Wassergehalt Austritt W%	Differenz
Durchschnitt "Sommer" 04.-10. 2019	30.6	6.9	23.7
Durchschnitt "Winter" Anfangs 2019 und Winter 2019-2020	38.6	19.8	19.4

Tabelle 4: Wassergehalt vor und nach dem Trockner in Sommer und in Winter

Für die wirtschaftliche Betrachtung wird daher zwischen Winter- und Sommerbetrieb unterschieden.

4.4.2 Brennstoffeinsparung im Winter

Als Basis für die Berechnung gelten eine Brennstofffeuchte von 38% vor dem Trockner und eine Trocknungsleistung auf 20% Brennstofffeuchte nach dem Trockner.

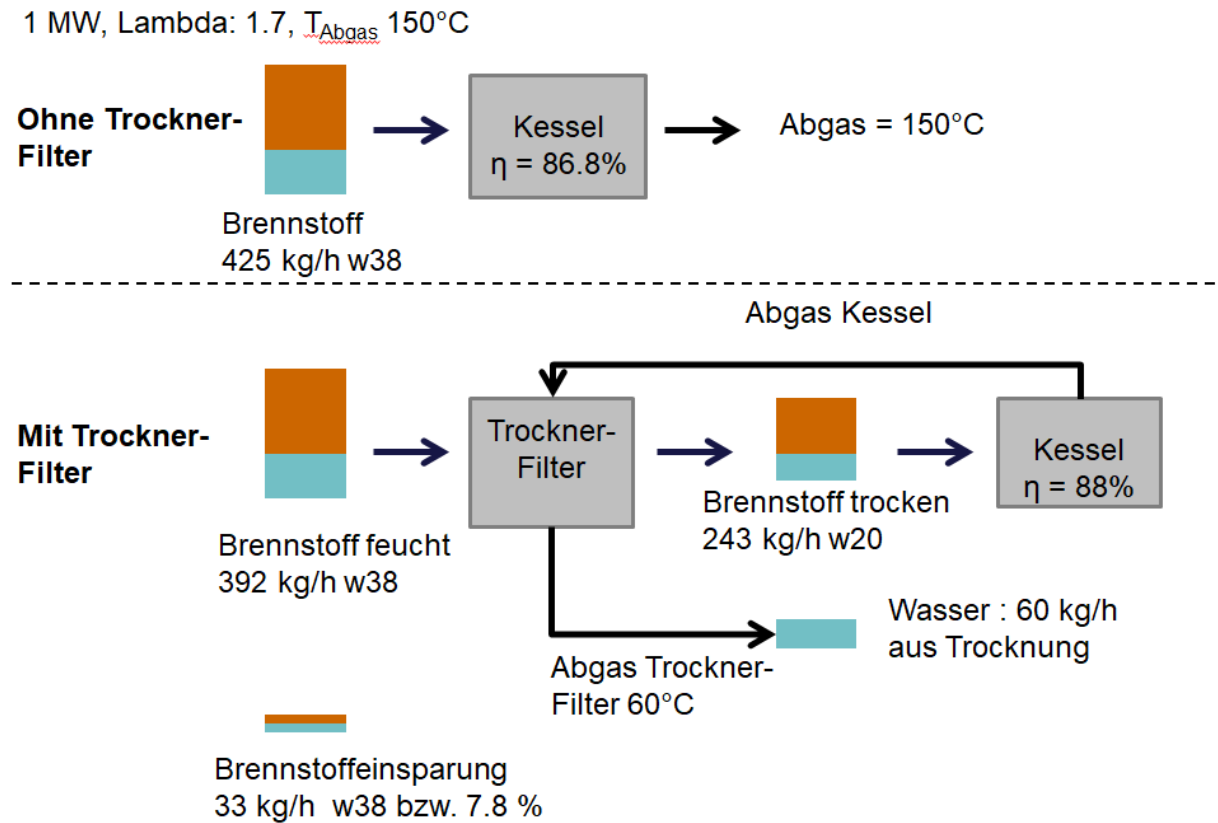


Abbildung 16: Brennstoffeinsparung in Winter

Ausgehend von einem Kesselwirkungsgrad von 86.7% mit Brennstoff mit einer Feuchte von 38%, benötigt der Kessel für die Wärmeleistung von 1 MWh 425 kg Brennstoff.

Wird der Wassergehalt des Brennstoffs durch die Trocknung auf 20% reduziert, dann benötigt der Kessel für die gleiche Wärmeleistung von 1 MWh 243 kg/h. Um diese Menge von trockenem Brennstoff zu erhalten, muss vor der Trocknung 392 kg/h feuchter Brennstoff zur Verfügung gestellt werden. Durch den getrockneten Brennstoff erhöht sich der Wirkungsgrad des Kessels um 0.4% auf 88%.

Die Brennstoffeinsparung durch die zurückgeführte Energie in Form der Kesselabgase beträgt 33 kg/h oder 7.8%.

4.4.3 Brennstoffeinsparung im Sommer (Trocknung von W30 auf W7)

Im Sommer gilt die ermittelte Brennstofffeuchte von 30% vor dem Trockner und die durch die Trocknung erreichte Brennstofffeuchte von 7% nach dem Trockner als Ausgangslage für die Berechnung.

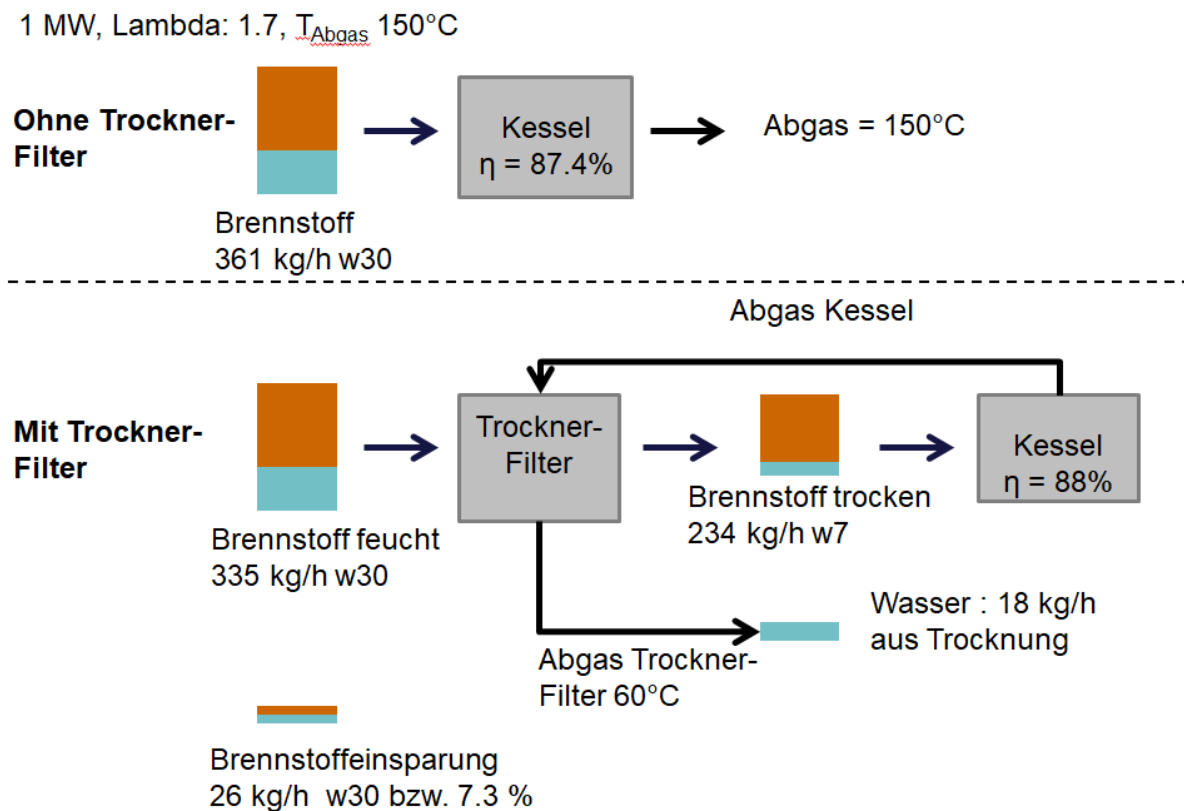


Abbildung 17: Brennstoffeinsparung in Sommer

Bei einer Brennstofffeuchte von 30% liegt der Kesselwirkungsgrad bei 87.4%. Die benötigte Brennstoffmenge für 1 MWh beträgt somit 361 kg.

Durch die Trocknung auf 7% Brennstofffeuchte erhöht sich der Kesselwirkungsgrad auf 88% und es werden 234 kg für die Erzeugung von 1 MWh benötigt. Um diese Menge für die Verbrennung zu erhalten, müssen vor der Trocknung 335 kg feuchter Brennstoff bereitgestellt werden.

Die Brennstoffeinsparung beträgt somit 26 kg/h oder 7,3% für 1 MWh.

Die durchschnittliche Brennstoffeinsparung liegt auf Grund der Daten von Anfang März 2019 bis Ende März 2020 bei 7.5%.

Neben der Messung mit dem Hackgutfeuchtemessgerät hat die Fachhochschule Yverdon (Institut de Génie Thermique (IGT)) Brennstoffstichproben vor und nach dem Trockner analysiert. Die Analyse zeigt, dass die durchschnittliche Brennstoffeinsparung bei 8% liegt.

Die Bestimmung ergab bei dem feuchten Brennstoff vor dem Trockner eine Brennstofffeuchte von 30.6% und somit einen Heizwert von 3.27 kWh/kg. Durch die Trocknung konnte im getrockneten Brennstoff ein Heizwert von 4.73 kWh/kg bei einer Brennstofffeuchte von 4.6 % ermittelt werden. Somit ist der Heizwert im Brennstoff nach der Trocknung um 31% höher.

Da für die Wärmeerzeugung durch die Trocknung weniger Brennstoff benötigt wird, liegt die Brennstoffeinsparung effektiv bei 5.5%. Unter Berücksichtigung der Trocknungsenergie, welche aus dem Abgas des Kessels, also auch aus dem Brennstoff gewonnen wird, liegt die effektive Brennstoffeinsparung bei 8%. Der Messbericht der Fachhochschule Yverdon liegt im Anhang bei.



Diese Resultate entsprechen nicht den Simulationen, welche vor dem Projektbeginn durchgeführt worden sind. Dies aus den folgenden zwei Gründen:

- Der Wassergehalt des Brennstoffes beim Eintritt des Trockners ist um 10 bis 20% tiefer als vom Betreiber bei der Auslegung angegeben. Dies liegt vermutlich an der tiefen Auslastung der Kesselanlage. Dadurch bleibt der Brennstoff viel länger im Silo und ein Teil des Wassers verdunstet.
- Im momentanen Ausbaustadium des Wärmeverbunds kommt es zu längeren Phasen in welcher die Kessel in Schwachlast betrieben werden. Dies wirkt sich negativ auf die Trocknungsleistung aus, da die Temperatur von 110°C in der Mischkammer nur knapp erreicht wird. Um den Wirkungsgrad und die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu verbessern, sollten die Kessel nicht unter einer Last von 30% betrieben werden. Dies wird der Fall sein, wenn der Wärmeverbund ausgebaut ist.

4.4.4 Quantifizierung der Brennstoffeinsparung

Die Quantifizierung der Brennstoffeinsparung beruht auf den gemessenen Brennstofffeuchten, der abgeleiteten Brennstoffeinsparung und dem Brennstoffpreis von CHF 21.28 für den Schüttraummeter Hackgut. Bei der Berechnung wird von 8'000 Betriebsstunden pro Jahr ausgegangen.

W% vor dem Trockner	30.6%	gemessen
W% nach dem Trockner	4.6%	gemessen
Brennstoffeinsparung	8%	gerechnet
kg/Srm3 bei W50%	290	gerechnet
Preis Srm3 nass W50% CHF	21.28	Information BeroCAD
Betriebsstunden pro Jahr Bh/a	8000	Information BeroCAD

Tabelle 5: Angaben für die Quantifizierung der Brennstoffeinsparung und Wirtschaftlichkeit



4.4.5 Investitionsvergleich Trockner-Elektrofilter gegenüber Elektrofilter

Als Basis für den Vergleich zu einem konventionellen Elektrofilter für den Wärmeverbund wird von CHF 150'000.- Mehrkosten für den Trockner-Elektrofilter ausgegangen.

	Einheit	Mehrkosten gegenüber E-Filter
Investition	CHF	+150'000
Zinsen (2%)	CHF/a	+ 3'000
Unterhalt und Service mit Ersatzteilen - Mehrkosten Betreiber 52h a 60 CHF (0.5h Unterhalt & 0.5h Störung) - Service & Ersatzteile inkl. 2 Ventilator	CHF/a	+ 7'500
Amortisation auf 20 Jahre	CHF/a	+7'500
Total Kapitalkosten und Fixkosten	CHF/a	+ 18'000
Mehrkosten Strom im Jahr 2018/19 in 0.15 CHF/kWh	CHF/a	+3'730
Total Kosten 2018/19	CHF/a	+21'730

Tabelle 6: Mehrkosten gegenüber konventionellem Elektrofilter

Die Kapitalkosten für die Investition in den Trockner-Elektrofilter werden bei einem Zins von 2% mit CHF 3'000.- berechnet. Der Mehraufwand an Unterhalt und Ersatzteilen wird mit CHF 7'500.- pro Jahr veranschlagt. Bei einer Amortisation über 20 Jahre entstehen jährlich CHF 7'500.-. So ergeben sich Kapital- und Fixkosten von CHF 18'000.- pro Jahr.

Zusätzlich müssen die Mehrkosten für zusätzlichen Stromverbrauch (Ventilatoren, Antriebe) durch den Trockner-Elektrofilter berücksichtigt werden. Dieser liegt bei CHF 3'730.- für die Heizperiode im Jahr 2018/19. So ergeben sich Gesamtkosten von CHF 21'730.- für Kapital

Der Wärmeverbund erzeugte im Betriebsjahr 2018/19 6'650 MWh. Auf dieser Grundlage ergibt sich bei den eingesetzten Brennstoffkosten und der Kostenstruktur für Kapital und Unterhalt ein Defizit von CHF 4'706.-.



	Einheit	Menge
Preis pro Srm3 w50 (0.032 CHF/kWh)	CHF/Srm3	21.28
Produzierte Energie im Betriebsjahr 2018/2019	MWh/a	6'650
Brennstoffmenge Srm3 w35 bis w50 (2018/2019)	Srm3/a	10'000
Kosten Brennstoff im Jahr 2018/2019	CHF/a	212'800
Einsparung Brennstoffmenge (Ø8%)	Srm3/a	800
Einsparung Brennstoffkosten (Ø8%)	CHF/a	17'024
Total Kapitalkosten und Fixkosten	CHF/a	-18'000
Mehrkosten Strom 18/19	CHF/a	-3'730
Gewinn/Verlust im Jahr 18/19	CHF/a	-4'706

Tabelle 7: Wirtschaftlichkeit 2018-2019

Der Wärmeverbund wird ständig erweitert und im Jahr 2024/25 ist der Endausbau des Wärmeverbundes geplant. Im Vollausbau wird der Wärmebedarf auf 16'400 MWh geschätzt. Daraus ergibt sich folgende Berechnung.

	Einheit	Menge
Preis pro Srm3 w50 (0.032 CHF/kWh)	CHF/srm3	21.28
Geplante Energie Erzeugung im Betriebsjahr 2024/25	MWh/a	16'400
Brennstoffmenge srm3 w35 bis w50	Srm3/a	24'800
Kosten Brennstoff	CHF/a	527'744
Einsparung Brennstoffmenge (Ø8%)	Srm3/a	1'984
Einsparung Brennstoffkosten (Ø8%)	CHF/a	42'220
Total Kapitalkosten und Fixkosten	CHF/a	-18'000
Mehrkosten Strom 2024/25	CHF/a	-9'573
Gewinn/Verlust im Jahr 25/26	CHF/a	+14'647

Tabelle 8: Wirtschaftlichkeit beim Endausbau des Wärmeverbunds BeroCAD

Die Brennstoffeinsparung von 8% schlägt sich in einem Betrag von CHF 42'200.- nieder. Dem stehen die Kapital- und Fixkosten für Unterhalt und Ersatzteile von CHF 18'000.- sowie die gestiegenen Stromkosten von CHF 9'573.- gegenüber. Daraus ergibt sich ein Gewinn durch die Brennstofftrocknung von CHF 14'647.-.

Die folgenden Berechnung zeigt, dass die Gewinnschwelle des Trockner-Elektrofilters bei rund 9'000 MWh liegt.



	Einheit	Menge
Preis pro Srm3 w50 (0.032 CHF/kWh)	CHF/srm3	21.28
Geplante Energie Erzeugung im Betriebsjahr	MWh/a	9'044
Brennstoffmenge srm3 w35 bis w50	Srm3/a	13'600
Kosten Brennstoff	CHF/a	289'408
Einsparung Brennstoffmenge (Ø8%)	Srm3/a	1'088
Einsparung Brennstoffkosten (Ø8%)	CHF/a	23'153
Total Kapitalkosten und Fixkosten	CHF/a	-18'000
Mehrkosten Strom	CHF/a	-5'151
Gewinn/Verlust	CHF/a	+1

Tabelle 9: Gewinnschwelle in Bezug auf die erzeugte Energie



5 Schlussfolgerungen und Fazit

Im Umfang des BFE Projekts zum Trockner-Elektrofilter konnte ein neuartiger Einsatz durch die Kombination von bestehenden Technologien erfolgreich umgesetzt werden. Auf der technischen Seite konnte gezeigt werden, dass die verknüpften Technologien zuverlässig und gemäss den Anforderungen funktionieren. Die ökonomische Betrachtung zeigt auf, dass der Trockner-Elektrofilter bei der durchschnittlichen Brennstoffeinsparung von 8% unter den zukünftigen Rahmenbedingungen (Ausbau des Wärmeverbunds) einen Mehrwert generiert und die höheren Investitionskosten rechtfertigt.

5.1 Effizienzsteigerung bzw. Brennstoffeinsparung

Die Trocknungsleistung des Systems konnte nachgewiesen werden. Im Sommer lag die Trocknungsleistung von 30% auf 7% Brennstofffeuchte und im Winter von 38% auf 20%. Die daraus resultierende Brennstoffeinsparung liegt bei 8% und somit nicht bei den angestrebten 10%. Durch folgende Massnahmen wird die Trocknungsleistung zukünftig gesteigert und die vereinbarte Brennstoffeinsparung erreicht werden.

- Der Wassergehalt im Brennstoff vor dem Trockner ist tiefer als vorgesehen. In den Rahmenbedingungen ist man von einer Brennstofffeuchte von 50% ausgegangen. Bei einem höheren Wassergehalt wird der Trockner effektiver arbeiten.
- Die momentan geringe Auslastung führt dazu, dass die Kessel im unteren Lastbereich arbeiten und dadurch das die Abgasmenge gering und auf einem niederen Temperaturniveau ist. Die Konsequenz ist, dass die Zieltemperatur in der Mischkammer nur durch starke Reduktion der unter den 110 °C bleibt. Sobald die Auslastung der Kessel höher wird, bzw. der Wärmebedarf durch den Ausbau des Wärmeverbunds erhöht wird, wird auch die Trocknungsleistung gesteigert werden.

5.2 Einhaltung der Emissionsgrenzwerte

Die Emissionswerte für Staub und CO konnten nur zeitweise eingehalten werden. Grund dafür ist zum einen das Aufschaukeln der Elektrode im Elektrofilter und zum anderen eine ausstehende Einregulierung der beiden Kessel im Volllastbetrieb.

Die Staubmessungen zeigen allerdings, dass Abscheidewirkungen von bis zu 95% erreicht werden, wenn das Aufschaukeln der Elektrode nicht aufgetreten ist. Die Grenzwerte nach der LRV konnten mit 4 bis 15 mg/ Nm³ bei 11% O₂ eingehalten werden.

Die Einhaltung des CO-Grenzwertes von 250 mg/mNm³ bei 11% O₂ konnte nicht nachhaltig nachgewiesen werden. Nur während einer Messung konnte der Wert unterschritten werden. Der Trockner-Elektrofilter hat keinen Einfluss auf die Reduktion des CO-Wertes.

Die Aufhängung der Elektrode wurde inzwischen überarbeitet und die kantonale Emissionsmessung wurde im Jahr 2021 wiederholt. Dabei konnten die Grenzwerte gemäss LRV nachgewiesen werden.



5.3 Wirtschaftlichkeit

Im Betriebsjahr 2018/19 war die erzeugte Wärmeenergie mit 6'650 MWh auf einem niedrigen Niveau und die Fixkosten konnten mit der Brennstoffeinsparung von 8% noch nicht gedeckt werden. Es entstand ein Defizit der Anlage von 4'706 CHF.

Durch den Zusammenschluss mit dem Wärmeverbund von Gorgier und den Anschluss verschiedener Siedlungen und Gebäuden bis Ende Jahr 2020 sollte der Wärmebedarf um bis zu 30% steigen. Ab einer Energiemenge von 9'044 MWh ist der Trockner-Elektrofilter im Vergleich zu einer konventionellen Abgasreinigungsanlage wirtschaftlich zu betreiben.

Geplant ist, bis im Jahr 2024/25 den Wärmeverbund kontinuierlich auszubauen. Die Energiemenge sollte im Vollausbau des Wärmeverbunds auf rund 16'400 MWh anwachsen. Wodurch die Anlage im Jahr 2024/25 einen Gewinn von rund 14'000 CHF/a durch die Brennstoffersparnis generiert.

5.4 Verlauf /Stolpersteine

5.4.1 Planung und Herstellung

OekoSolve wurde 2007 gegründet und ist Hersteller von Elektrofiltern. Die Kernkompetenzen sind in den Bereichen Elektrotechnik und Softwareentwicklung sowie der Konstruktion und Herstellung von Elektrofiltern für jegliche Holzfeuerung von 0 bis 3'000 kW. Der Fokus liegt darauf, modulare Systeme zu entwickeln welcher später in hoher Stückzahl zum Einsatz kommen.

Die Entwicklung und Herstellung des Trockner-Elektrofilters stand im Gegensatz zur Strategie der Serienfertigung. Die Herausforderung bestand darin, das Denken in der Dimension des Anlagen- und Projektgeschäfts zu verinnerlichen und die Ressourcen zielgerichtet einzusetzen. Neben der Entwicklung war auch die Produktion eine neue Dimension. Es mussten grössere Räumlichkeiten angemietet und neue Fertigungstechniken angewendet werden.

5.4.2 Technische Herausforderungen

Seit der Inbetriebnahme konnten im Zuge des Monitorings einige technische Lösungen verfeinert werden. Besondere Herausforderungen stellten sich in folgenden Bereichen.

- Dosierung Brennstoff: Verstopfungen und unregelmässige Beschickung konnten durch oszillierende Ansteuerung der Dosierschnecke gelöst werden
- Bandantrieb: Der Antriebsmotor des Bandes war zu schwach ausgelegt und musste ausgetauscht werden. Im weiteren Verlauf wurde die Antriebsrolle durch eine kunststoffbeschichtete Rolle ersetzt um die Reibung zwischen Antriebsrolle und Band zu erhöhen. Weiter wurden die Lager der Unterlagsrollen von Chromstahl auf Kunststoff gewechselt, da diese sich festgesetzt hatten.
- Reinigung Trocknungsband: Das Band wird mit Russ aus der pneumatischen Abreinigung der Wärmetauscher im Kessel und der Economiser belegt. Durch die Reduktion der Brennstoffschichthöhe kann der Effekt der Druckluftabreinigung des Bandes intensiviert werden, da das Band weitere Strecken für die gleiche beförderte Brennstoffmenge fahren muss. Weiter muss allerdings zweimal jährlich eine manuelle Reinigung des Bandes mit dem Hochdruckreiniger vorgenommen werden.
- Schwingen der Elektrode: Das Hochspannungsmodul des Elektrofilters zeigte regelmässige Durchläge. Das Schwingen der Elektrode konnte mit Hilfe eines Lasersystems überwacht und



lokalisiert werden. Die Elektrode wurde versteift und dadurch wurde ein sicherer Betrieb des Elektrofilters hergestellt.

- Verschmutzung der Füllstandsensoren: Durch den dauerhaften Betrieb kam es durch Verschmutzung zum Ausfall der Füllstandsensoren. Durch eine neue Anordnung und mechanische Anpassungen konnte die Verschmutzung reduziert und das manuelle Reinigungsintervall verlängert werden.

5.4.3 Zusammenarbeit mit dem Kesselhersteller

Die Zusammenarbeit mit Binder Energietechnik GmbH, AT-8572 Bärnbach und der Vertretung Iseli SA, CH-1623 Semsales hat gut funktioniert. Da OekoSolve und Iseli schon lange im Bereich Elektrofilter zusammen arbeiten, war die Basis für eine gute Zusammenarbeit gegeben.

5.4.4 Zusammenarbeit mit BeroCAD

Die Zusammenarbeit mit BeroCAD war immer gut. Der Kunde hatte schon seit 2016 den ersten Trockner-Elektrofilter für den 2 MW Kessel betrieben und kannte die Technologie. Er hat den Mut gehabt, den Weg weiterzugehen und für die 4 MW-Anlage, einen neuen Trockner-Elektrofilter zu bestellen.

Mit dem Betreiber Viteos SA, CH- 2000 Neuchâtel, konnte ein lokaler Partner gefunden werden, welcher sich schnell mit der Technik des Trockner-Elektrofilters vertraut gemacht hat. Dadurch konnte vor Ort schnell reagiert und kleinere Störungen mit Unterstützung von OekoSolve umgehend behoben werden.

5.4.5 Erkenntnisse von OekoSolve

Den Schritt zu wagen, eine Neuentwicklung in diesem Rahmen voranzutreiben war sicher eine mutige Entscheidung und grosse Herausforderung für das Unternehmen. Der Personalbestand wurde für die Entwicklung nicht explizit erhöht. Dadurch wurde ein Grossteil der Ressourcen gebunden und der Entwicklungsaufwand überstieg dabei die geplanten Kosten.

Dank der Unterstützung des Bundesamts für Energie konnte die negative Schlussrechnung gedämpft werden und das Monitoring mit den nötigen Ressourcen durchgeführt werden.

5.5 Offene Arbeiten

5.5.1 Wiederholung der offiziellen Emissionsmessung

Da bei der offiziellen Emissionsmessung durch den Kanton Neuenburg in März 2020 die Grenzwerte für Staub und CO nicht vollständig eingehalten wurden, ist eine Wiederholungsmessung für Januar 2021 angesetzt.

Vor der kantonalen Emissionsmessung müssen Messkampagnen in Zusammenarbeit mit dem Kesselhersteller durchgeführt werden, um die Einstellungen an den Kesseln und am Trockner-Elektrofilter im Volllastbetrieb zu optimieren. Dies wird zwischen Dezember 2020 und Januar 2021 stattfinden



6 Ausblick und zukünftige Umsetzung

Die Erfahrungen und Erkenntnisse die im Umfang dieses Projektes gewonnen wurden, können für weitere Projekte genutzt und bei deren Umsetzung hilfreich eingesetzt werden. Sie sollen auch bei der Entscheidung über die Machbarkeit für weitere Projekte mit einfließen.

6.1 Technische Randbedingungen für weitere Projekte

Damit in den nächsten Projekten eine gewisse Rationalisierung in der technischen Auslegung und Umsetzung erzielt werden kann, können aus dem Projekt folgende Rahmenbedingungen abgeleitet werden, die bei der technischen und wirtschaftlichen Auslegung eingehalten bzw. beachtet werden müssen

- Örtliche Begebenheiten müssen gegeben sein, damit die bereits vorhandenen Komponenten wieder verwendet werden können.
- Vorgängige Messung der Brennstofffeuchte von mindesten 50% Wassergehalt im Sommer- und Winterbetrieb, um die Brennstoffeinsparung beziffern zu können
- Einbau eines Brennstoffbypass, um die Energieerzeugung immer zu gewährleisten, auch wenn eine Transportkomponente des Trockners ausfallen würde.
- Abstimmung mit Kessellieferant über Eigenschaften des Kessels im Umgang mit getrocknetem und ggf. feuchtem Hackgut im Störfall des Trockner-Elektrofilters.
- Bereitschaft und Möglichkeiten des Betreibers für wöchentliche Wartungsarbeiten im Umfang von einer Arbeitsstunde.

6.2 Wirtschaftliche Randbedingungen für weitere Projekte

Um eine wirtschaftliche Beurteilung zu erstellen, sind in der Projektierungsphase bei weiteren Projekten folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Kesselleistung
- Wärmebedarf
- Brennstoffkosten
- Kosten für Brennstofflogistik
- Stromkosten für zusätzliche Verbraucher (Abgasgebläse, Antrieb, Brennstofflogistik)
- Kapitalkosten
- Kostenstruktur für Servicearbeiten

6.3 Kommerzialisierung

Aus Sicht von OekoSolve kann der Trockner-Elektrofilter in der jetzigen Bauform bei Kesselanlagen ab 1 MW wirtschaftlich betrieben werden. Bei Kesselleistungen unter 1 MW ist der technische Aufwand zu hoch um die Investition aus wirtschaftlicher Perspektive zu rechtfertigen.

Aus personellen Ressourcengründen wird im Moment keine aktive Akquise für neue Projekte im Bereich des Trockner-Elektrofilters betrieben. Der Fokus liegt Moment darauf weitere Erkenntnisse zu sammeln und die Technik weiter zu verfeinern um die Funktion und Zuverlässigkeit zu verbessern.



6.4 Keller AG: Trockner-Elektrofilter 2 MW

Dank dem Projekt BeroCAD und der Unterstützung des BFE konnte ein zweiter Trockner-Elektrofilter verkauft werden. Mit der Firma Konrad Keller AG in CH-8746 Unterstammheim/ZH konnte ein weiteres Projekt für einen Wärmeverbund mit 2 MW Wärmeleistung umgesetzt werden. Die Lieferung und die Montage fanden im zweiten Semester 2018 statt. Die Inbetriebnahme hat im Dezember 2018 stattgefunden.

Die Emissionsmessung hat am 9.12.2019 stattgefunden. Die Feinstaubmesswerte lagen mit 6 bis 8 mg/Nm³ bei 11% O₂. Der Messbericht findet sich im Anhang.

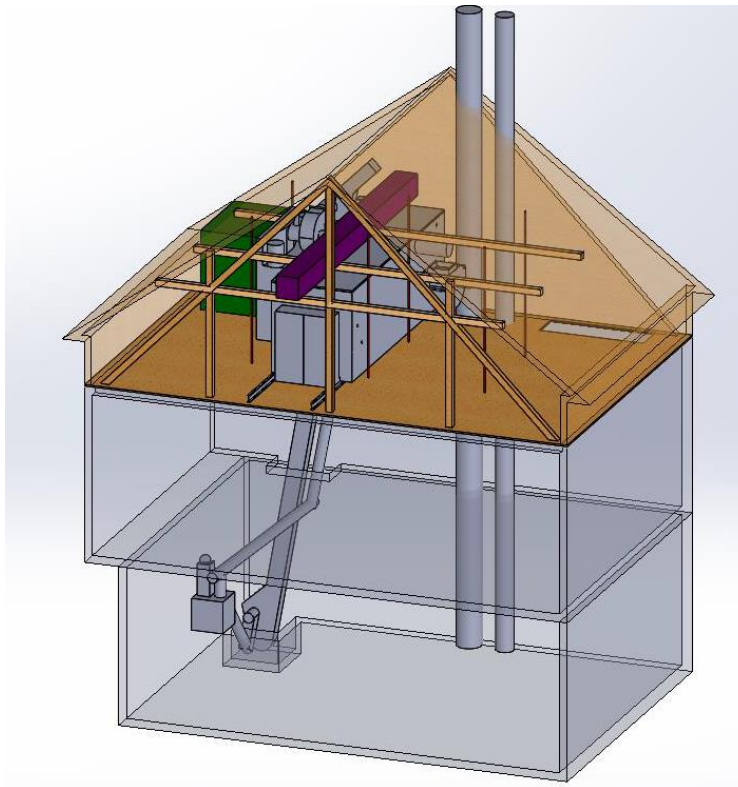


Abbildung 18: Situation bei Keller AG (Trockner-Elektrofilter 2 MW)



6.5 Trockner-Elektrofilter für kleinere Kesselleistungen

Im Juni 2018 wurden die ersten Überlegungen für eine Variante vom Trockner-Elektrofilter für kleinere Kesselleistungen in Form eines runden Prototyps umgesetzt. Die erste Version wurde anfangs 2019 fertig gestellt. Aus Kapazitätsgründen wurde das Projekt bis jetzt nicht weiterverfolgt.



Abbildung 19: Prototyp Trockner-Elektrofilter für kleinere Kesselleistungen



7 Nationale und internationale Zusammenarbeit

- Auftraggeber BeroCAD SA.
- Iseli AG, Kesselimporteur aus CH-1623 Semsales.
- Binder, Kesselhersteller aus AT- 8572 Bärnbach.
- Zusammenarbeit mit unseren Lieferanten (Metallverarbeitende Betriebe aus dem Rheintal).

8 Kommunikation

Da OekoSolve aktuell keine Ressourcen freistellen kann, um eine aktive Akquise auf dem Markt zu lancieren, sind die Disseminationsaktivitäten eingefroren worden. 2019 haben noch Fachmessen stattgefunden und die Informationen über den Trockner-Elektrofilter sind verbreitet worden. OekoSolve war mit einem Stand an der ISH Frankfurt in März 2019, der Ligna Hannover im Mai 2019 und an der Holzmesse Basel im Oktober 2019. 2020 konnte der Trockner-Elektrofilter an der Swissbau Basel im Januar vorgestellt werden. Anschliessend sind die meisten Messen bedingt durch die Pandemie abgesagt worden.

9 Publikationen

- Holzenergiesymposium 2018:
Beitrag unter https://www.holzenergie-symposium.ch/15.HES/Beitraege/HES15-Beitraege_all.zip
- Tagung Holzenergie in Biel 2019 31.01.2019:
Nassschnitzel mit Abgasen trocknen – Effizienzsteigerung und Emissionsminderung, Daniel Jud.

10 Literaturverzeichnis

Keine Literatur



11 Anhang

11.1 Komponenten des Trockner-Elektrofilters

11.1.1 Übersicht

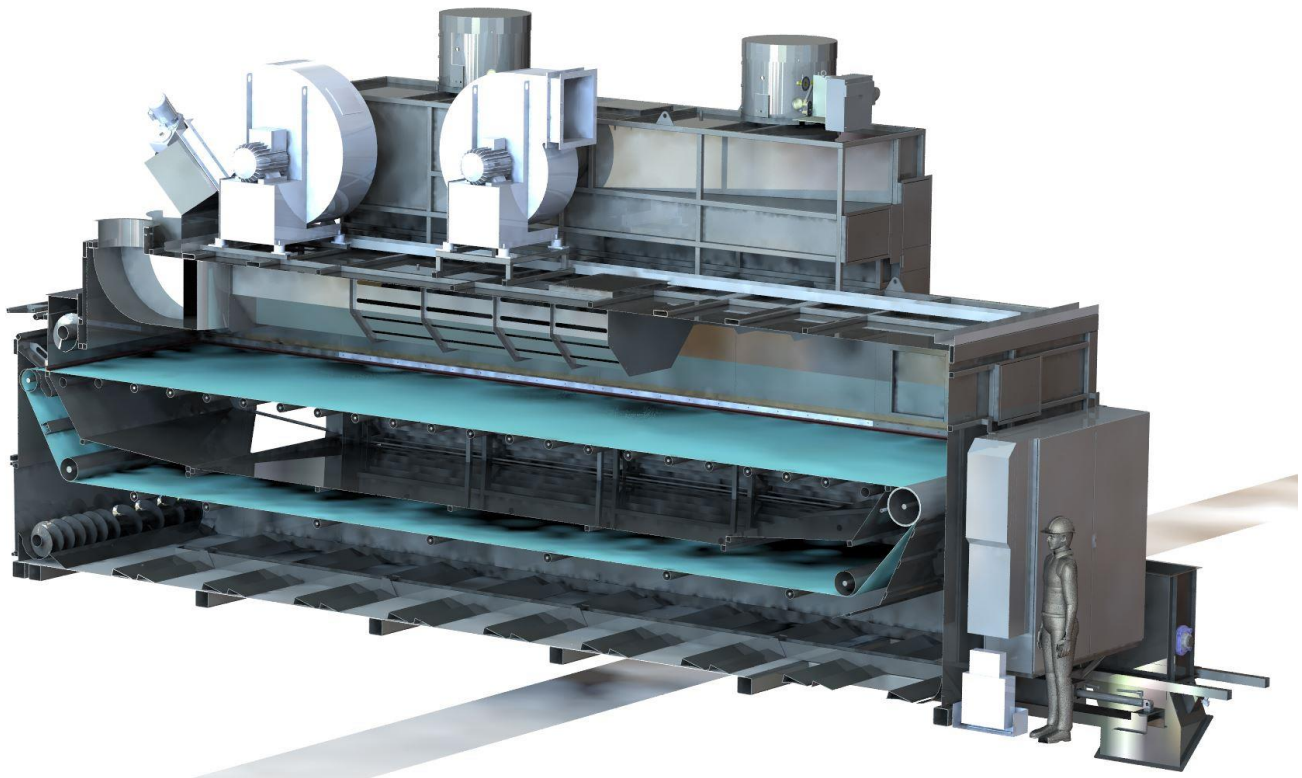


Abbildung 20: Schnittbild Trockner-Elektrofilter



11.1.2 Komponenten

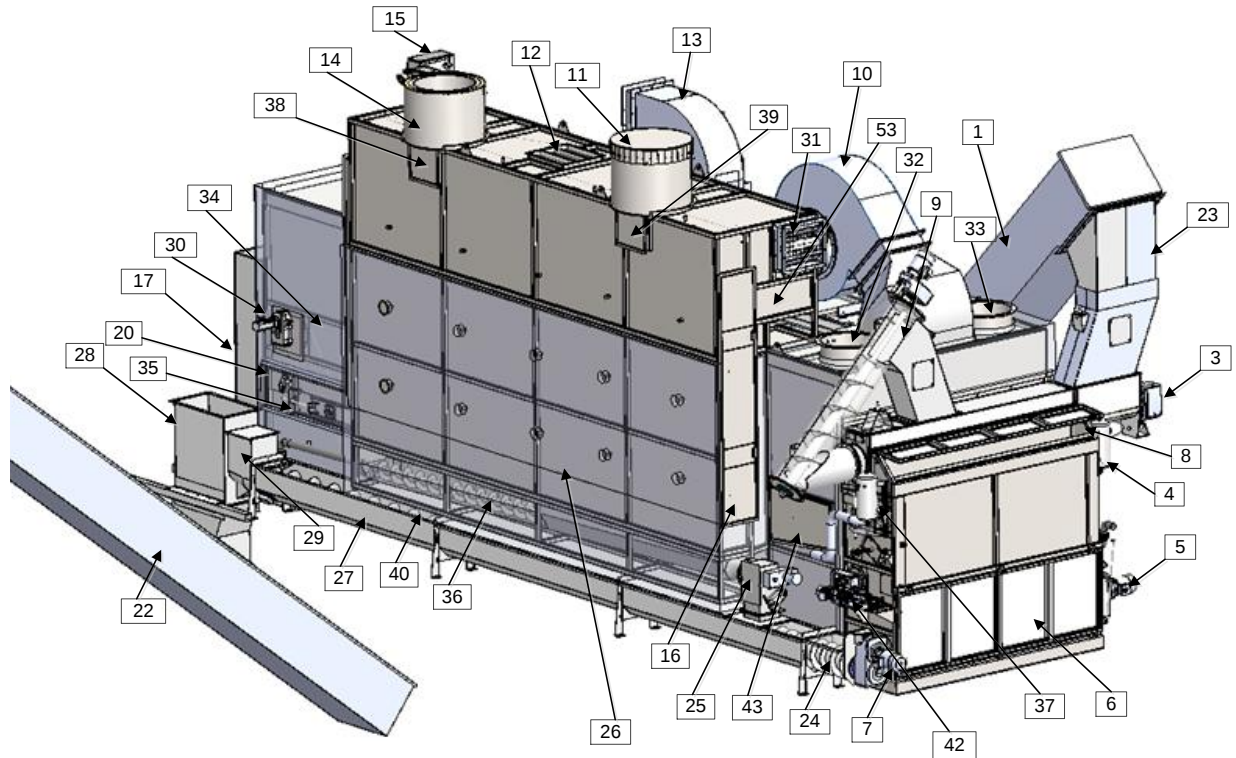


Abbildung 21: Komponenten Trockner-Elektrofilter, Rückseite

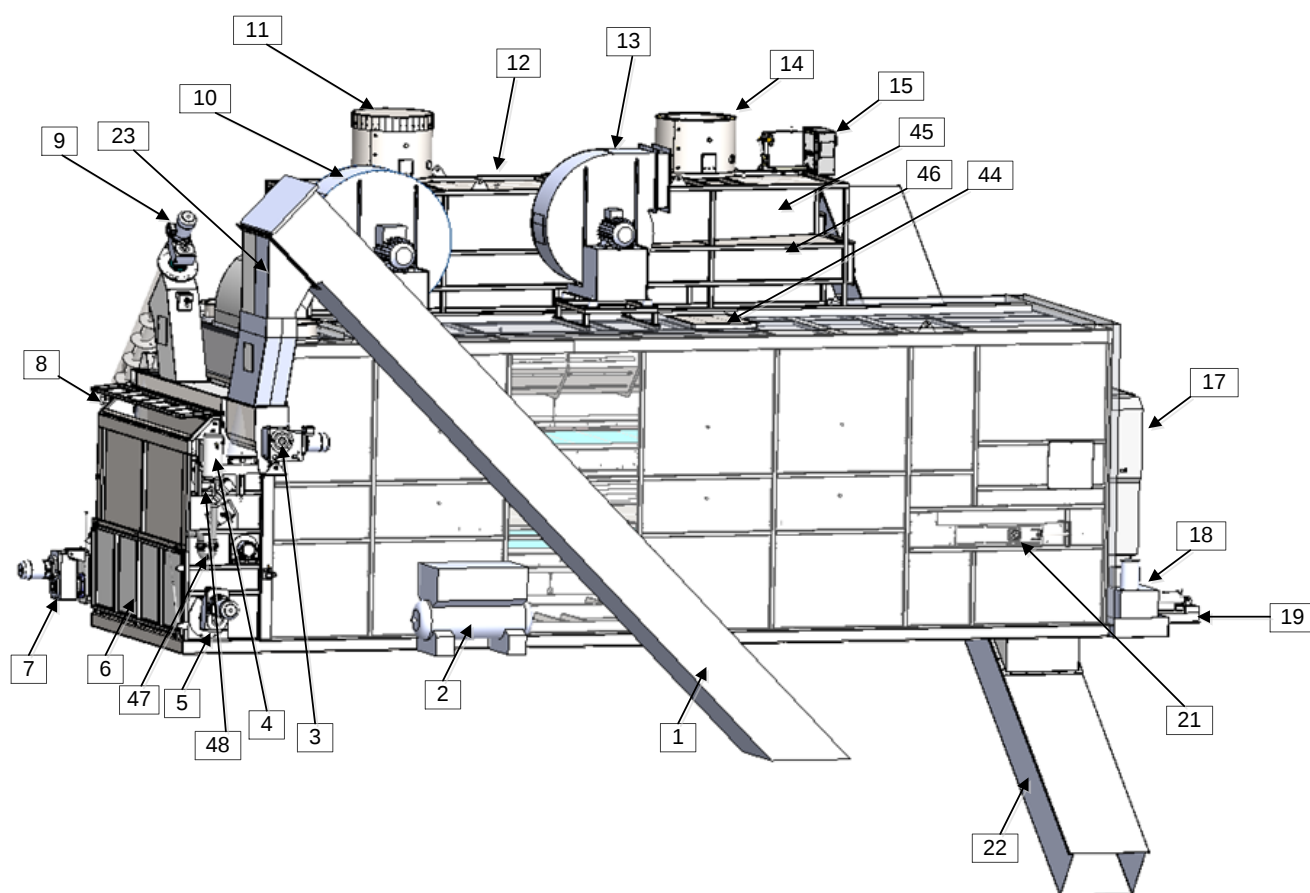


Abbildung 22: Komponenten Trockner-Elektrofilter, Vorderseite

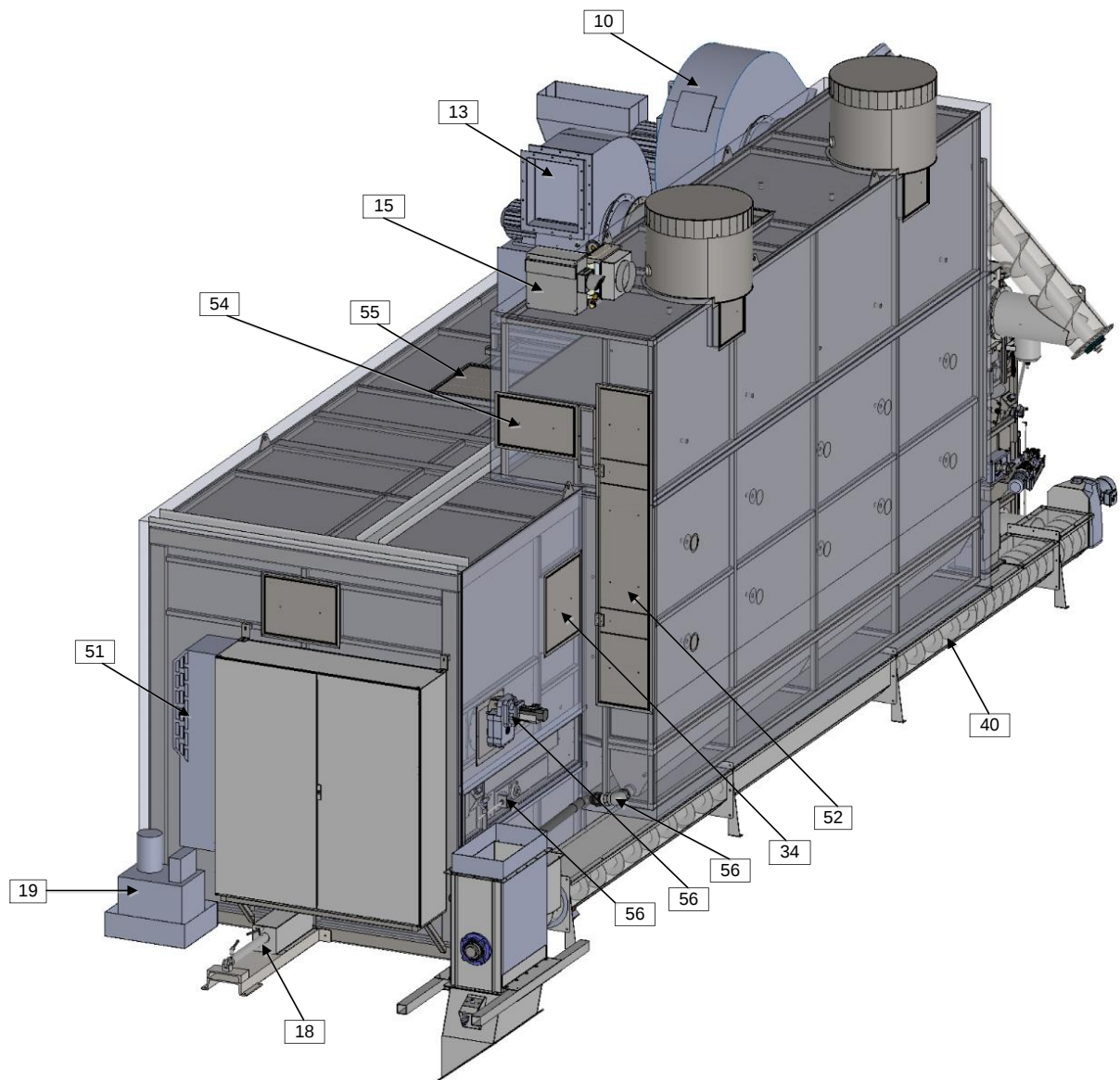


Abbildung 23: Serviceöffnungen Trockner-Elektrofilter

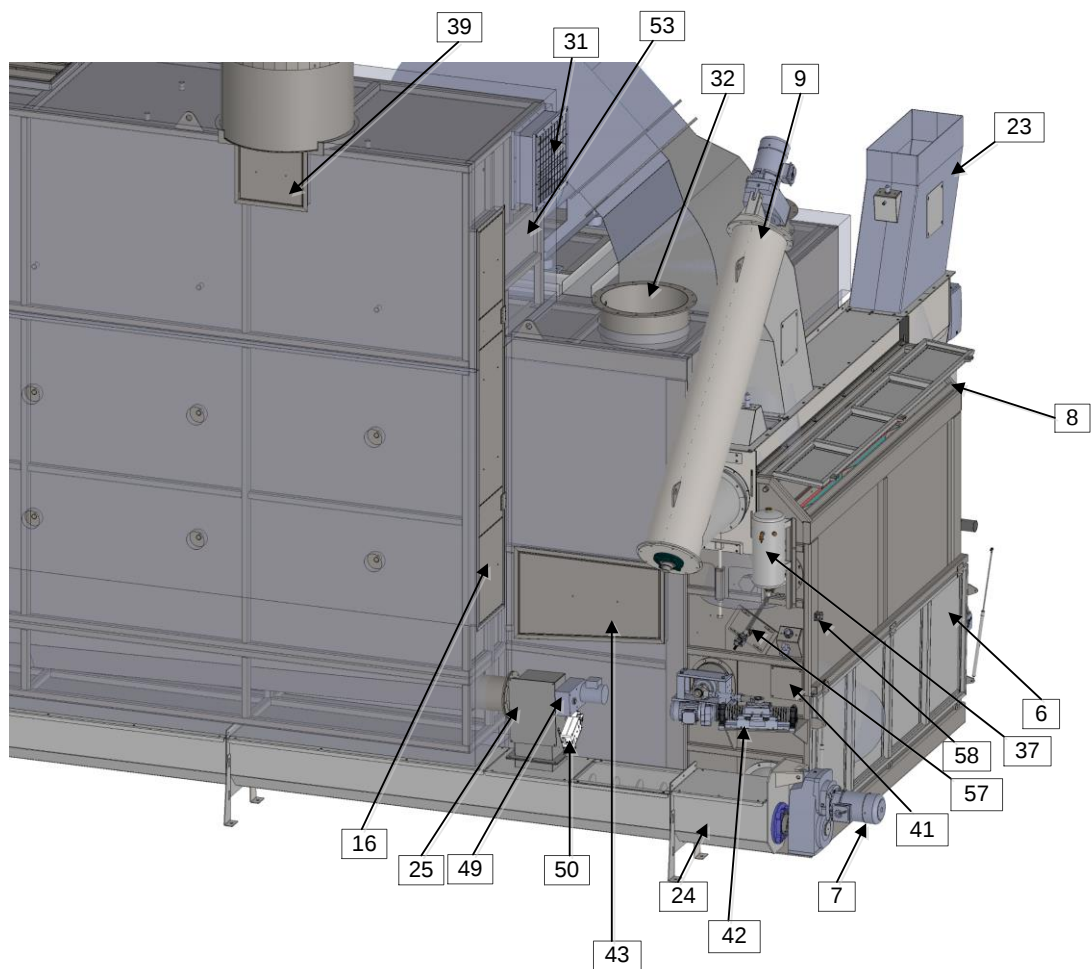


Abbildung 24: Detailansicht Brennstoffdosierung



Nr.	Komponente	Nr.	Komponente
1	Kettenförderer Zufuhr Brennstoff	30	Bandantrieb
2	Kompressor	31	Frischlufthklappe
3	Getriebe Dosierschnecke	32	Eintritt Abgas Kessel 1
4	Druckluftbehälter Seite Brennstoff	33	Eintritt Abgas Kessel 2
5	Antrieb Austragungsschnecke	34	Serviceöffnung Band Seite Hydraulik
6	Servicetür Austragungsschnecke	35	Spannvorrichtung Band Seite E-Filter
7	Antrieb Transportschnecke	36	Austragungsschnecke vom E-Filter
8	Servicetür Band Seite Brennstoff	37	Druckluftbehälter Seite E-Filter
9	Getriebe Steigschnecke	38	Serviceöffnung Isolator Seite Hydraulik
10	Rezirkulationsventilator	39	Serviceöffnung Isolator Seite Brennstoff
11	Isolator Seite Brennstoff	40	Transportschnecke
12	Serviceöffnung E-Filterkopf	41	Serviceöffnung Bandlaufsensor Seite Brennstoff
13	Abgasventilator	42	Schwenkwalzensystem
14	Isolator Seite Hydraulik	43	Serviceöffnung Zwischenraum Band
15	HSG Hochspannungsgerät	44	Serviceöffnung Mischkanal
16	Servicetür Elektrode Seite Brennstoff	45	Sammelkanal E-Filter
17	Schaltschrank	46	Sammelkanal Rezirkulation
18	Hydraulik-Aggregat Schubboden	47	Ablass Reinigungswasser Band
19	Hydraulikzylinder	48	Hauptventil Druckluftversorgung Rückseite
20	Serviceöffnung Bandabwurf Seite Hydraulik	49	Antrieb Austragungsschnecke E-Filter
21	Spannvorrichtung Band Seite Rückwand	50	Servomotor Klappe Abwurf Austragungsschnecke E-Filter
22	Kettenförderer Kessel	51	Klimaanlage Schaltschrank
23	Schacht Brennstoffzufuhr	52	Servicetür Elektrode Seite Hydraulik
24	Übergabe Austragungsschnecke-Transportschnecke	53	Serviceöffnung Rezikanal Seite Brennstoff
25	Abwurf Austragungsschnecke vom Filter	54	Serviceöffnung Rezikanal Seite Hydraulik
26	Elektrofilter	55	Serviceöffnung Mischkanal
27	Wanne Transportschnecke	56	Ablass Kondensat E-Filter
28	Abwurfschacht Richtung Kettenförderer Kessel	57	Hauptventil Druckluftversorgung Seite E-Filter
29	Serviceöffnung Kompressionsstelle	58	Sensor Bandlauf

Tabelle 10: Liste der Komponenten des Trockner-Elektrofilters



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

11.2 Auswertungsbericht der Fachhochschule Yverdon



Michel Revaz <michel.revaz@oekosolve.ch>

Analyse bois séchoir St-Aubin

1 Nachricht

Stäger Thierry <thierry.stager@heig-vd.ch>
An: Michel Revaz <michel.revaz@oekosolve.ch>
Cc: Ropp Julien <julien.ropp@heig-vd.ch>

2. Oktober 2019 um 11:49

Bonjour Michel,

Merci encore pour la mise à disposition de votre matériel et pour l'après midi passé autour de la chaudière.

Tu trouveras, ci-joints, les résultats des analyses de tes prélèvements de bois du séchoir à Saint Aubin.

L'humidité sur masse brut du bois en sortie du séchoir est à 4,6% contre 5% pour votre capteur donc rien à redire. L'écart est un peu plus important pour la valeur d'entrée séchoir qui est à 30,1% contre 35% pour votre capteur.

Le PCI passe de 3,27 à 4,73 kWh/kg, soit une augmentation de 31%. Du fait que la masse de bois est réduite de 25,5%, l'augmentation du contenu énergétique du bois par le séchage est de 5,5%. En ajoutant encore le bénéfice du préchauffage du bois par les fumées, le gain total d'énergie est de l'ordre de 8%, ce qui est très intéressant.

Le taux de cendres est très élevé mais ce n'est pas une surprise au vu du taux d'écorce contenu dans les plaquettes.

Nous avons débuter une série de 3 essais pendant lesquels nous mesurerons les particules (gravimétrie et nombre en fonction de la taille) durant l'allumage, la phase stationnaire et la fin de combustion avec l'électrofiltre. Nous te fournirons les résultats comparés aux mesures sans traitement des fumées dans les prochaines semaines.

Je reste à disposition si besoin

Excellente journée

Bien à toi

Thierry

 <http://correspondance.heig-vd.ch/assets/helg.png>

THIERRY STÄGER
Ing. HES en Systèmes Industriels - Génie thermique
Ingénieur de projet



ANALYSES

Client Oekosolve
Prélèvement Neviro Saint-Aubin Entrée séchoir
Date de réalisation 30.09.2019
Réalisées par IMY/
échantillons 1

valeurs mesurées

valeurs calculées

W_R humidité relative [% sur brut] ISO 18134-2

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	30.1	0.3	$30.1 \pm 0.4 \%$

Taux de cendres issu de la combustion [% sur sec] selon ISO 18122

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	4.5	1.2	$4.5 \pm 1.5 \%$

$PCS_{sec,v}$ [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$] selon ISO 18125

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	19182	91	19180 ± 110

$PCS_{a \text{ réception},p}$ [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$] selon ISO 18125

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	13555	63	13560 ± 80

$PCI_{a \text{ réception},p}$ [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$] selon ISO 18125

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	11756	63	11760 ± 80

* il s'agit d'un intervalle de tolérance comprenant 95% des valeurs moyennes



ANALYSES

Client Oekosolve
Prélèvement Neviro Saint-Aubin Sortie séchoir
Date de réalisation 30.09.2019
Réalisées par IMY/
échantillons 1

valeurs mesurées

valeurs calculées

W_R humidité relative [% sur brut] ISO 18134-2

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	4.6	0.1	4.6 ± 0.1 %

Taux de cendres issu de la combustion [% sur sec] selon ISO 18122

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	3.2	0.2	3.2 ± 0.3 %

$PCS_{sec,v}$ [kJ·kg⁻¹] selon ISO 18125

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	19291	53	19290 ± 70

$PCS_{a\text{ réception},p}$ [kJ·kg⁻¹] selon ISO 18125

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	18317	540	18320 ± 670

$PCI_{a\text{ réception},p}$ [kJ·kg⁻¹] selon ISO 18125

# mesures	moyenne	écart type	soit *
3	17036	51	17040 ± 60

* il s'agit d'un intervalle de tolérance comprenant 95% des valeurs moyennes



11.3 Messbericht Kanton Neuenburg, März 2020

CH1

ne.ch
RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL

SERVICE DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT

MESURE DES REJETS DANS L'AIR

BEROCAD ST-AUBIN

Chaudière : (marque, type, puissance, année) Binder, 2000 kW, 2017 # SENE 16401
Type de combustible : Copeaux scierie
Fonctionnement : Chaudière modulante à alimentation automatique
Temps de fonctionnement : Puissance 70%-100% : 3003 h
Puissance 40%- 70% : 1829 h Total : 5435 h
Puissance 20%- 40% : 603 h

Filtre : (marque, type, année) Oekosolve
Temps de fonctionnement : Marche : 7506 h
Sécheur : 6582 h

Date du contrôle : 13 mars 2020
Nombre de mesures : 3 mesures à 80% de puissance, 3 mesures à 35 % de puissance

Durées des mesures (minutes) : 15 / 15 / 15 15 / 15 / 15

Paramètres avec une valeur limite selon l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) :

Mesures à 35% de puissance

No de la mesure	Polluants	Valeurs limites OPair		Valeurs mesurées	
		g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³
1 + 2	Poussières		20		21 ± 3
2 + 3				16 ± 2	
1 + 2	Monoxyde de carbone (CO)		250		1670 ± 170
2 + 3				1250 ± 125	
1 + 2	Oxydes d'azote (NO₂)	2500	250	926	272
2 + 3				870	235

Toutes les valeurs sont des moyennes calculées sur une durée d'une demi-heure. Elles sont indiquées par rapport à du gaz sec, aux conditions normales, 0°C, 1013 mbar, et rapportées à une concentration de référence de 11% en oxygène. Les valeurs limites OPair en concentration ne s'appliquent que lorsque les valeurs limites, si indiquées, des débits massiques sont dépassées. **En gras, les valeurs ne respectant pas les limites OPair.**

Autres paramètres :

No de la mesure	Dioxyde de carbone (CO ₂) %	Oxygène (O ₂) %	Température des gaz °C	Puissance effective kW	Rendement%	Contenu d'eau du bois %
1 + 2	8.4	12.4	47	1840	97	20
2 + 3	9.2	11.5	48	1999	97	

SENE

RUE DU TOMBET
2034 PESEUX 24



Mesures à 80% de puissance

No de la mesure	Polluants	Valeurs limites OPair		Valeurs mesurées	
		g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³
4 + 5	Poussières		20		31 ± 5
5 + 6					97 ± 15
4 + 5	Monoxyde de carbone (CO)		250		443 ± 44
5 + 6					431 ± 43
4 + 5	Oxydes d'azote (NO ₂)	2500	250	1586	234
5 + 6				1254	251

Toutes les valeurs sont des moyennes calculées sur une durée d'une demi-heure. Elles sont indiquées par rapport à du gaz sec, aux conditions normales, 0°C, 1013 mbar, et rapportées à une concentration de référence de 11% en oxygène. Les valeurs limites OPair en concentration ne s'appliquent que lorsque les valeurs limites, si indiquées, des débits massiques sont dépassées. **En gras, les valeurs ne respectant pas les limites OPair.**

Autres paramètres :

No de la mesure	Dioxyde de carbone (CO ₂) %	Oxygène (O ₂) %	Température des gaz °C	Puissance effective kW	Rendement%	Contenu d'eau du bois %
4 + 5	11.5	9.1	56	3616	97	20
5 + 6	9.1	11.7	81	2760	93	



1. Déroulement des mesures

Toutes les techniques et l'appareillage utilisés sont décrits au point 2 de ce rapport.

L'endroit de prélèvement pour les mesures des gaz en continu la température et la vitesse est un raccord normalisé situé sur un conduit à la sortie de la chaudière.

Mesures en continu :

- Température
- Oxygène
- Dioxyde de carbone
- Monoxyde de carbone
- Oxydes d'azote (monoxyde d'azote NO et dioxyde d'azote NO₂), exprimés en dioxyde d'azote

Mesures par échantillonnage :

- Débit volumique
- Humidité
- Poussières

Paramètres physiques :

Pression barométrique :	978 ± 10 mbar
Diamètre du conduit :	70 ± 4 cm (5%)
Vitesse des gaz puissance 80%	5.8 ± 0.3 m/s (5%)
Vitesse des gaz puissance 30%	3.8 ± 0.2 m/s (5%)

2. Méthodes d'analyse et appareillages utilisés

Les mesures ont été effectuées conformément aux recommandations sur la mesure des émissions des polluants atmosphériques des installations fixes du 25 janvier 1996, état février 2002, publiées par l'OFEV. Lorsque d'autres méthodes ont été utilisées, elles sont citées nommément.

Débit volumique

La vitesse des fumées a été mesurée à l'aide d'un anémomètre à moulinet Höntzsch dont le diamètre est de 25 mm.

Température des fumées

La température des fumées a été mesurée à l'aide du thermocouple de type K (NiCr/NiAl).

Humidité

L'humidité du bois a été déterminée par pesage d'échantillon avant et après séchage.

Poussières

Les échantillons gazeux ont été prélevés par aspiration isocinétique dans le canal de fumée à l'aide d'une sonde coudée et chauffée contenant, à l'extérieur du canal des fumées, un creuset rempli de laine de quartz, également chauffé. Le débit volumique aspiré a été déterminé au moyen d'un débitmètre à flotteur. Le volume aspiré a été déterminé à l'aide d'un compteur à gaz, précédé d'un double dispositif de séchage consistant en un refroidisseur à condensation et un tube rempli de silicagel.

La quantité de poussières a été déterminée par gravimétrie.

Traitement des gaz pour l'analyse en continu

Les gaz ont été prélevés par un analyseur de marque Horiba PG-350 E SRM, contenant notamment un convertisseur NO₂/NO fonctionnant avec du Molybdène.

Oxygène (O₂)

Analyse en continu avec un appareil de marque Horiba PG-350 E SRM fonctionnant selon le principe de la mesure de la susceptibilité magnétique de l'oxygène.

Plage de mesure : 0 – 25 %

Étalonnage à 9 % d'O₂ dans de l'azote, contrôle avec de l'air ambiant à 20.9 % O₂.



BEROCAD ST-AUBIN

Chaudière : (marque, type, puissance, année) Binder, 2000 kW, 2017 # SENE 16402
Type de combustible : Copeaux scierie
Fonctionnement : Chaudière modulante à alimentation automatique
Temps de fonctionnement : Puissance 70%-100% : 1266 h
Puissance 40%- 70% : 1674 h Total : 4389 h
Puissance 20%- 40% : 1449 h

Filtre : (marque, type, année) Oekosolve
Temps de fonctionnement : Marche : 7506 h
Sécheur : 6582 h

Date du contrôle : 13 mars 2020
Nombre de mesures : 3 mesures à 70% de puissance, 3 mesures à 30 % de puissance

Durées des mesures (minutes) : 15 / 15 / 15 15 / 15 / 15

Paramètres avec une valeur limite selon l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) :

Mesures à 30% de puissance

No de la mesure	Polluants	Valeurs limites OPair		Valeurs mesurées	
		g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³
1 + 2	Poussières		20		15 ± 2
2 + 3					4 ± 1
1 + 2	Monoxyde de carbone (CO)		250		3010 ± 300
2 + 3					2330 ± 230
1 + 2	Oxydes d'azote (NO ₂)	2500	250	837	272
2 + 3				755	227

Toutes les valeurs sont des moyennes calculées sur une durée d'une demi-heure. Elles sont indiquées par rapport à du gaz sec, aux conditions normales, 0°C, 1013 mbar, et rapportées à une concentration de référence de 11% en oxygène. Les valeurs limites OPair en concentration ne s'appliquent que lorsque les valeurs limites, si indiquées, des débits massiques sont dépassées. En gras, les valeurs ne respectant pas les limites OPair.

Autres paramètres :

No de la mesure	Dioxyde de carbone (CO ₂) %	Oxygène (O ₂) %	Température des gaz °C	Puissance effective kW	Rendement%	Contenu d'eau du bois %
1 + 2	7.3	13.4	45	1659	96	20
2 + 3	8.1	12.6	45	1808	96	



- 2 -

Mesures à 70% de puissance

No de la mesure	Polluants	Valeurs limites OPair		Valeurs mesurées	
		g/h	mg/m ³	g/h	mg/m ³
4 + 5	Poussières		20		5 ± 1
5 + 6					6 ± 1
4 + 5	Monoxyde de carbone (CO)		250		1030 ± 100
5 + 6					136 ± 14
4 + 5	Oxydes d'azote (NO ₂)	2500	250	1465	221
5 + 6				1471	204

Toutes les valeurs sont des moyennes calculées sur une durée d'une demi-heure. Elles sont indiquées par rapport à du gaz sec, aux conditions normales, 0°C, 1013 mbar, et rapportées à une concentration de référence de 11% en oxygène. Les valeurs limites OPair en concentration ne s'appliquent que lorsque les valeurs limites, si indiquées, des débits massiques sont dépassées. **En gras, les valeurs ne respectant pas les limites OPair.**

Autres paramètres :

No de la mesure	Dioxyde de carbone (CO ₂) %	Oxygène (O ₂) %	Température des gaz °C	Puissance effective kW	Rendement%	Contenu d'eau du bois %
4 + 5	11.1	9.5	51	3567	97	20
5 + 6	12.2	8.4	52	3840	98	



1. Déroulement des mesures

Toutes les techniques et l'appareillage utilisés sont décrits au point 2 de ce rapport.

L'endroit de prélèvement pour les mesures des gaz en continu la température et la vitesse est un raccord normalisé situé sur un conduit à la sortie de la chaudière.

Mesures en continu :

- Température
- Oxygène
- Dioxyde de carbone
- Monoxyde de carbone
- Oxydes d'azote (monoxyde d'azote NO et dioxyde d'azote NO₂), exprimés en dioxyde d'azote

Mesures par échantillonnage :

- Débit volumique
- Humidité
- Poussières

Paramètres physiques :	Pression barométrique :	978 ± 10 mbar
	Diamètre du conduit :	70 ± 4 cm (5%)
	Vitesse des gaz puissance 30%	3.8 ± 0.2 m/s (5%)
	Vitesse des gaz puissance 80%	5.8 ± 0.3 m/s (5%)

2. Méthodes d'analyse et appareillages utilisés

Les mesures ont été effectuées conformément aux recommandations sur la mesure des émissions des polluants atmosphériques des installations fixes du 25 janvier 1996, état février 2002, publiées par l'OFEV. Lorsque d'autres méthodes ont été utilisées, elles sont citées nommément.

Débit volumique

La vitesse des fumées a été mesurée à l'aide d'un anémomètre à moulinet Höntzsch dont le diamètre est de 25 mm.

Température des fumées

La température des fumées a été mesurée à l'aide du thermocouple de type K (NiCr/NiAl).

Humidité

L'humidité du bois a été déterminée par pesage d'échantillon avant et après séchage.

Poussières

Les échantillons gazeux ont été prélevés par aspiration isocinétique dans le canal de fumée à l'aide d'une sonde coudée et chauffée contenant, à l'extérieur du canal des fumées, un creuset rempli de laine de quartz, également chauffé. Le débit volumique aspiré a été déterminé au moyen d'un débitmètre à flotteur. Le volume aspiré a été déterminé à l'aide d'un compteur à gaz, précédé d'un double dispositif de séchage consistant en un refroidisseur à condensation et un tube rempli de silicagel.

La quantité de poussières a été déterminée par gravimétrie.

Traitement des gaz pour l'analyse en continu

Les gaz ont été prélevés par un analyseur de marque Horiba PG-350 E SRM, contenant notamment un convertisseur NO₂/NO fonctionnant avec du Molybdène.

Oxygène (O₂)

Analyse en continu avec un appareil de marque Horiba PG-350 E SRM fonctionnant selon le principe de la mesure de la susceptibilité magnétique de l'oxygène.

Plage de mesure : 0 – 25 %

Étalonnage à 9 % d'O₂ dans de l'azote, contrôle avec de l'air ambiant à 20.9 % O₂.



Monoxyde de carbone, basse concentration (CO)

Analyse en continu avec un appareil de marque Horiba PG-350 E SRM fonctionnant selon le principe de mesure de l'absorption infrarouge non dispersif (NDIR).

Plage de mesure : 0 – 5000 ppm

Étalonnage à 179 ppm de CO dans de l'azote.

Dioxyde de carbone (CO₂)

Analyse en continu avec un appareil de marque Horiba PG-350 E SRM fonctionnant selon le principe de mesure de l'absorption infrarouge non dispersif (NDIR).

Plage de mesure : 0 – 20 %

Étalonnage à 8 % de CO₂ dans de l'azote.

Oxydes d'azote (NO_x)

Analyse en continu avec un appareil de marque Horiba PG-350 E SRM fonctionnant selon le principe de mesure de la chimiluminescence.

Plage de mesure : 0 – 200 ppm

Étalonnage à 81 ppm de NO dans de l'azote.

Enregistrement des données

Les données des analyses en continu ont été enregistrées sous forme digitale au moyen d'un appareillage de traitement du signal assisté par ordinateur.

Précisions et limites de détection des procédés utilisés

Les précisions indiquées ci-dessous se réfèrent à un intervalle de confiance de 95 %, estimé conformément aux recommandations fédérales citées ci-dessus.

Paramètres	Unité	Limite de détection	Précision absolue	Précision relative %
1. Paramètres mesurés par échantillonnage				
Débit volumique	m ³ /h	-	-	7
Humidité	%	0.1	0.1	10
Poussières	mg/m ³	1	1	15
2. Paramètres mesurés en continu				
Oxygène (O ₂)	%	0.1	0.2	5
Monoxyde de carbone (CO)	mg/m ³	2	5	10
Dioxyde de carbone (CO ₂)	%	0.1	0.2	10
Oxydes d'azote (NO _x) en tant que NO ₂	mg/m ³	2	5	10
Calcul à une valeur de référence en oxygène	variable	-	variable	5 - 6

3. Conclusion

Les rejets atmosphériques de cette installation ne respectent pas les normes OPair en raison des émissions de monoxyde de carbone trop élevées.

Service de l'énergie et de l'environnement



Tableau récapitulatif des mesures

Installation :	Chauffage BEROCAD # 16402	
Date :	13.03.2020	
Heure début :	08:30	
Heure fin :	16:00	

Appareil :	Horiba PG350
# Série :	D522EW8H

	CO réf. (ppm)	CO lu. (ppm)	Ereur (%)	NO réf. (ppm)	NO lu. (ppm)	Ereur (%)	CO2 réf. (%)	CO2 lu. (%)	Ereur (%)	O2 réf. (%)	O2 lu. (%)	Ereur (%)
Calibration réf. :	179.0	180.0	0.6	81.0	82.0	1.2	8.5	8.5	0.0	9.0	8.9	-1.1
Calibration zéro :	0	0		0	0		0.0	0.0		0.0	0.2	
Corrections réf. :	179	179		81	81		8.0	8.0		9.0	9.0	
Corrections zéro :	0	0		0	0		0.0	0.0		0.0	0.0	

Mesures 1	NOX (ppm)	NOX (mg/m³)	NOX (mg/m³O2)	CO (ppm)	CO (mg/m³)	CO (mg/m³O2)	CO2 (%)	O2 (%)	Temp °C	Poussières mg/m³	Poussières mg/m³ O2
Moy	79	163	215	1470	1838	2429	7.3	13.4	45	19	25

Mesures 2	NOX (ppm)	NOX (mg/m³)	NOX (mg/m³O2)	CO (ppm)	CO (mg/m³)	CO (mg/m³O2)	CO2 (%)	O2 (%)	Temp °C	Poussières mg/m³	Poussières mg/m³ O2
Moy	74	152	200	1328	1681	2165	7.4	13.4	45	4	6

Mesures 3	NOX (ppm)	NOX (mg/m³)	NOX (mg/m³O2)	CO (ppm)	CO (mg/m³)	CO (mg/m³O2)	CO2 (%)	O2 (%)	Temp °C	Poussières mg/m³	Poussières mg/m³ O2
Moy	80	165	178	1156	1445	1688	8.9	11.8	45	1	1

Mesures 4	NOX (ppm)	NOX (mg/m³)	NOX (mg/m³O2)	CO (ppm)	CO (mg/m³)	CO (mg/m³O2)	CO2 (%)	O2 (%)	Temp °C	Poussières mg/m³	Poussières mg/m³ O2
Moy	121	248	241	1558	1949	1965	10.0	10.7	50	3	3

Mesures 5	NOX (ppm)	NOX (mg/m³)	NOX (mg/m³O2)	CO (ppm)	CO (mg/m³)	CO (mg/m³O2)	CO2 (%)	O2 (%)	Temp °C	Poussières mg/m³	Poussières mg/m³ O2
Moy	162	333	263	174	217	178	12.3	8.3	52	8	6

Mesures 6	NOX (ppm)	NOX (mg/m³)	NOX (mg/m³O2)	CO (ppm)	CO (mg/m³)	CO (mg/m³O2)	CO2 (%)	O2 (%)	Temp °C	Poussières mg/m³	Poussières mg/m³ O2
Moy	151	310	249	158	198	163	12.1	8.6	51	7	5



11.4 Messbericht Kanton Neuenburg – Kessel 1, Januar 2021

 ne.ch RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL DÉPARTEMENT DU DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL ET DE L'ENVIRONNEMENT SERVICE DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT	<table border="1"><tr><td colspan="2">viteos SA La Chaux-de-Fonds</td></tr><tr><td colspan="2">Transmis à:</td></tr><tr><td>R</td><td>15 FEV. 2021</td></tr><tr><td colspan="2">Copie à: viteos SA</td></tr><tr><td colspan="2">Rue du college 30 2300 La Chaux-de-Fonds</td></tr></table>	viteos SA La Chaux-de-Fonds		Transmis à:		R	15 FEV. 2021	Copie à: viteos SA		Rue du college 30 2300 La Chaux-de-Fonds	
viteos SA La Chaux-de-Fonds											
Transmis à:											
R	15 FEV. 2021										
Copie à: viteos SA											
Rue du college 30 2300 La Chaux-de-Fonds											

Peseux, le 9 février 2021

Contrôle des rejets atmosphériques
Chauffage au bois Binder 2000 kW n° 16401
Emplacement : BéroCAD, Rue de la Reusière 22, 2024 St-Aubin

Madame, Monsieur,

Nous vous remettons en annexe le rapport concernant le contrôle des rejets atmosphériques de l'installation citée en rubrique.

Comme vous le constaterez, les émissions de cette installation ne respectent pas les normes de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) pour des raisons qui sont fixées dans le rapport annexé.

Nous vous demandons donc de la faire régler dans un délai de **3 mois dès réception de ce courrier**, et de nous faire parvenir les résultats des mesures après cette opération.

Les mesures doivent impérativement être réalisées selon les directives de l'office fédérale de l'environnement en la matière.

Nous effectuerons de nouveau un contrôle des rejets atmosphériques de votre installation lors de la prochaine saison de chauffe, cependant cette fois-ci nous ne contrôlerons que le fonctionnement de la chaudière 1 à grande puissance.

CH-2034 PESEUX RUE DU TOMBET 24 TEL 032 889 87 61 FAX 032 889 62 63 SENE.CHAUFFAGES@NE.CH WWW.NE.CH/SENE



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

ine.ch ROMANUSSETTAU-RECHENBERG		Rue du Tombet 24 2034 Passau		Rapport de contrôle d'une installation de chauffage au bois	
Service de l'énergie et de l'environnement Section ruissaux sonores et atmosphériques				N° de rapport :	
N° installation SENE : 16451				Adresse du propriétaire :	
Adresse de l'installation : BerCAD Rue de la Ressière 22 2024 St-Aubin				VITEOS SA Rue du Collège 30 2100 La Chaux-de-Fonds	
Responsable : Yves Santachi				Téléphone : 032 866 06 11	
Type de contrôle : Réception				Date de contrôle : 27.01.2021	
Technicien de mesure : FGR/KHU					
Caractéristiques chaudière :					
Marque :		BINDER		Alimentation :	
Type :		RKK1002300		Puissance calorifique : 2000 kW	
Année :		2017		Heures de service : 7717 h	
Caractéristiques filtre :					
Marque :		OEKOSOLVE		Année :	
Type :		Nevro		Technique : Nevro/Electrolit	
Conformité OPair :		OUI		Heures de service : 10145	
				Fonctionnement % : 121	
Combustible :					
Type de bois :		Menuiserie		Taux d'humidité (atm) : 43 %	
Fournisseur :				Taux d'humidité (relatif) : 30 %	
Accumulateur de chaleur : (Opair, annexe 3, chapitre 523)					
Volume :		2x50000 litres		Conformité OPair : OUI Chaudière > 500 kW	
Extrait de norme : Brûle EMPA par conduit de fumée vertical, à 6.0m du sol.					
Conformité positionnement : OUI					
Résumé des résultats et appréciation :					
Moyenne semi-heure régime puissance		100%		mes 1 + mes 2	
Monoxyde de carbone (CO)		[mg/m ³]*		318 ± 24	
Oxyde d'azote (NO _x)		[mg/m ³]*		199 ± 15	
Débit massique NO _x		[g/h]**		890 ± 111	
Teneur en poussières		[mg/m ³]*		50 ± 5	
Exigences remplies :		NON		NON	
Moyenne semi-heure régime puissance		30%		mes 4 + mes 5	
Monoxyde de carbone (CO)		[mg/m ³]*		51 ± 4	
Oxyde d'azote (NO _x)		[mg/m ³]*		154 ± 12	
Débit massique NO _x		[g/h]**		365 ± 49	
Teneur en poussières		[mg/m ³]*		<1 ± 0	
Exigences remplies :		OUI		OUI	
(1) : VLE = Valeur limite d'émission de l'OPair (annexe 3, chapitre 522)					
Conformité de l'installation : OUI					
Peux Date : 08.02.2021 Resp. mesure : François Giretini					
Remarque :					
Méthodes de mesure et incertitudes :					
Paramètres	Méthode ⁽¹⁾	Incertitude	Instrument de mesure		
Monoxyde de carbone (CO)	chap. 6	± 10 % min. 10 mg/m ³	Analyseur Horiba PG 350, Absorption IR		
Oxyde d'azote (NO _x)	chap. 6	± 10 % min. 10 mg/m ³	Analyseur Horiba PG 3500, chimiluminescence		
Poussières	chap. 4.2	± 15 % min. 1 mg/m ³	Tête filtrante interne équipée de douilles filtrantes		
Oxygène (O ₂)	chap. 6	± 0.2 % vol	Analyseur Horiba PG 350, pourcentage		
Dioxyde de carbone (CO ₂)	chap. 6	± 0.2 % vol	Analyseur Horiba PG 350, Absorption IR		
Vitesse des effluents	chap. 3	± 10 % min. 0.5 m/s	Anémomètre à moulinet Hontzsch		
Pression barométrique	chap. 3	± 3 mbar	Baromètre		
Température	chap. 3	± 5°C	PT100 couplée à l'anémomètre		
⁽¹⁾ : Méthode selon "Recommandations sur la mesure des émissions" de l'OFEV de 2018, cf. chapitre correspondant.					



Résultats des mesures :						
Mesure	1	2	3	4	5	6
Conditions d'exploitation puissance %	100	100	100	30	30	30
Filtre à poussières n°	7	8	9	10	11	12
Heure début mesure [h:min.]	09:10	09:28	09:46	11:12	11:31	11:48
Heure fin mesure [min.]	00:16	00:16	00:16	00:17	00:15	00:17
Puissance calorifique calculée kW	2362 ± 287	2387 ± 290	2488 ± 302	1311 ± 162	1179 ± 147	1179 ± 147
Température des effluents [°C]	47	48	50	41	39	39
Vitesse moyenne des effluents [m/s]	5.8	5.8	5.8	4.2	4.2	4.2
Pression statique mbar	0	0	0	0	0	0
Pression barométrique mbar	969	969	969	969	969	969
Débit volumique des effluents [m³/h]**	5991 ± 962	5965 ± 949	5900 ± 924	4524 ± 766	4587 ± 795	4587 ± 795
Oxygène mesuré (O₂) [% vol.]	13.6 ± 0.2	13.4 ± 0.2	13.1 ± 0.2	15.5 ± 0.2	16.1 ± 0.2	16.1 ± 0.2
Dioxyde de carbone (CO₂) [% vol.]	7.2 ± 0.2	7.3 ± 0.2	7.7 ± 0.2	5.3 ± 0.2	4.7 ± 0.2	4.7 ± 0.2
Monoxyde de carbone (CO) [mg/m³]*	236 ± 24	406 ± 42	364 ± 31	64 ± 10	38 ± 10	69 ± 10
Monoxyde de carbone (CO) [ppm]	136	247	192	28	15	27
Débit massique CO [g/h]**	170 ± 41	309 ± 41	240 ± 42	35 ± 24	19 ± 22	19 ± 22
Oxydes d'azote (NOₓ) [mg/m³]*	197 ± 20	200 ± 21	200 ± 21	153 ± 16	155 ± 17	159 ± 17
Oxydes d'azote (NOₓ) [ppm]	71	74	73	41	37	38
Débit massique NOₓ [g/h]**	874 ± 155	907 ± 100	933 ± 162	381 ± 71	349 ± 67	358 ± 69
Teneur en poussières [mg/m³]*	52 ± 8	48 ± 7	170 ± 26	0 ± 1	0 ± 1	0 ± 1
Débit massique poussières [g/h]**	232 ± 49	217 ± 45	805 ± 166	0 ± 1	0 ± 1	0 ± 1
Rendement [%]	97	96	96	96	96	96
	* : normalisé 0°C, 1013 mbar, sec et rapporté à [% O₂]					11
	** : normalisé à 0°C, 1013 mbar, sec					

Calibrations											
Débit Mesures	CO ref. [ppm]	CO lu. [ppm]	Erreur %	NO ref. [ppm]	NO lu. [ppm]	Erreur %	CO2 ref. [%]	CO2 lu. [%]	Erreur CO2 ref. [%]	CO2 lu. [%]	Erreur CO2 lu. [%]
Calibration réf :	179	172	-3.9	81	78	-3.7	8.1	8.0	-1.2	9	9.1
Calibration zéro :	0	3		0	-1		0.0	0.0		0	-1
Corrections réf :	179	179		81	0		8.1	8.1		9	9.0
Corrections zéro :	0	0		0	0		0.0	0.0		0	0
Fin Mesures	CO ref. [ppm]	CO lu. [ppm]	Erreur %	NO ref. [ppm]	NO lu. [ppm]	Erreur %	CO2 ref. [%]	CO2 lu. [%]	Erreur CO2 ref. [%]	CO2 lu. [%]	Erreur CO2 lu. [%]
Calibration réf :	179	179	0.0	81	82	1.2	8.1	8.1	0.0	9.0	0.0
Calibration zéro :	0	-1		0	0		0.0	0.0		0.0	0.1
Corrections réf :	0	0		0	0		0.0	0.0		0.0	0.0
Corrections zéro :	0	0		0	0		0.0	0.0		0.0	0.0



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

11.5 Messbericht Kanton Neuenburg – Kessel 2, Januar 2021

ne.ch

RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL

DÉPARTEMENT DU DÉVELOPPEMENT
TERRITORIAL ET DE L'ENVIRONNEMENT
SERVICE DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Viteos SA
Rue du collège 30
2300 La Chaux-de-Fonds

Peseux, le 9 février 2021

Contrôle des rejets atmosphériques
Chauffage au bois Binder 2000 kW n° 16402
Emplacement : BéroCAD, Rue de la Reusière 22, 2024 St-Aubin

Madame, Monsieur,

Nous vous remettons en annexe le rapport concernant le contrôle des rejets atmosphériques de l'installation citée en rubrique.

Comme vous le constaterez, les émissions de cette installation respectent les normes de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair).

Restant à votre disposition pour tout complément d'information, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.

Service de l'énergie et de l'environnement

François Greillat
chef de section nuisances
sonores et atmosphériques

Annexes: - Rapport
- Facture



line.ch Rue du Tombet 24 2034 Pesoux		Rapport de contrôle d'une installation de chauffage au bois			
Service de l'énergie et de l'environnement Section nuisance sonores et atmosphériques					
N° installation SENE : 16402		N° de rapport :			
Adresse de l'installation : BoisCAD Rue de la Reussière 22 2024 St-Aubin		Adresse du propriétaire : VITEOS SA Rue du Collège 30 2300 La Chaux-de-Fonds			
Responsable : Yves Sanschi		Téléphone : 032 866 06 11			
Type de contrôle : Réception		Date de contrôle : 26.01.2021			
Technicien de mesure : KHL/MAU					
Caractéristiques chaudière :					
Marque : BONDER		Alimentation : Automatique			
Type : RKK8002300		Puissance calorifique : 2000 kW			
Année : 2017		Heures de service : 8142 h			
Caractéristiques filtre :					
Marque : OEKOSOLVE		Année : 2017			
Type : Neviro		Technique : Neviro/Electrofiltre			
Conformité OPair : OUI		Heures de service : 10145			
		Fonctionnement % : 125			
Combustible :					
Type de bois : Menuiserie		Taux d'humidité (atm) : 43 %			
Fournisseur :		Taux d'humidité (relatif) : 30 %			
Accumulateur de chaleur : (Opair, annexe 3, chapitre 523)					
Volume : 2x5000 litres		Conformité OPair : OUI Chaudière > 500 kW			
Endroit de mesure :					
Bride EMPA sur conduit de fumée vertical, à 6.0m du sol.					
Conformité positionnement : OUI					
Résumé des résultats et appréciation :					
Moyenne semi-horaire régime puissance 100%		mes 1 + mes 2		mes 2 + mes 3	VLE ⁽¹⁾
Monoxyde de carbone (CO)		(mg/m³)*	33 ± 2	34 ± 2	250
Oxydes d'azote (NO _x)		(mg/m³)*	183 ± 13	182 ± 12	250
Débit massique NO _x		(g/h)**	732 ± 88	719 ± 88	2500
Teneur en poussières		(mg/m³)*	<1 ± 1	<1 ± 1	20
Exigences remplies :			OUI	OUI	
Moyenne semi-horaire régime puissance 30%			mes 4 + mes 5	mes 5 + mes 6	VLE ⁽¹⁾
Monoxyde de carbone (CO)		(mg/m³)*	128 ± 11	212 ± 16	250
Oxydes d'azote (NO _x)		(mg/m³)*	144 ± 11	147 ± 11	250
Débit massique NO _x		(g/h)**	281 ± 36	289 ± 37	2500
Teneur en poussières		(mg/m³)*	<1 ± 0	<1 ± 0	20
Exigences remplies :			OUI	OUI	
⁽¹⁾ VLE = Valeur limite d'émission de l'OPair (annexe 3, chapitre 522)					
Conformité de l'installation : OUI					
Pepeux Date : 08.02.2021 Resp. mesure : François Gretillat					
Remarques :					
Méthodes de mesure et incertitudes :					
Paramètres	Méthode ⁽¹⁾	Incertitude	Instrument de mesure		
Monoxyde de carbone (CO)	chap. 6	± 10 % min. 10 mg/m³	Analyseur Horiba PG 350, Absorption IR Gaz étalon : CO = 179 ppm		
Oxydes d'azote (NO _x)	chap. 6	± 10 % min. 10 mg/m³	Analyseur Horiba PG 3500, chimiluminescence Gaz étalon : NO = 81 ppm dans N2		
Poussières	chap. 4.2	± 15 % min. 1 mg/m³	Tête filtrante interne équipée de douilles filtrantes		
Oxygène (O ₂)	chap. 6	± 0.2 %vol	Analyseur Horiba PG 350, paramagnétisme Gaz étalon : O ₂ = 9 % vol		
Dioxyde de carbone (CO ₂)	chap. 6	± 0.2 %vol	Analyseur Horiba PG 350, Absorption IR Gaz étalon : CO ₂ = 8.1 % vol		
Vitesse des effluents	chap. 3	± 10 % min. 0.5 m/s	Anémomètre à moulines Hottel		
Pression barométrique	chap. 3	± 3 mbar	Baromètre		
Température	chap. 3	± 5°C	PT100 couplée à l'anémomètre		
⁽¹⁾ : Méthode selon "Recommandations sur la mesure des émissions" de l'OFEV de 2018, cf. chapitre correspondant.					



Résultats des mesures :						
Mesure	1	2	3	4	5	6
Conditions d'exploitation puissance %	100	100	100	30	30	30
Filtre à poussières μm	1	2	3	4	5	6
Heure début mesure [h:min.]	10:09	10:27	10:44	12:05	12:23	12:41
Durée mesure [min.]	00:16	00:15	00:16	00:15	00:16	00:15
Puissance calorifique calculée kW	2191 $\pm$ 265	2028 $\pm$ 246	2145 $\pm$ 260	1031 $\pm$ 128	996 $\pm$ 124	1049 $\pm$ 130
Température des effluents [°C]	54	52	51	45	44	46
Vitesse moyenne des effluents [m/s]	4,5	4,5	4,5	3,6	3,6	3,6
Pression statique mbar	0	0	0	0	0	0
Pression barométrique mbar	969	969	969	969	969	969
Débit volumique des effluents [m ³ /h]**	4451 $\pm$ 682	4522 $\pm$ 699	4510 $\pm$ 708	3848 $\pm$ 615	3870 $\pm$ 625	3831 $\pm$ 606
Oxygène mesuré (O ₂) [% vol.]	11,7 $\pm$ 0,2	12,5 $\pm$ 0,2	12 $\pm$ 0,2	15,9 $\pm$ 0,2	16 $\pm$ 0,2	15,8 $\pm$ 0,2
Di oxyde de carbone (CO ₂) [% vol.]	9 $\pm$ 0,2	8,2 $\pm$ 0,2	8,7 $\pm$ 0,2	4,9 $\pm$ 0,2	4,7 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 0,2
Monoxyde de carbone (CO) [mg/m ³]*	31 $\pm$ 10	35 $\pm$ 10	33 $\pm$ 10	69 $\pm$ 10	188 $\pm$ 20	236 $\pm$ 25
Monoxyde de carbone (CO) [ppm]	23	24	24	28	75	98
Débit massique CO [g/h]**	29 $\pm$ 36	30 $\pm$ 34	30 $\pm$ 36	35 $\pm$ 18	94 $\pm$ 18	94 $\pm$ 18
Oxydes d'azote (NO _x) [mg/m ³]*	186 $\pm$ 19	181 $\pm$ 19	183 $\pm$ 19	145 $\pm$ 16	144 $\pm$ 15	150 $\pm$ 16
Oxydes d'azote (NO _x) [ppm]	84	75	80	36	35	38
Débit massique NO _x [g/h]**	768 $\pm$ 130	697 $\pm$ 120	741 $\pm$ 128	285 $\pm$ 51	278 $\pm$ 51	299 $\pm$ 54
Teneur en poussières [mg/m ³]*	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1
Débit massique poussières [g/h]**	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1	0 $\pm$ 1
Rendement [%]	97	97	97	96	96	95
	* : normalisé 0°C, 1013 mbar, sec et rapporté à [% O ₂]					11
	** : normalisé à 0°C, 1013 mbar, sec					

Calibrations

Débit Mesures	CO réf. (ppm)	CO lu. (ppm)	Erreur %	NO réf. (ppm)	NO lu. (ppm)	Erreur %	CO ₂ réf. (%)	CO ₂ lu. (%)	Erreur %	CO ₂ réf. (%)	CO ₂ lu. (%)	Erreur %
Calibration réf :	179	183	2,2	81	79	-2,5	8,1	8,0	-1,2	8	8,9	-1,1
Calibration zéro:	0	1		0	0		0,0	-0,2		0	1	
Corrections réf :	179	179		81	0		8,1	8,1		8	8,0	
Corrections zéro:	0	0		0	0		0,0	0,0		0	0	

Fin Mesures	CO réf. (ppm)	CO lu. (ppm)	Erreur %	NO réf. (ppm)	NO lu. (ppm)	Erreur %	CO ₂ réf. (%)	CO ₂ lu. (%)	Erreur %	CO ₂ réf. (%)	CO ₂ lu. (%)	Erreur %
Calibration réf :	179	177	-1,1	81	79	-2,5	8,1	8,0	-1,2	8,0	8,8	-2,2
Calibration zéro:	0	3		0	0		0,0	0,1	0,0	0,0	-0,3	0,0
Corrections réf :	0	0		0	0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Corrections zéro:	0	0		0	0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Messbericht Wanner- Nachmessung – Kessel 1, Juni 2021

WANNER

EMISSIONSMESSUNGEN

WANNER Expert GmbH
Domacherstrasse 29
4500 Solothurn

Tel. 032 622 88 35
messen@wanner-expert.ch

Viteos SA
Rue du college 30
2300 La Chaux-de-Fonds

Rapport de mesure des émissions de chauffage à bois

Table des matières

1	Consigne de mesure	2
2	Résumé	2
3	Données de l'installation et de l'exploitation	3
4	Programme de mesure	4
5	Résultats des mesures	5
6	Remarques	7

Installation

Chaudière à bois N°1
Binder
Puissance calorifique 2'415 kW
N° cantonal 16401

Emplacement de l'installation

BéroCAD
Rue de La Reusière 22
2024 St-Aubin

Rapport N°

421273

Date de la mesure

10.06.2021



1 Consigne de mesure

Selon l'ordonnance de Viteos SA, les émissions du système de chauffage au bois, dans le cadre d'une mesure des émissions, devaient être contrôlées d'après une demande officielle.

2 Résumé

Résumé

Paramètre	Plus haute valeur à la demi-heure	OPair Valeurs limites Annexe 3, Ch. 522	Évaluation Provisoire
Concentration Particules solides (n.s) 11%-vol. ten. en O₂	7 mg/m³ ± 1	20 mg/m³	Conforme
Concentration Monoxyde de carbone (n.s) 11%-vol. ten. en O₂	259 mg/m³ ± 27	250 mg/m³	Conforme
Concentration Oxyde d'azote (n.s) 11%-vol. ten. en O₂	170 mg/m³ ± 18	250 mg/m³ si >= 2'500 g/h	Conforme
Débit massique Oxyde d'azote	618 g/h ± 87	-	-

Le Canton de Neuchâtel procédera à l'évaluation définitive des résultats des mesures.



3 Données de l'installation et de l'exploitation

Chauffage aux bois

Fabricant	Binder
Type	RRK 800-2300
Puissance nominale	2'100 kW
Puissance calorifique	2'415 kW
An. de fabrication	2017
Trans. De chaleur / Température	Eau <110°C
Remplissage	Automatique
Heures de fonctionnement	9'495h total (Display chaudière)
Nombre de démarrage	Aucune information
Installation supplémentaire	Electrofiltre
Accumulateur	2 x 50'000 L
Hauteur de la cheminée	Aucune information

Filtre

Type de filtre	Electrofiltre
Fabricant	Oekosolve
Type	Neviro
N° de fabrication	Non disponible
An. de fabrication	2017
Heures de fonctionnement	7'488h total durée ionisation (Display Filtre)
Nombre de démarrage	Aucune information
Disponibilité	79% selon les données présentent

Combustible

Combustible	Copeaux de bois Cat. B
Estimation de la teneur en eau	25 %
Cal. Valeur calorifique du bois	3.58 kWh/kg
Consommation du combustible	Aucune information
Elimination des cendres	Aucune information

Monteur chaudière: présent, filtre: présent

Puissance durant la mesure 80% selon Display chaudière,
Puissance calorifique calculée 1'800 kW

Les données de l'installation ont été prélevées sur les plaques signalétiques ou lues sur les écrans de contrôle. Collecte de données par J. Thibault (WANNER Expert GmbH).



4 Programme de mesure

Date de la mesure	10. Juin 2021
Heure de la mesure	11:13-12:07
Emplacement de la mesure	Cheminée Il y a un raccord EMPA sur la cheminée (Raccord normalisé EMPA)
Diamètre intérieur	70 cm
Section droite avant la mesure	>5D
Section droite après la mesure	>3D Le point de mesure est conforme à la recommandation de mesure de l'OFEV (section d'entrée et de sortie)

Les paramètres des polluants/gaz d'échappement suivant ont été mesurés :

Particules solides	en mg/m ³	3 x 15 Minutes
Monoxyde de carbone	en mg/m ³	3 x 15 Minutes en continu
Oxygène	en %	3 x 15 Minutes en continu
Température	en °C	3 x 15 Minutes en continu
Vitesse des gaz d'échappement	en m/s	Echantillons
Tailles auxiliaires		

Voir l'annexe pour les informations sur la technique de mesure



5 Résultats des mesures

Les résultats des mesures d'émissions sont donnés sous la forme :

Concentration : Masse des substances émises par rapport au volume
des gaz résiduels

Débit massique : Masse des substances émises par unité de temps

Condition de référence normé (n.) : 0°C, 1013 mbar, sec (tr.), 11 %-vol. O₂

Les mesures du 10. Juin 2021 ont donné les résultats suivants :

Solides, flux volumiques et paramètres auxiliaires

Paramètre	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
Heure de la mesure	11:13-11:28	11:32-11:47	11:52-12:07
Concentration Particules solides (normé, sec)	2 mg/m ³ ± 1	2 mg/m ³ ± 1	11 mg/m ³ ± 2
Concentration Particules solides (n,s) 11%-vol. ten. en O ₂	2 mg/m³ ± 1	2 mg/m³ ± 1	12 mg/m³ ± 2
Débit massique Particules solides	7 g/h ± 1	9 g/h ± 2	43 g/h ± 8
Débit volumique (Condition du canal)	5'620 m ³ /h ± 560	5'640 m ³ /h ± 560	5'630 m ³ /h ± 560
Débit volumique (Normé, sec)	4'120 m ³ /h ± 410	3'970 m ³ /h ± 400	4'040 m ³ /h ± 400
Température des gaz d'échappement	52 °C ± 5	54 °C ± 5	53 °C ± 5
Vit. Effluents gazeux	4.1 m/s ± 0.5	4.1 m/s ± 0.5	4.1 m/s ± 0.5

Pression atmosphérique: 965 ± 10 mbar



Substances gazeuses inorganiques

Paramètre	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
Heure de la mesure	11:13-11:28	11:32-11:47	11:52-12:07
Concentration Monoxyde de carbone (n,s)	331 mg/m ³ ± 33	65 mg/m ³ ± 7	114 mg/m ³ ± 11
Concentration Monoxyde de carbone (n,s) 11%-vol. ten. en O ₂	453 mg/m³ ± 47	65 mg/m³ ± 7	129 mg/m³ ± 13
Débit massique Monoxyde de carbone	1'363 g/h ± 192	257 g/h ± 36	462 g/h ± 65
Concentration Oxyde d'azote (n,s)	127 mg/m ³ ± 13	166 mg/m ³ ± 17	142 mg/m ³ ± 14
Concentration Oxyde d'azote (n,s) 11%-vol. ten. en O ₂	174 mg/m³ ± 18	166 mg/m³ ± 17	160 mg/m³ ± 16
Débit massique Oxyde d'azote	524 g/h ± 74	661 g/h ± 93	574 g/h ± 81
Concentration Oxygène (n,s)	13.7 %-vol. ± 0.2	11.0 %-vol. ± 0.2	12.1 %-vol. ± 0.2
Concentration Dioxyde de carbone (n,s)	7.0 %-vol. ± 0.2	9.7 %-vol. ± 0.2	8.5 %-vol. ± 0.2

Valeur à la demi-heure

Paramètre	Mesures 1+2	Mesures 2+3	Plus haute valeur à la demi-heure	OPair Valeurs limites Annexe 3, Ch. 522
Concentration Particules solides (n,s) 11%-vol. ten. en O ₂	2 mg/m³ ± 1	7 mg/m³ ± 1	7 mg/m³ ± 1	20 mg/m³
Concentration Monoxyde de car- bone (n,s) 11%-vol. ten. en O ₂	259 mg/m³ ± 27	97 mg/m³ ± 10	259 mg/m³ ± 27	250 mg/m³
Concentration Oxyde d'azote (n,s) 11%-vol. ten. en O ₂	170 mg/m³ ± 18	163 mg/m³ ± 17	170 mg/m³ ± 18	250 mg/m³ si >=2'500 g/h
Débit massique Oxyde d'azote	593 g/h ± 84	618 g/h ± 87	618 g/h ± 87	-



6 Remarques

Aucunes

Avec mes meilleures salutations

Soleure, 22.6.2021

WANNER Expert GmbH

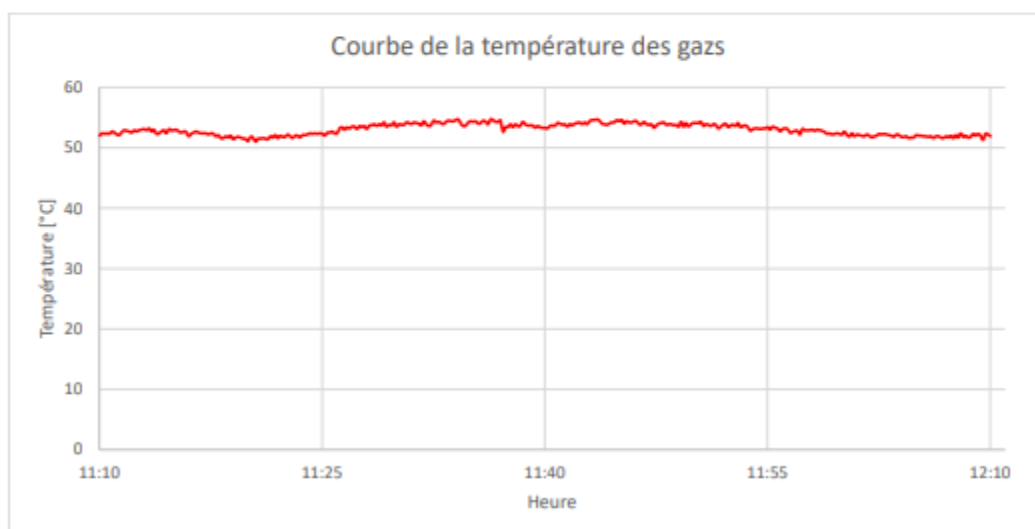
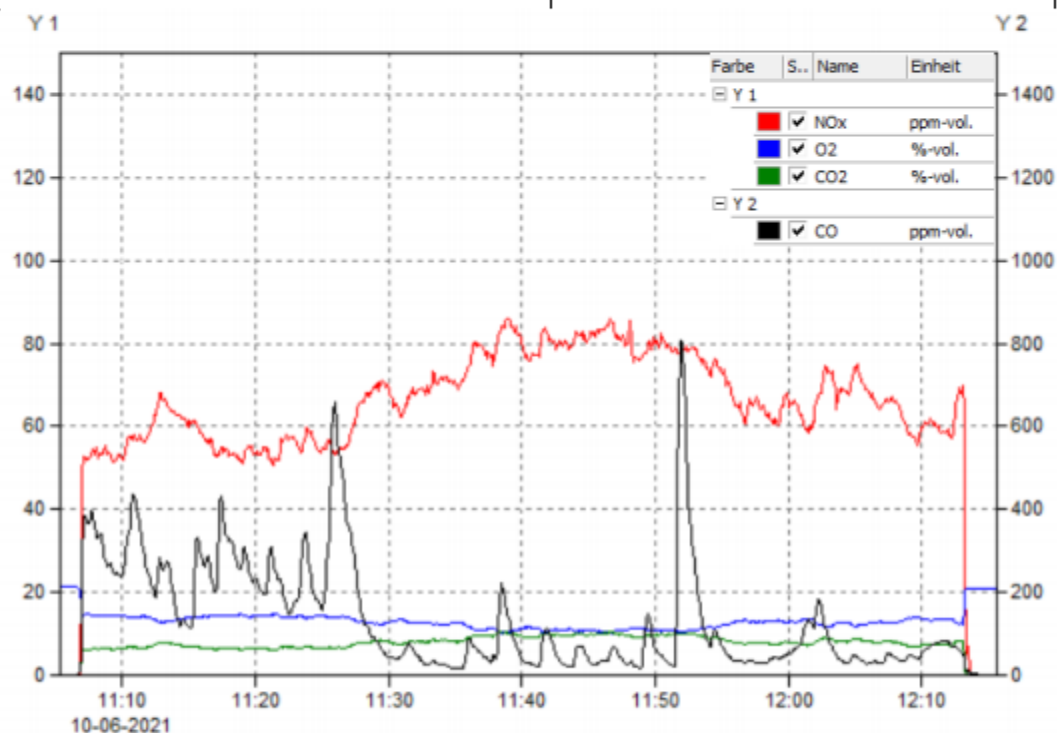
Marcel Schneeberger
Responsable de mesure

Annexe :
Graphique linéaire des données brutes
Données sur les installations

Distribution :
Viteos SA, Neuchâtel
Département du développement territorial et de l'environnement,
Service de l'énergie et de l'environnement, Peseux
WANNER Expert GmbH, Solothurn

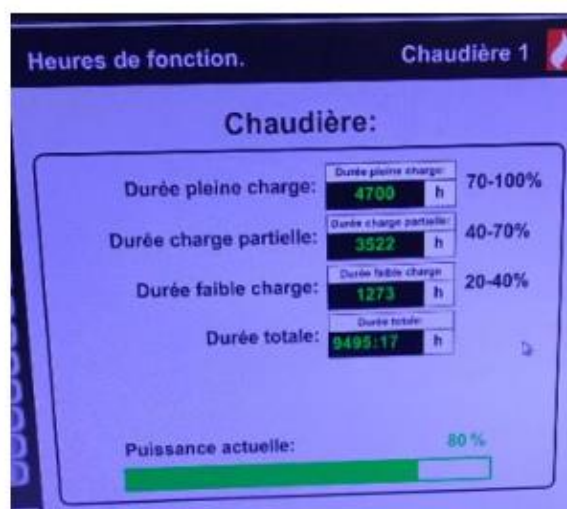


WANNER EMISSIONSMESSUNGEN	Dornacherstrasse 29 4500 Solothurn	Tél. 032 622 88 35	Annexe 1
Rapport Nr. 421273 Béro CAD, St-Aubin Mesure d'émission du 10.06.2021			
Graphique d'émission (Données brutes) (Avant la correction drift)			





WANNER EMISSIONSMESSUNGEN	Dornacherstrasse 29 4500 Solothurn	Tél. 032 622 88 35	Annexe 2
Données sur les installations	Rapport Nr. 421273 Béro CAD, St-Aubin Mesure d'émission du 10.06.2021		



ve NEVIRO

Neviro Béro CAD Utilisateur Service 10.06.21

Compteur

Durée signal externe de fonctionnement Neviro	14475.8 h
Durée disponibilité s'échauff	12070.9 h
Durée signal externe de fonctionnement C1	8918.7 h
Durée disponibilité filtre C1	3720.3 h
Durée signal externe de fonctionnement C2	5925.5 h
Durée disponibilité filtre C2	5923.6 h
Durée incinération	7407.6 h
Durée filtre en défaut	750.4 h
Déplacement de la température max	75.6 h
Nombre d'heures réelles	22040.5 h
Prochain service prévu	0.0 h



11.6 Messbericht Keller AG Trockner-Elektrofilter 2 MW



NoxaQuant GmbH
Dorfstrasse 38
8194 Hüntwangen

Messbericht Holzfeuerung Kanton Zürich

Messung vom: 09.12.2019 Bericht Nr.: 2019.12.09.A Seite 1

Anlage Gde-Nr.: 42 GVZ-Nr.: 0040
Standort Säge- und Hobelwerk
Wetti
8476 Unterstammheim
Anlagebetreuer Martin Keller (052 744 01 11)
Eigentümer/Verwaltung Konrad Keller AG
Strasse Wetti
Ort 8476 Unterstammheim
Kontaktperson Martin Keller (052 744 01 11)

Anlagebeschreibung	KESSEL 1	KESSEL 2
Holzessel Hersteller und Typ	Schmid UTSR 900.22	WVT Bioflam V-11
Baujahr	1996	1990
Fabrikations-Nr.	19.96.96912	20
Wärmeträger	Wasser	
Soll-Temperatur Wärmeträger [°C]	100	
Anlagezweck	Fernwärme	
Nennwärmeleistung [kW]	900	1'250
Konformitätserklärung (bis 350 kW)	-	-
Zündung	automatisch (Thermostat)	
Beschickung	automatisch (Thermostat)	
Lastbereich [kW]	max. 900	max. 1'250
Filteranlage Hersteller und Typ	Oekosolve Neviro	
Baujahr	2018	
Fabrikations-Nr.	n.b.	
Anzahl Laststufen (E-Filter)	1 (65 kV / 22 mA)	
Einschalttemperatur	n.b.	
Filterabreinigung	n.b.	
Zusatzinstallationen	Zyklon	Zyklon
Energiespeicher Volumen [l]	12'000	
Fossile Zusatzheizung (bivalente Anlage)	nein	
Bypassbetrieb Filter möglich	ja	
Kaminhöhe	ca. 12 m	
Messstelle Distanz ab Filter	ca. 4 m	
Eignung gemäss Messempfehlungen	geeignet	

Angaben zur Messtechnik

Emissionsmessungen nach Vorgaben des BAFU (LRV/Art. 14/2). Methodik und Auswertung gemäss Empfehlungen über die Emissionsmessung von Luftfremdstoffen an stationären Anlagen (Emissions-Messempfehlungen, BAFU 2013).

Parameter	Referenzkapitel Messempfehlungen	Messprinzipien (Messgeräte)
CO/CO ₂	Kap. 6.3.5/6	NDIR (Sick Sidor)
O ₂	Kap. 6.3.3	Paramagnetismus (Sick Sidor)
NOx als NO ₂	Kap. 6.3.7	Chemilumineszenz CLD (Ecophysics CLD62)
Staub	Kap. 4.2.3	Innenliegendes Planfilter, Pumpstand Digital
Abgas-Temperatur		kontinuierliche Messung mit Thermoelement Typ K (Kimo AMI 310)
Abgas-Geschwindigkeit		kontinuierliche Messung mit Staurohr (Kimo AMI 310)



Messung vom: 09.12.2019

Bericht Nr.: 2019.12.09.A

Seite 2

Messung ¹⁾ Kessel 1 + 2	Einheit	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
Betriebszustand ²⁾		Parallelbetrieb beider Kessel					
		Teillast			Vollast		
Start Messung		08:26	08:44	09:04	10:20	10:38	10:57
Ende Messung		08:41	08:59	09:19	10:35	10:53	11:12
Vorlauftemperatur	°C	100	100	110	100	100	100
Feuerungswärmeleist. ³⁾	kW	870 ± 101	935 ± 109	847 ± 99	1'094 ± 127	1'067 ± 124	1'092 ± 127
Abgasgeschwindigkeit	m/s	5.8 ± 0.6	5.9 ± 0.6	5.8 ± 0.6	6.0 ± 0.6	6.0 ± 0.6	5.9 ± 0.6
Abgastemperatur	°C	51 ± 2	51 ± 2	51 ± 2	52 ± 2	52 ± 2	53 ± 2
Abgasvolumenstrom (N)	m³/h	1'675 ± 195	1'785 ± 207	1'617 ± 188	2'039 ± 243	2'041 ± 237	2'080 ± 241
Sauerstoff O ₂ (trocken)	% V/V	12.5 ± 0.2	12.1 ± 0.2	12.7 ± 0.2	10.4 ± 0.2	10.8 ± 0.2	10.3 ± 0.2
Kohlendioxid CO ₂ (trocken)	% V/V	8.2 ± 0.2	8.6 ± 0.2	8.0 ± 0.2	10.2 ± 0.2	9.8 ± 0.2	10.3 ± 0.2
Feststoffe/Staub (N)	mg/m³	7 ± 1	6 ± 1	7 ± 1	7 ± 1	8 ± 1	8 ± 1
Kohlenmonoxid CO (N)	mg/m³	15 ± 5	8 ± 5	16 ± 5	15 ± 5	7 ± 5	7 ± 5

Bezugszustand (N): 0 °C, 1'013 mbar, trocken, 11 % O₂

Prüfgase: Messer CO 400 ppm, CO₂ 10.03 %, Rest N₂ / Umgebungsluft CO 0 ppm, CO₂ 0.0 %, O₂ 20.9 %

Mittelwerte für Vergleich mit Grenzwert	Einheit	GW ⁴⁾	Teillast	Vollast
höchster Halbstunden-Mittelwert Feststoffe	mg/m³	20	7 ± 1	8 ± 1
höchster Halbstunden-Mittelwert Kohlenmonoxid	mg/m³	250	12 ± 5	11 ± 5

¹⁾ Grundlage: Empfehlungen über die Emissionsmessung von Luftfremdstoffen bei stationären Anlagen, Kap. 13

²⁾ ab einer FWL von 1 MW → Messungen in Teillastbetrieb 30 – 50 % und Vollastbetrieb 80 – 100 %

³⁾ Heizwert des eingesetzten Brennstoffes 4.7 kWh/kg (Wassergehalt 5 %)

⁴⁾ GW → Grenzwerte Feststoffe und Kohlenmonoxid gemäss LRV/Anhang 3/Ziffer 522

Betriebsdaten	aktuell (Abnahmemessung)	letzte Messung
Betriebsstunden Feuerung ein	0 h (siehe Bemerkungen)	-
Betriebsstunden Sommerbetrieb	nicht separat erfasst	-
Betriebsstunden Filter ein (Ionisation)	2'292 h	-
Filterverfügbarkeit: (Filter ein/ Feuerung ein)	-	-
Aussentemperatur	4 - 10 °C	Feuerraumtemperatur
		K1: 840 °C / K2: 810 °C
Brennstoff	Hackschnitzel naturbelassen, trocken → LRV Kat. b Restholz aus eigenem Betrieb, trocken → LRV Kat. c	
Brennstoffverbrauch 2018	n.b.	
Brennstoffverbrauch Sommerbetrieb	nicht separat erfasst	
Asche	grau, ohne Rückstände	
Entsorgung	Entsorgungsfirma	

Bemerkungen:

- Servicetechniker vor Ort.

- Kessel 2 kann noch mit maximal 50 % Leistung betrieben werden.

- Bevor das Abgas den Nasselektrofilter passiert und ausgestossen wird, wird es zum Vortrocknen der Hackschnitzel durch eine Mischkammer geleitet (siehe Abbildung S.3).

- An beiden Kesseln wurden neue analoge Betriebsstundenzähler installiert, die noch nicht in Betrieb sind. Die alten Betriebsstundenzähler beider Kessel sind wenig aussagekräftig, da sie nur 4-stellig sind (Kessel 1: > 60 %: 3'308 h; < 60 %: 7'287 h / Kessel 2: > 60 %: 4'541 h; < 60 %: 1'621 h).

- Betriebsstundenzähler an Neviro: Anforderung Neviro: 5'050 h / Verfügbarkeit Trockner: 3'105 h / Anforderung K1: 3'866 h / Anforderung K2: 4'584 h / Verfügbarkeit Filter K1: 2'132 h / Verfügbarkeit Filter K2: 2'140 h



Messung vom: 09.12.2019

Bericht Nr.: 2019.12.09.A

Seite 3

Messtrend:

Die Konzentrationen von Sauerstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid sind driftkorrigiert. Die Kohlenmonoxid-Konzentration wird im Messtrend ohne Umrechnung auf die Bezugssauerstoffkonzentration dargestellt.

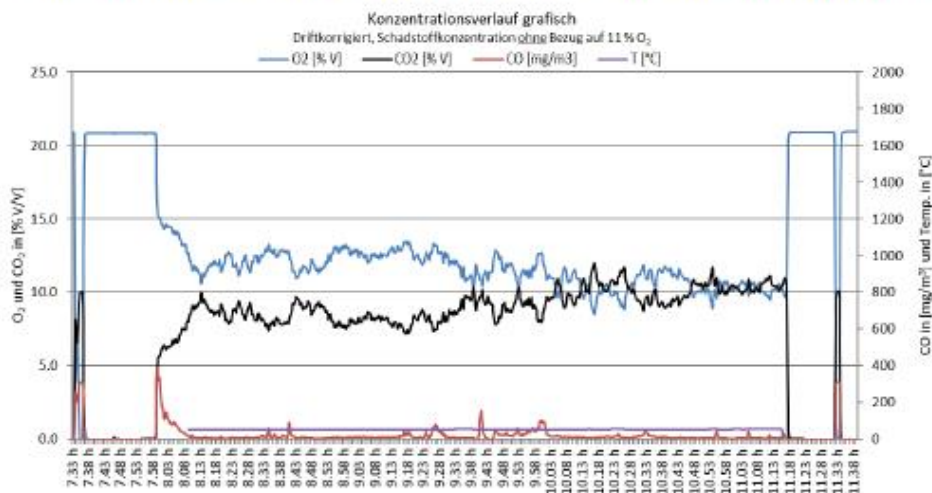
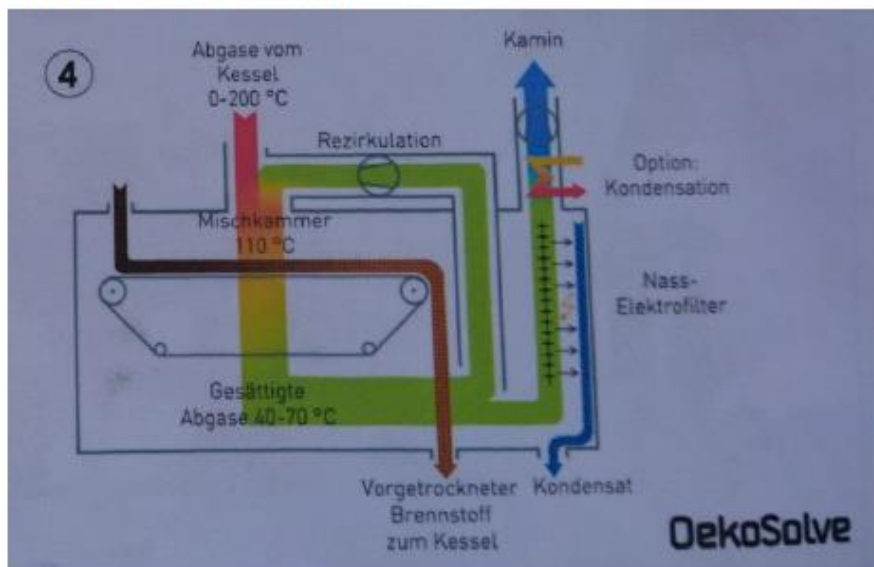


Abbildung: Anlagenschema Trockner und Elektrofilter



Hüntwangen, den 11. Dezember 2019

T. Rogg

Tobias Rogg

Ch. Sprecher

Christian Sprecher Messverantwortlicher