



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Schlussbericht im Dezember 2013 / März 2014

Kombinierte Abgaskondensation / Abgasreinigung für Holzheizanlagen





Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

GUNEP GmbH
Holzenergiezentrum
CH-4457 Diegten
www.gunep.ch

Autoren:

Eugen Koller, Gunep AG, e.koller@gunep.ch
Horst Nowitz, Gunep AG, h.nowitz@gunep.ch
Marco Baumgartner, IS SaveEnergy AG, marco.baumgartner@saveenergy.ch

BFE-Bereichsleiter: Daniel Binggeli

BFE-Programmleiter: Sandra Hermle

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 8100146-02 / SI/500600

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.



Inhaltsverzeichnis

1. Abstrakt.....	4
2. Zielsetzung.....	4
3. Erreichte Resultate	5
3.1 Jahresbericht 2011 Zusammenfassung.....	5
3.2 Jahresbericht 2012 Zusammenfassung.....	5
3.3 Jahreszwischenbericht Juli 2013 Zusammenfassung.....	6
3.4 Jahresbericht 2013 / Schlussbericht	8
3.5 Zusatzinformationen vom 2014.....	8
3.6 Anlagensicherheit.....	9
3.7 WRG Verbesserungen	9
3.8 Kosten- und Nutzenabschätzung.....	12
4. Fazit	13
5. ANHANG.....	14
5.1 Anhang: Anlagentabellen	14-17
5.2 Anhang: Messberichte Aetigkofen	18-21
5.3 Anhang: Messberichte Etzelkofen.....	22-25
5.4 Anhang: Messbericht Kernenried.....	26-27
5.5 Anhang: Diverse Fotos.....	28-31



1. Abstrakt

Die wichtigste Grundlage aller Wohlfahrtsstaaten ist die quasi unlimitierte Verfügbarkeit von Energie. Die Ausbeutung von hochkonzentrierten fossilen/atomaren Energieressourcen kommt an eine kritische Wende (Verfügbarkeit/Umweltschäden). Biomasse als erneuerbarer, CO₂-neutraler Energieträger steht in einer begrenzten Menge für die energetische Nutzung zur Verfügung. Die **effiziente** Nutzung der Primärenergie Biomasse ist entscheidend. Gemäss der Schweizerischen Holzenergiestatistik (Bundesamt für Energie) lag die Endenergieerzeugung bei automatischen Holzfeuerungen über 300 kW im Jahr 2008 bei 2'100'000 MWh.

Die Steigerung der Energieeffizienz bei den bestehenden Holzheizwerken um 15 % würde eine Einsparung von 320'000 MWh bedeuten.

Um die zulässigen Feinstaubemissionen gemäss der verschärften Luftreinhalteverordnung (LRV) vom 1.1.2008 einzuhalten, sind sekundäre Massnahmen erforderlich. Die geforderten Werte von < 20 mg/Nm³ Feinstaubgehalt für Anlagen > 500 kW Feuerungsleistung, bzw. < 50 mg/Nm³ Feststaubgehalt für Anlagen von > 70 kW bis < 500 kW können mit herkömmlichen Fliehkraftabscheidern nicht erreicht werden. Heutige Technologien wie Gewebe- und Trocken-Elektroabscheider verschlechtern die Energieeffizienz der Gesamtanlage. Eine **kombinierte Lösung** für die Abgasreinigung und die Wärmerückgewinnung würde die effiziente Nutzung der Holzenergie in der Schweiz nachhaltig verbessern. Weitere Vorteile des nassen Abscheideverfahrens sind die hohe Verfügbarkeit in allen Betriebszuständen, keine Notwendigkeit von Bypassbetrieb und die kompakte Bauweise.

2. Zielsetzung

Das Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer marktreifen Technik und **Anlagen-Kombination** zur Steigerung der Energieeffizienz von Schnitzelfeuerungsanlagen (15 - 30 %) und zur Reinigung der Abgase bei Holzfeuerungen im Leistungsbereich von ca. 200 kW bis ca. 1'200 kW. Die Steigerung der Energieeffizienz wird durch die Wärmerückgewinnung aus den heiss-feuchten Abgasen erreicht.

Die Abgasreinigung erfolgt als sekundäre Massnahme mittels nassem Abscheideverfahren.

Ziel der Abgasreinigung war die Unterschreitung der geltenden LRV Grenzwerte 2008/2012, aber auch die Abgasreinigung während allen Betriebszuständen der Feuerung zu gewährleisten (hohe Verfügbarkeit).

Mit dem nassen Verfahren mittels Wäscher/Filter/kondensator sind die theoretischen, technischen Voraussetzungen zur Erreichung beider Teilziele gegeben.



3. Erreichte Resultate

3.1 Jahresbericht 2011 Zusammenfassung

Staubemissionsgrenzwerte von $< 20 \text{ mg/Nm}^3$ können mit mechanischen Nassabscheidern **nicht erreicht** werden. Grenzwerte von $< 50 \text{ mg/Nm}^3$ erscheinen im Bereich des **Machbaren**. Die angewendete Technik mit mechanischer Filtrierung mit Gewebe aus Kunstfasern oder aus Chromstahlgewebe ist einerseits sehr betreuungsintensiv und andererseits behaftet mit teils grossen Druckverlusten. Entsprechend notwendige Aufrüstung mit starkem Abgasgebläse widerspricht der Grundidee von Energieeffizienz. Diese Art der Filtrierung wird nicht weiter verfolgt. Es werden neue/andere Lösungsansätze angestrebt.

Ergebnis

Die potentiellen Ziele der WRG können in der Praxis nur zum Teil erreicht werden. Es zeigt sich, dass die Installation einer WRG/Kondensationseinheit in der Praxis extrem abhängig wird von den situativen Gegebenheiten. Anlagen, bei welchen nicht direkt Einfluss auf die techn. Auslegungen von Netz- und Rücklauftemperaturen genommen werden kann, können im Extremfall zu einem Negativresultat führen. D.h. es wird bedingt durch zu hohe Temperaturen im Kondensator ein theoretischer Trockenbetrieb erreicht. Die Niveauüberwachung führt Frischwasser zu und die notwendige Verdampfungsenergie kann zu einem negativen Energieergebnis führen.

Fazit: Die technischen Vorgaben und Kontrollen beim Einbau einer Kondensationsanlage müssen genau und konsequent ausgeführt werden!

3.2 Jahresbericht 2012 Zusammenfassung

Unterschiedliche Bauten von Nass-Elektrofilter, als der WRG nachgeschaltete Kompaktfilter führen mit der Technik der Röhrenfilter zu guten, reproduzierbaren Ergebnissen. Es werden Staubwerte von $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ Abgas erreicht. Eine grosse Herausforderung ist die Gestaltung der Kompaktlösung. Die feuchten Abgase mit der Problematik von Spannungsüberschlag und Kriechspannung erfordern relativ grossvolumige Lösungen. D.h. die Kompaktheit stösst hier an technische Grenzen.

Trotzdem: Ein Nass-Elektrofilter benötigt wesentlich weniger Platz als ein Trockenelektrofilter und kann den Platzverhältnissen in einem gewissen Bereich angepasst werden.

Ergebnis

Die WRG erreicht bei optimalen Anlagen sehr gute, stabile Werte und bekräftigt den Sinn der Grundidee einer Lösung mit Kondensation. Kostenbewusste (private) Betreiber schätzen die WRG als amortisierbare, finanziell interessante Ergänzung einer Schnitzelfeuerungsanlage. Die Technik bedingt ein hohes Mass an Kontrolle und eine gewisse Wartung.



3.3 Jahreszwischenbericht Juli 2013 Zusammenfassung

Neue Versuchsreihen mit Kombinationen von Gaswäscher mit Wärmeauskoppelung und nachgeschalteten Filtertechniken unter Einsatz von Füllkörperpaketen führen zu verbesserten Staubwerten. Die Einhaltung/Unterschreitung der LRV Grenzwerte von $< 50 \text{ mg/Nm}^3$ erscheint unter idealen Bedingungen möglich. Es ist notwendig, die ersten Messresultate zu verifizieren.

Die oftmals mangelhaften Lösungen der Rauchgasklappen welche durch die Kaminbauer geliefert werden, mit der Gefahr von markanten Leckagen wurden mit einer Neukonstruktion massiv verbessert.

Fazit:

- Die ausgewerteten Entstaubungswerte lagen mehrheitlich im Bereich von ca. 45 %.
- Mit den genannten Verbesserungen sollten Entstaubungswerte über 50 % erreichbar werden.
- Die Einhaltung der LRV Hürde von $< 50 \text{ mg/Nm}^3$ mit einer Wäscher/WRG Kombination ist kritisch. Sie ist nur dann erreichbar, wenn die Grundwerte der Anlage mit dem Vorabscheider gut sind, d.h. unter 100 mg/Nm^3 sind. Ansonsten ist der notwendige Garantiewert nicht/schlecht erreichbar.

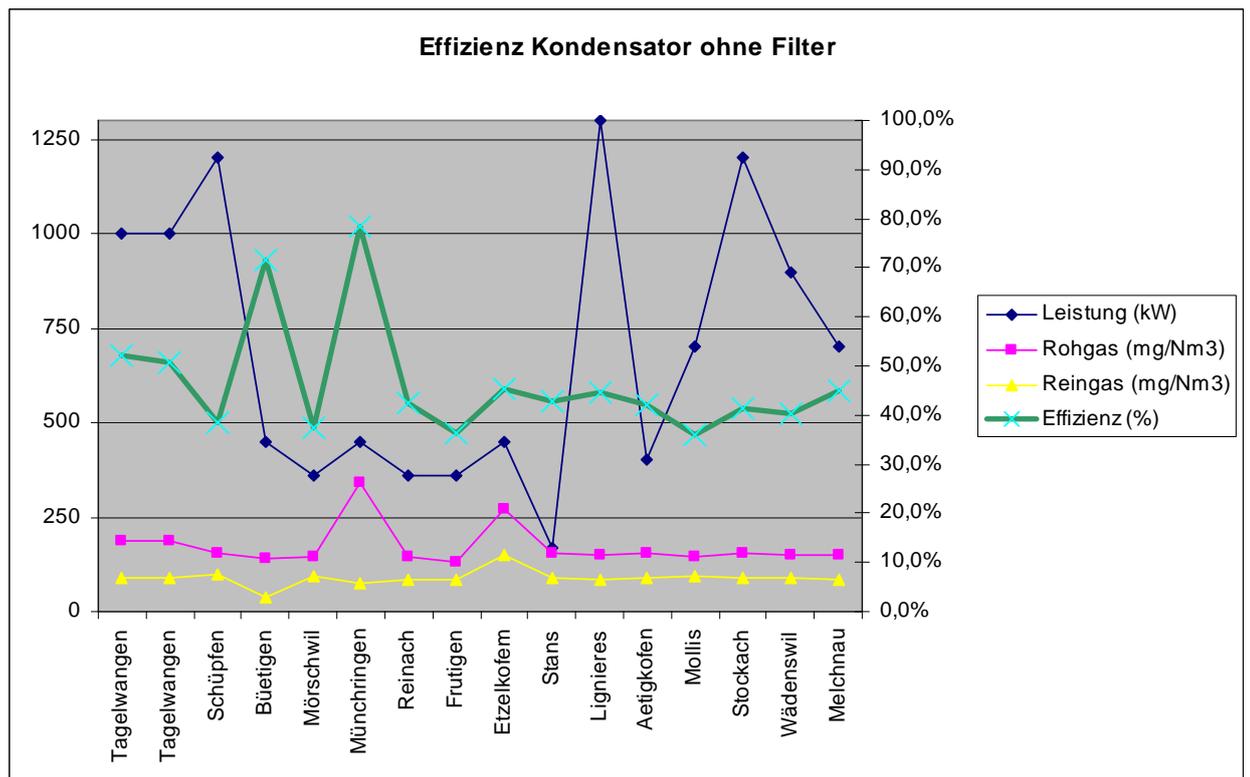


Bild 1: Effizienz Abscheideleistung Kondensator ohne Filtertechnik



Ergebnis

WRG Analysen mehrerer Anlagen zeigen Praxiswerte von ca. 10 % bis 15 % WRG der Kesselenergie. Gleichzeitig werden Anlagen entdeckt, welche quasi im Minusbetrieb arbeiten durch schlechte/nicht adäquate Anlagentechnik der Wärmeverteilung.

Beispielauszug Anlage Wädenswil

Daten 1 Wädenswil Jänner 2013

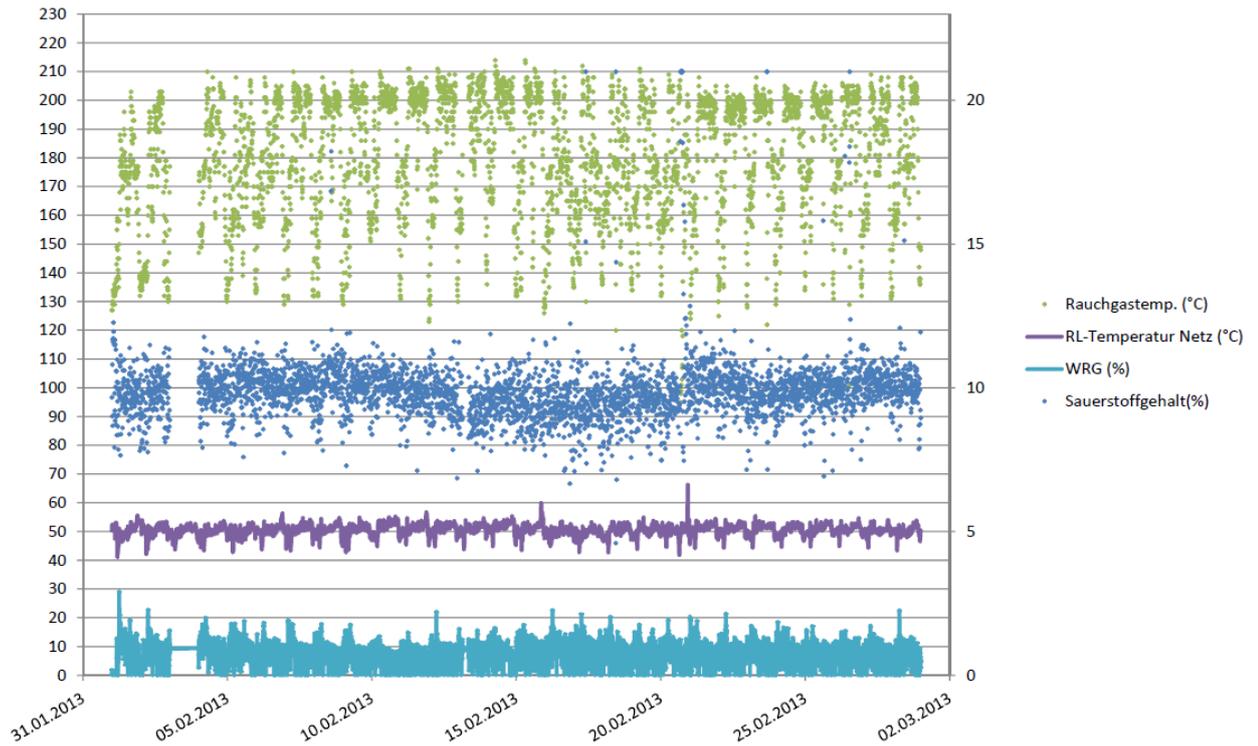


Bild 2b: Wärmerückgewinnung Wädenswil / 900kW



3.4 Jahresbericht 2013 / Schlussbericht

Im 3. + 4. Quartal wurden an zwei Anlagen erneute Messversuche gefahren unter Berücksichtigung der Punkte gem. 2. Zielsetzung des Projektes. Die Messresultate sind nachfolgend dargestellt.

Aetigkofen:

Rohgas: 96 mg/Nm³
Reingas: 54 mg/Nm³ Reduktion: 48 %

Etzelkofen:

Rohgas: 192 mg/Nm³
Reingas 1: 120 mg/Nm³ Reduktion: 37 %
Reingas 2: 95 mg/Nm³ Reduktion: 51 %
Reingas 3: 115 mg/Nm³ Reduktion: 40 %

Beide Anlagen hatten Top-Verbrennungswerte mit CO Gehalten von wenigen mg/Nm³. Bei beiden Anlagen war die Bypassklappe dicht.

Fazit:

Um die LRV Grenzwerte von < 50 mg/Nm³ mit einer Wäscher-WRG Einheit garantieren zu können, bedingt es Rohgasbelastungen in Bezug auf Staubgehalt von unter 100 mg/Nm³.

Vollständige Messberichte siehe Anhang 1

3.5 Zusatzinformationen vom 2014

Im 1. Quartal wurde an der Anlage in Kernenried die LRV-Messung gefahren. Die Anlage ist mit einem internen, in den Heizungskreislauf integrierten Wärmetauscher ausgestattet. Vor der Anlage ist ein Trockenelektrofilter installiert.

Ziel der Messung war es, zuzüglich zur offiziellen LRV-Messung Messdaten über WRG und eine mehr oder weniger vorhandene Feinstaubreduzierung zu erhalten.

Die Messresultate sind ebenfalls nachfolgend dargestellt.

Kernenried:

Rohgas: keine Angaben
Reingas: 8 mg/Nm³
WRG: ca. 10%

Die Messungen zur Feinstaubreduzierung über den Wärmetauscher konnten aufgrund der zu hohen Aussentemperaturen über den ganzen Monat März dieses Jahres nicht mehr durchgeführt werden

Vollständiger Messbericht siehe Anhang. Datenanalyse der WRG siehe Anhang.

Eine neue Art von Füllkörpertechnik mit stark benetzender Oberfläche soll gem. Herstellerangaben bessere Entstaubungseffekte erzielen können. Wir haben die Füllkörper bestellt und hoffen auf kühle Witterung in diesem Frühling, um auf der Anlage Münchringen oder Etzelkofen noch in diesem Frühjahr 2014 weitere Tests fahren zu können.



3.6 Anlagensicherheit

Die gewählten Füllkörpermaterialien bedingen ein klares Sicherheitskonzept bzgl. Überhitzung der Betriebstemperaturen im Wäscher. Die in einem Chromstahlbehälter sonst unkritischen Abgastemperaturen dürfen mit Kunststoff-Küllkörper Füllungen auch kurzfristig nicht über den Toleranzbereich des gewählten Materials ansteigen.

Die Sicherheit, welche im dokumentierten Fall immerhin durch zwei in Serie geschaltete Grenzparameter nicht genügte, führte zu einem mittelschweren Anlagenunfall.

Die geschmolzenen Füllkörper blockierten den Gasweg und die gleichzeitig nicht funktionierende, blockierte Bypassklappe verhinderte ein Umgehen der kritischen Zone.



Bild: Füllkörperschüttung



Bild: Geschmolzene Füllkörper

3.7 WRG Verbesserungen

Aus der mehrjährigen Erfahrung mit insgesamt über 20 Anlagen wurden im Bereich Wärmerückgewinnung (WRG) Verbesserungspotentiale festgestellt.

Diese Verbesserungspotentiale müssen unterteilt werden in **beeinflussbare Bereiche** wie:

- **Auslegungen von Wärmetauschern**

Hier handelt es sich durchwegs um geschraubte, externe Plattenwärmetauscher. Anfangs wurden die Wärmetauscher auf ein $\log.dT_m$ (mittlere logarithmische Temperaturdifferenz) von 3K bis 4K ausgelegt. Darauf von Anlage zu Anlage reduziert bis zu einer $\log.dT_m=1K$. Die Kosten der Reduktion der $\log.dT_m$ nehmen exponentiell zu. Jedoch steigt die Auskoppelung der Wärmeenergie. Der mittlerweile etablierte Wert liegt bei einer $\log.dT_m$ von 1.5 K max. 2 K.

- **Düsenteknik**

Grundsätzlich ist eine feine bis feinste Tröpfchenbildung (nebelartiges Sprühbild) die beste Einbringung zum Quentschen der Rauchgase. Aber auch hier ist die Maximierung einem Funktions- wie auch Kostendruck unterstellt. Zu kleine Düsenquerschnitte führen unweigerlich zu verstopften Düsen und zu hohen Wartungsintervallen. Im Grundsatz kann mit grösseren (sichtbare Tröpfchenbildung von einigen Zehntel Millimetern Durchmesser) aber dafür höheren Anzahl von Düsenköpfen ein problemloser Betrieb erreicht werden. Je nach Fabrikat der Düse ergibt sich auch ein minimaler Druckaufbau von z.B. 1 bar um das Sprühbild aufrecht zu erhalten. Ein Druckaufbau von über 3 bar ist zu vermeiden. Der Fremdenergieaufwand wird zu hoch ohne Steigerung der Funktion.



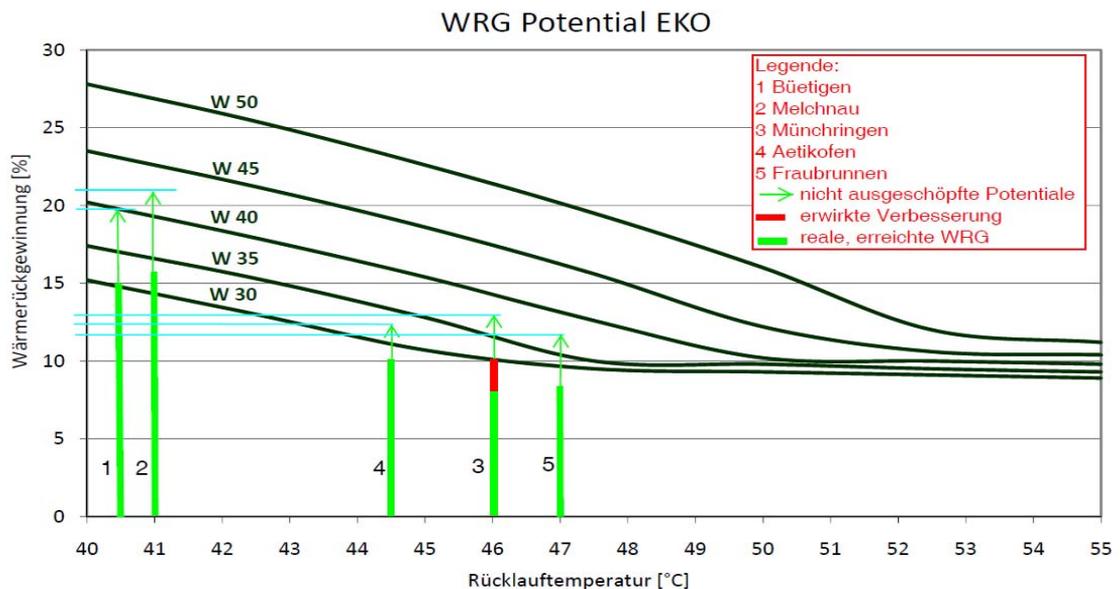
- Volumenströme

Die grossen Leistungsschwankungen der Feuerung, bzw. der resultierenden Abgasvolumina erfordern ein Anpassen der umgewälzten Wassermasse. Idealerweise kann mit einem Frequenzumrichter der Sollwert genau angefahren werden. Das Referenzsignal kann z.B. das Leistungssignal der Feuerung sein oder eine Abgastemperaturmessung mit Umwandlung in ein Leistungssignal.

und **nicht oder nur teilweise beeinflussbare** Faktoren durch den Lieferanten der Kondensationsanlage/WRG- Einheit wie:

- Auslegung der Fernwärmenetze in Bezug auf Vorlauf- und Rücklauftemperaturen
- Vorgaben von Grenzwerten der Rücklauftemperaturen in den Wärmelieferverträgen.
- Möglichkeiten der Durchsetzung der vertraglichen Bestimmungen in den Wärmelieferverträgen. Oftmals fehlt das Verständnis und die Sensibilisierung der beteiligten Kunden wie auch der Installationsfirmen die geforderten Werte zu erreichen. Pumpeneinstellungen und Wärmetauscherauslegungen der Unterstationen werden oft, sehr oft nicht optimiert. Relativ einfache Einstellungen der Abnahmeparameter und Volumenströme auf den Sekundärseiten würden die Rücklauftemperaturen deutlich reduzieren.
- Sommerbetrieb: unideale Verhältnisse im Netz und trockener Brennstoff
- Nicht optimierte Verbrennungseinstellungen der Feuerung mit hohem Luftüberschuss sowie zu dynamische Leistungsschwankungen

Die nicht ausgereizten WRG Potentiale werden nachfolgend dargestellt. In der Anlage Münchringen (Nr. 3 im Diagramm) wurde das Wärmetauscherpaket gewechselt. Von 4 K dtm auf 2 K dtm. Diese Verbesserung der Wärmetauscherauslegung resultiert in einer durchschnittlichen Erhöhung des WRG Anteils um enorm hohe 2.5 %! Der Mehrpreis des WT ist in wenigen Wochen amortisiert.



O₂-Gehalt (nass): 8 [%], Abgastemperatur: 170 [°C], Umgebungsdruck: 0.96 [bar], Standort: 500 m.ü.M.

Diagramm: Darstellung der nicht erreichten WRG Potentiale in der Praxis



Datenauszug von Melchnau 2013 (September und Oktober sind im Wärmehäzähler nicht auslesbar)

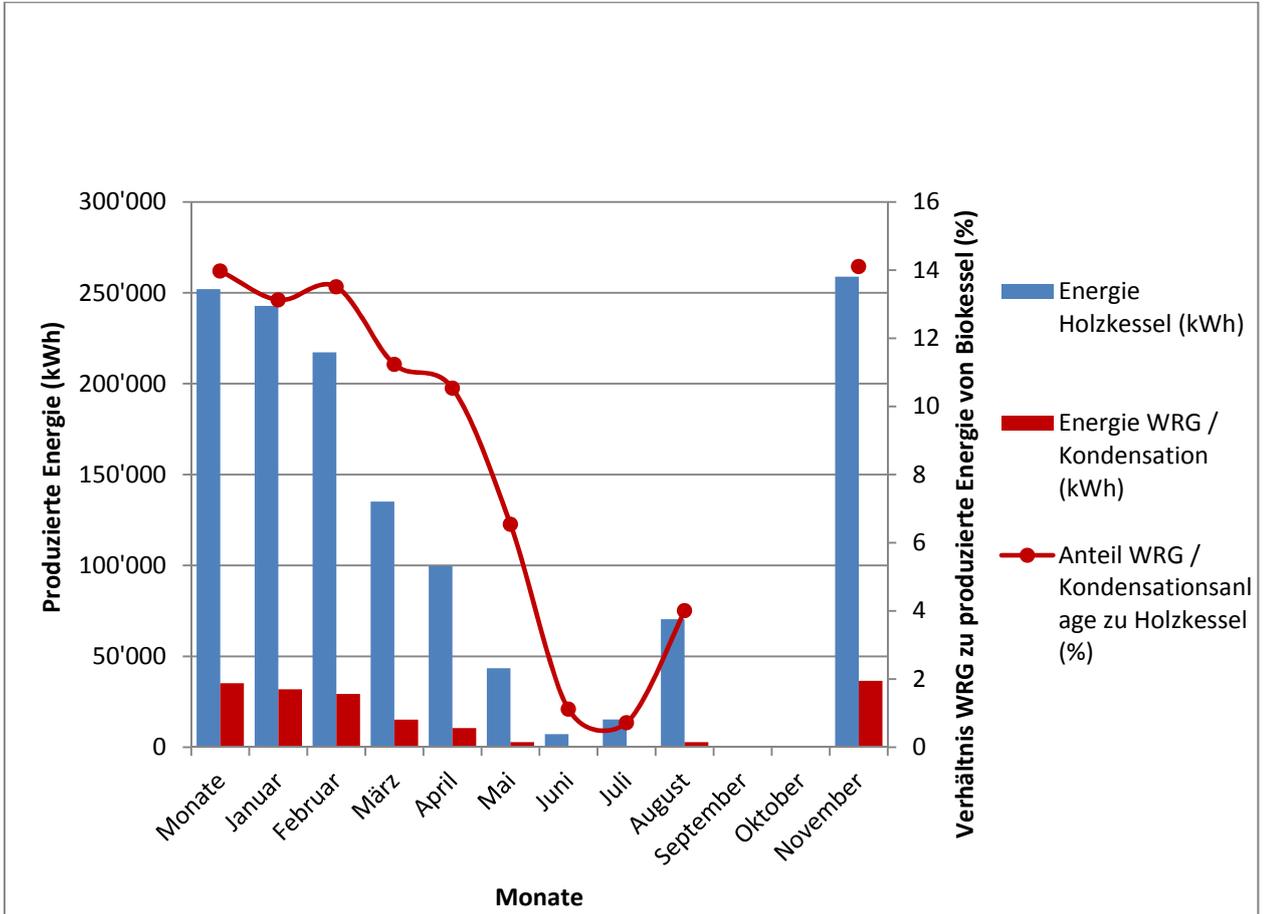


Diagramm: Darstellung der WRG Leistung mit Verhältnis zum Holzessel



Bild: Neues WT Packet mit 2 K dtm_log



Bild: Altes WT packet mit 4 K dtm_log



3.8 Kosten- und Nutzenabschätzung

Die Anlagen wurden über die Jahre immer wieder kostenoptimierend modifiziert. So wurde beispielsweise die initiale Konstruktion mit Wanne und zwei runden Türmen ersetzt und wird mittlerweile als kompaktes, rechteckiges und standardisiertes WRG-Gehäuse hergestellt. Siehe Fotos im Anhang.

Ebenso wurde die Isolierung standardisiert und kann als Vorfertigung direkt mit der Anlage ausgeliefert und vor Ort nach der Aufstellung der Anlage montiert werden. Kostspielige Anreisewege und Montagezeiten vor Ort mit Isolateuren entfallen damit.

Als weiterer, zu optimierender Kostenfaktor hat sich die Installation der primären Verrohrung der WRG-Einheit auf Wärmetauscher und Prozesspumpe herausgestellt. Aber: Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist es oft nicht möglich, den Wärmetauscher und die Prozesspumpe als kompakte und an das WRG-Modul integrierte Einheit herzustellen.

Dort wo es möglich ist, wird eine weitgehend standardisierte WRG-Einheit mit vor Ort anschließbarer Pumpe/WT Einheit ausgeliefert. Auf diese Weise sind aufwändige Montage- und Verrohrungsarbeiten vor Ort reduziert.

Ein grosser Kostenbereich sind/waren die Revisions- und Kontrollarbeiten vor Ort. Diese waren notwendig, weil einerseits Filtersysteme eingesetzt waren, die keine hohen Standzeiten hatten. Auch führten verstopfte Düsen zu Funktionsproblemen, Trockenlauf und Pumpenausfall. Die notwendige feine Zerstäubung der Wassertropfen liess sich nur mit entsprechend fein ausgelegten Düsen erreichen. Nicht sorgfältig gewartete Anlagen (Kontrolle der Durchgängigkeit, Spülen mit Frischwasser, etc.) durch die Betreiber führt zu Funktionsproblemen. Hier muss die Anlagentechnik der Praxis angepasst werden. Düsen müssen zwangsläufig genug gross sein und Rückspülungen müssen automatisiert sein.

Die Abschlammssysteme wurden während der Entwicklungszeit immer wieder optimiert. Systeme mit Absetzbecken wurden durch Big Bags ersetzt. Dadurch ist ein rationeller Entsorgungsaufwand der Schlammausscheidung möglich. Die Big Bags sind insofern sehr kritisch, weil die Gewebestruktur eine ganz bestimmte Feinheit haben muss. Die Doppelfunktion vom Zurückhalten der (feinen) Schlammausscheidung und gleichzeitiges, druckloses Durchlassen des Kondensatwassers ist sehr schwierig zu erreichen.

Bei Anlagen mit vorgeschaltetem Elektrofilter werden keine Abschlammssysteme mehr eingesetzt. Die Staubfracht ist stark reduziert. Allerdings zeigt die Praxis, dass der Kondensator trotz Elektrofilter noch bedeutsame Mengen an Schlamm (= Feinstaub!) auswaschen kann. Hier wird vor allem die Tatsache der notwendigen Bypass Phasen im E-Filter der grösste Verursacherfaktor darstellen.

Die Arbeitsaufwände beliefen sich bei Projektstart im Durchschnitt von ca. 1 h pro Woche für Kontrollen und Wartungsarbeiten und Entschlammungsarbeiten. Zusätzlich fallen Kosten von Ersatzfiltern im Bereich von CHF 40/Woche an. Die Unterhaltsaufwände der neuen Anlagen liegen bei durchschnittlich wenigen Minuten Arbeitsaufwand pro Woche und jährlicher Komplettreinigung. Der Fremdenergie Aufwand liegt im Bereich von 2-3% der gewonnenen thermischen Energie. Die Initialkosten sind im Bereich von unter 10 Jahren amortisierbar bei durchschnittlichen Ertragswerten und Rohenergiekosten.



4. Fazit

Zielerreichung Entstaubung auf LRV Grenzwerte:

1. **< 20 mg/Nm³ sind mit einer Wäscher-Kondensationseinheit nicht erreichbar.**
2. **< 50 mg/Nm³ sind mit einer Wäscher-Kondensationseinheit im Idealfall erreichbar aber in der Praxis durch viele Einflussfaktoren sehr bedingt erreichbar.**

Das Ziel der Entwicklung einer marktreifen, kompakten Kombianlage zur reproduzierbaren, sicheren Staubreduzierung < 50mg mit integrierter Wärmerückgewinnung wurde nur teilweise erreicht. Es ist uns gelungen, bei einigen Anlagen unter den geforderten Richtwerten zu bleiben. Es gelingt nicht, den LRV Grenzwert vorbehaltlos zu garantieren. Es müssen klare Einschränkungen verlangt werden von Rohgaswerten unter 100 mg/Nm³. Diese Forderung wird normalerweise von den Kesselanbietern mit nur einer Zyklon-Vorfiltrierung nicht garantiert. Im Vergleich können die aktuell verfügbaren Trocken-Elektrofilter einen Rohgasgehalt von unter 150 mg/Nm³ verkraften. Diese Differenz ist matchentscheidend bei der Wahl der Filterlösung.

Zielerreichung der Wärmerückgewinnung

Das Ziel zur Steigerung der Energieeffizienz aus der Wärmerückgewinnung im Bereich von 15 % der Kesselleistung und darüber wird dort erreicht, wo direkt Einfluss auf die entscheidenden Faktoren genommen werden kann. Ohne Einflussnahme (Optimierungen) werden in der Praxis Werte im Bereich von 10 % erreicht. Aber: das Potential der WRG liegt im Bereich von 20 %! Dieses Niveau wurde nicht erreicht aber wird klar sichtbar. Punktuelle Betriebsphasen zeigen die Machbarkeit!

Vorbehalte: Die Umsetzung in genereller Anwendung ist kritisch. Der Hauptgrund liegt in nicht optimal betriebenen oder konzipierten Nahwärmenetzen. Es herrscht bei den Planern wenig Sensibilität/Motivation für effiziente Netzauslegung. Optimierungen sind zeitintensiv und werden selten konsequent bis zum Ende geführt. Für die erfolgreiche Optimierung ist eine Datenerfassung mittels Leitsystem faktisch ein Muss. Ansonsten können Schwachstellen nur extrem aufwändig eruiert werden.

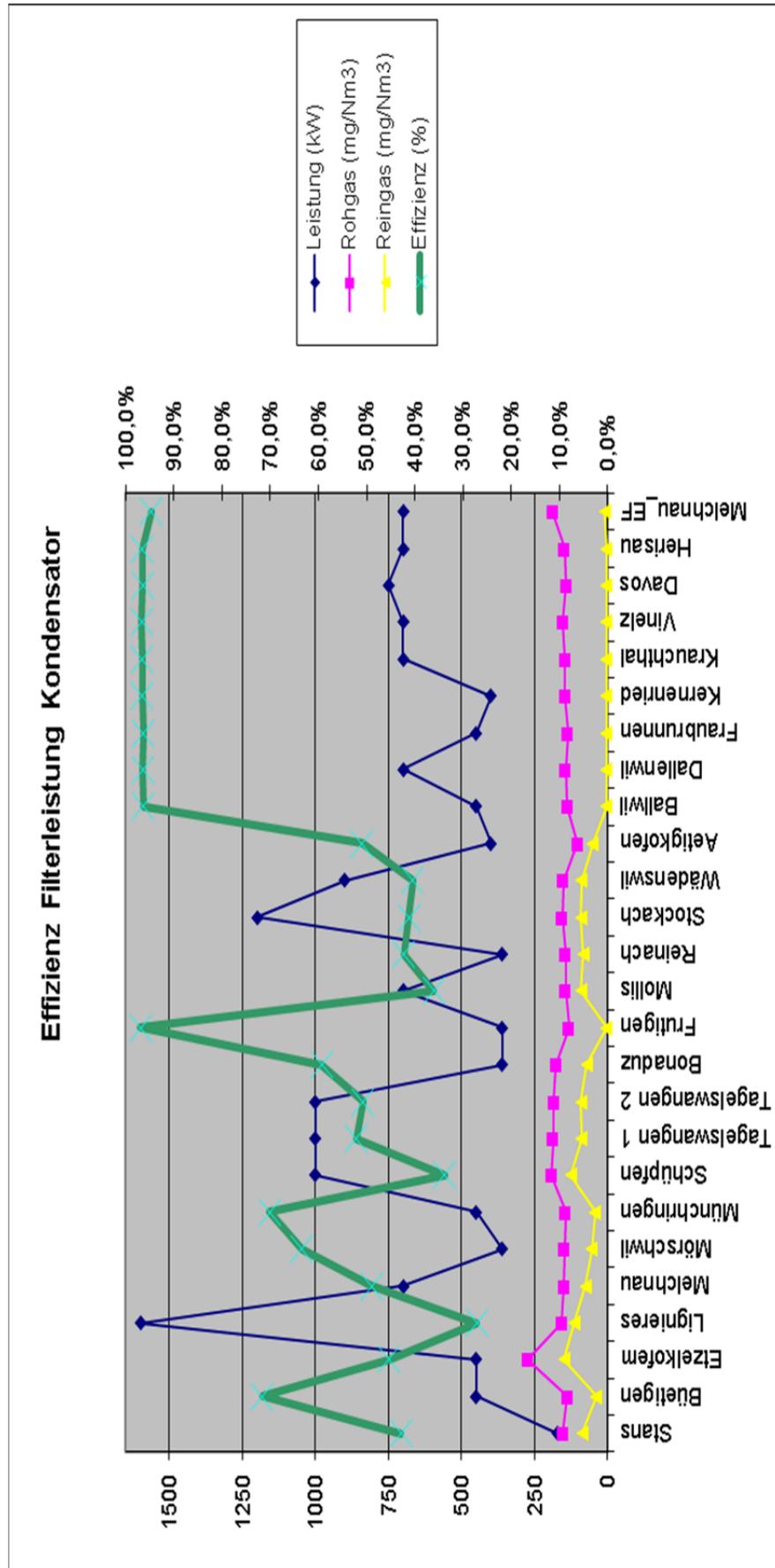
Erfolgreiche WRG Anlagen sind real, wenn ein Wärmeverbund von Anbeginn begleitet werden kann. Es muss auf die Auslegungen der Stationen, der Regelparameter der Wärmebezüger (Rücklaufbegrenzung) sowie der Betriebsparameter der Wärmeabgaberegulierung Einfluss genommen werden. Des Weiteren müssen die Wärmeerzeuger in Bezug auf Betriebsstabilität und Feuerungsqualität (Luftüberschuss) gut eingestellt werden.



5. ANHANG

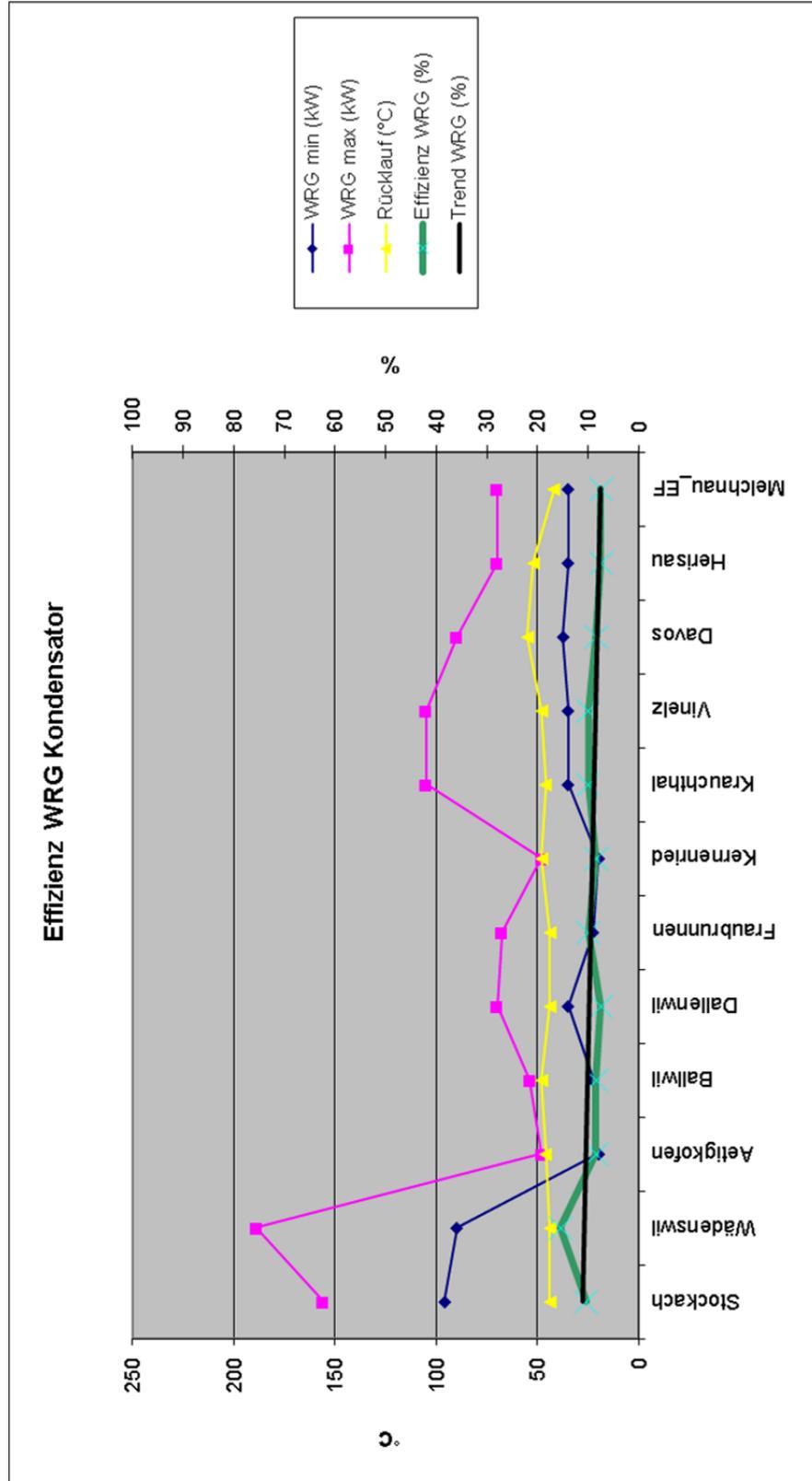
5.1 Anhang: Anlagentabelle

Datum	Anlage	Leistung (kW)	Rohgas (mg/Nm ³)	Reingas (mg/Nm ³)	Filterart	Art	Effizienz Filter %	RL	WRG min	WRG max	WRG Schnitt	WRG %	Wasserbehandlung
2008	Stans	170	154	88	Demister	Filter/WRG	66	47	17	42,5	29,75	17,5	-
2009	Büetigen	450	138	39	Filtermatte	Filter/WRG	99	43	45	112,5	78,75	17,5	BigBag
2009	Etzelfofen	450	273	149	Füllkörper	Filter/WRG	124	45	45	112,5	78,75	17,5	Überlaufbecken
2009	Ligneres	1600	158	115	Demister	Filter/WRG	43	45	96	160	128	8	Überlaufbecken
2009	Melchnau	700	149	76	Demister	Filter/WRG	73	42	105	196	150,5	21,5	Überlaufbecken
2009	Mörschwil	360	148	54	Füllkörper / Filtermatte	Filter/WRG	94	67	18	43,2	30,6	8,5	BigBag
2009	Mürchingen	450	144	43	Füllkörper	Filter/WRG	101	45	45	103,5	74,25	16,5	-
2010	Schüpfen	1000	192	127	Absetzkammer	Filter/WRG	65	44	100	230	165	16,5	-
2010	Tagselswangen 1	1000	186	89	G4 und F8	Filter/WRG	97	42	100	230	165	16,5	BigBag
2010	Tagselswangen 2	1000	185	91	G4 und F7	Filter/WRG	94	43	100	200	150	15	BigBag
2011	Bonaduz	360	177	72	Wäscherbetrieb	Filter/WRG	105	48	36	72	54	15	BigBag
2011	Frutigen	360	132	4	Nasselektrofilter	Filter/WRG	128	58	14,4	54	34,2	9,5	Überlaufbecken
2011	Mollis	700	144	92	Trockenelektrofilter	nur WRG	52	43	70	175	122,5	17,5	-
2011	Reinach	360	144	83	Füllkörper	Filter/WRG	61	28	36	100,8	68,4	19	BigBag
2011	Stockach	1200	155	91	Filtermatte	Filter/WRG	64	44	96	156	126	10,5	BigBag
2011	Wädenswil	900	151	90	Trockenelektrofilter	nur WRG	61	44	90	189	139,5	15,5	BigBag
2012	Aetgikofen	400	104	51	Füllkörper	Filter/WRG	53	46	20	48	34	8,5	BigBag
2012	Ballwil	450	138	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	133	48	22,5	54	38,25	8,5	-
2012	Dallenswil	700	143	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	138	44	35	70	52,5	7,5	-
2012	Fraubrunnen	450	137	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	132	44	22,5	67,5	45	10	Überlaufbecken
2013	Kemernied	400	146	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	141	48	20	48	34	8,5	Überlaufbecken
2012	Krauchthal	700	145	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	140	46	35	105	70	10	Überlaufbecken
2012	Vinelz	700	154	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	149	48	35	105	70	10	-
2013	Davos	750	142	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	137	55	37,5	90	63,75	8,5	-
2013	Hersau	700	147	5	Trockenelektrofilter	nur WRG	142	52	35	70	52,5	7,5	-
2013	Melchnau_EF	700	188	10	Nasselektrofilter	Filter/WRG	178	42	35	70	52,5	7,5	-



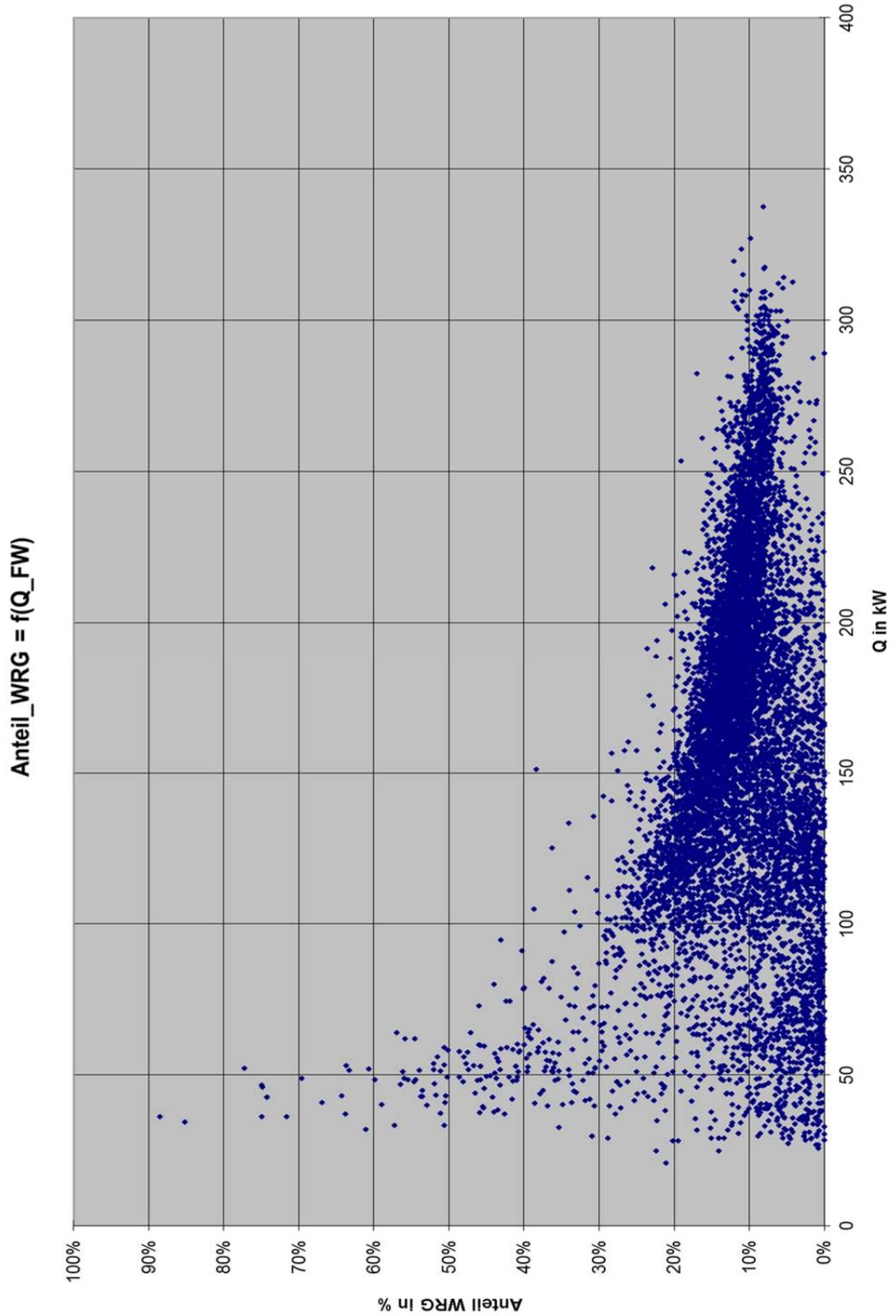


Punktaufnahmen der WRG Daten (die gemittelten Werte) können erheblich abweichen.





Detailauszug Kernenried mit integriertem Wärmetauscher
Erreichter WRG Anteil über Monatsmessung entspricht 11% der Kesselenergie





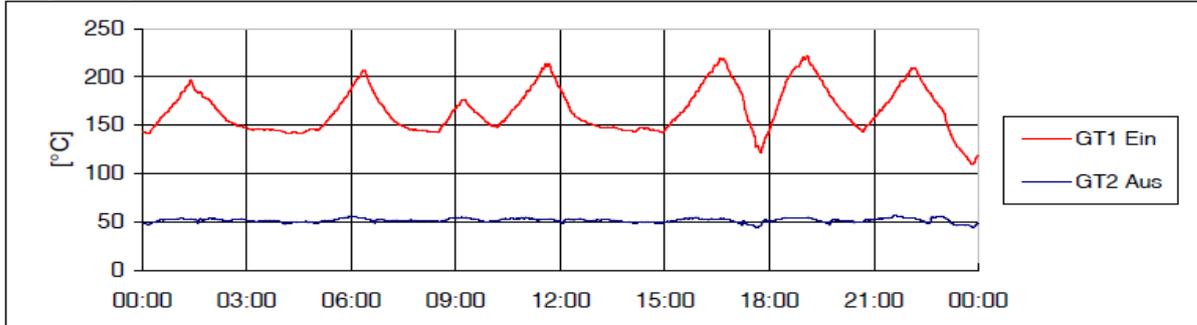
5.2 Anhang: Messberichte Aetigkofen

Aetigkofen - EKO

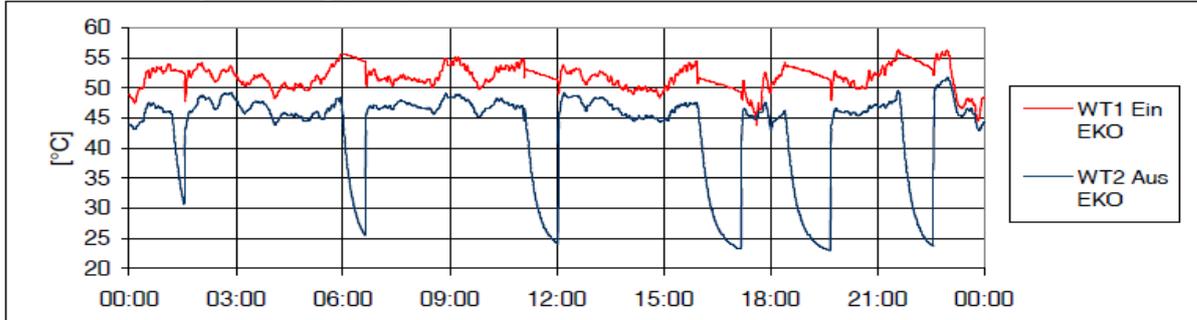
Auswertung QM-Holz

Datum: 26.11.13

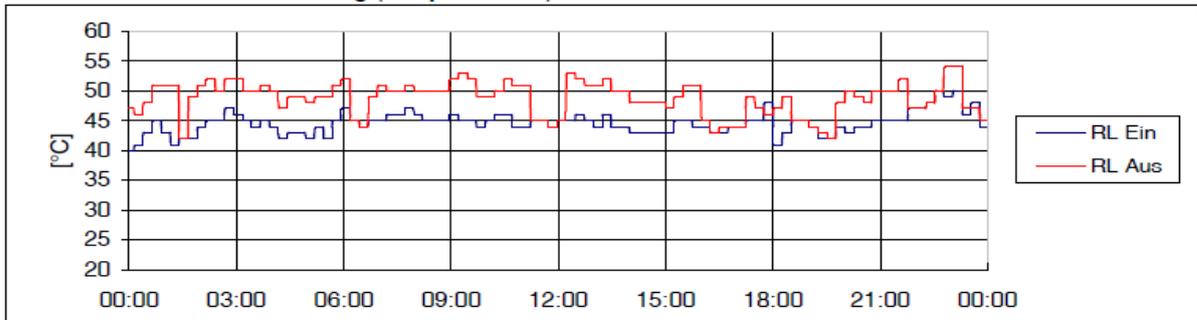
Abgastemperatur EKO Ein/Aus



Wärmetauscher primärseitig (EKO)



Wärmetauscher sekundärseitig (Hauptrücklauf)



WRG-Leistung

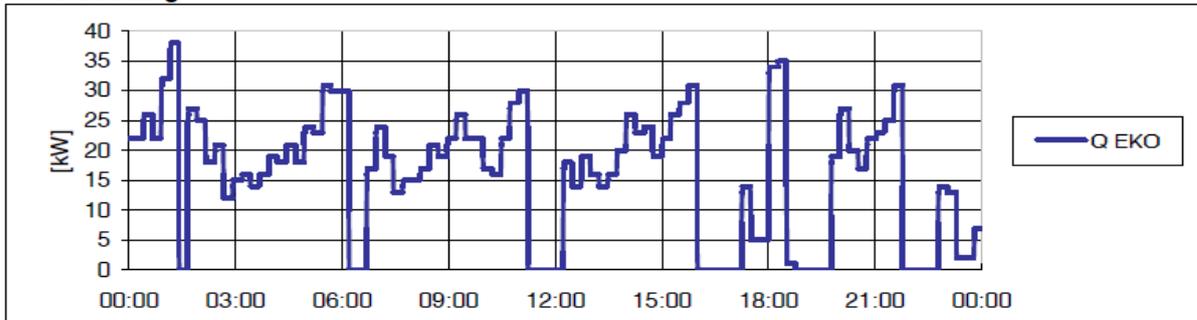


Diagramm 2: typischer Tagesverlauf mit Darstellung der Temp. und WRG Leistung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

WANNER

EMISSIONSMESSUNGEN

WANNER Expert GmbH
Dornacherstrasse 29
4501 Solothurn

Tel. 032 625 75 75
Fax 032 625 75 79
messen@wanner-expert.ch

Gunep GmbH
Dürmetweg 2
4457 Diegten

Wärmeverbund EVA , 4583 Aetigkofen

Messbericht periodische Emissionsmessung (Holzfeuerung)

H. Gschwind, Messtechniker

Bericht Nr. 413425

Datum der Messung: 20. Dezember 2013



WANNER

Emissionsmessung Holzfeuerung

20.12.2013 Auftrag Nr. 413425

Adresse/Standort		Rechnungsadresse
Firma	Wärmeverbund EVA	Gunep GmbH
Strasse	Hauptstrasse 21	Dürmetweg 2
Plz/Ort	4583 Aetigkofen	4457 Diegten
Verantwortlicher/Tel.		Herr Klaus Eckhardt

Anlagendaten						
Kessel	Fabrikat	Schmid AG	Typ	UTSK-450.22	Baujahr	2011
	Fabr. Nr.	61110915	Wärmeträger	Wasser	Temp. (°C)	110
Beschickung	automatisch		Steuerung	Schmid	Kaminh. ü.B.	10
Zusatzinstallationen	Wäscher		Nennleist. kW	400	FWL+15%	460
Filter	Fabrikat	EKO	Typ		Baujahr	
	Fabr. Nr.					
Brennstoff	Holzqualität	Schnitzel	Betriebs-h Holz	10414	Brennst./J m ³	k.A.

Messdaten					
Messstelle	Rauchrohr	Durchm. [cm]	30	Fläche [m ²]	0.07
Messpunkte	1	Luftdr. [mbar]	953	EMPA-Stutzen	vorhanden
Messung-Nr.	1	2	3	Mittelwert 1-3	
Leistung [%]	80	80	80	80	Gem. Monteur
Messbeginn	14:35	14:57	15:18		
Messende	14:50	15:12	15:33		
O ₂ [%]	7.6	7.7	7.8	7.7	
CO [ppm]	17	13	12	14	
CO ₂ [%]	13.3	13.0	13.0	13.1	
NO _x [ppm]					
Temp. Rauchgas [°C]	50	53	53	52	
Geschwindigkeit [m/s]	3.2	3.2	3.2	3.2	
Volumenstrom tr,n [m ³ /h]	531	526	526	528	
Feuerungswärmeleist. [kW]	386	374	373	378	Berechnet

Resultate (Werte in mg/m ³ bezogen auf 13 % O ₂ und Normbedingungen)				
Staub [mg/m ³]	51	51	60	54
O ₂ [%]	7.6	7.7	7.8	7.7
CO [mg/m ³]	13	10	9	11
CO ₂ [%]	13.3	13.0	13.0	13.1
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]	45	44	52	47
Massenstrom CO [g/h]	11	9	8	9
Massenstrom NO _x [g/h]				
Holzverbrauch trocken [kg/h]	92	89	89	90 (berechnet)

Halb-Stundenmittelwerte	Messung 1 + 2	Messung 2 + 3	Bemerkungen
Staub	51	55	Betriebsstunden: >60 % 5390 h <60 % 5024 h
O ₂ [%]	7.7	7.8	
CO [mg/m ³]	11	10	Monteur vor Ort
NO _x [mg/m ³]			
Massenstrom Staub [g/h]	45	48	
Massenstrom CO [g/h]	10	8	
Massenstrom NO _x [g/h]			

Ort, Datum Solothurn, 27.12.2013

Höchster Halb-Stundenmittelwert	Grenzwerte	Prov. Beurteil.
Staub [mg/m ³]	55	50 eingeh. +/-15%
CO [mg/m ³]	11	500 eingehalten
NO _x [mg/m ³]		


WANNER
EMMISSIONSMESSUNGEN
4501 Solothurn, Dürmacherstrasse 29



WANNER

Emissionsmessung Holzfeuerung Rohgas

20.12.2013 Auftrag Nr. 413425

Adresse/Standort		Rechnungsadresse
Firma	Wärmeverbund EVA	Gunep GmbH
Strasse	Hauptstrasse 21	Dürmetweg 2
Plz/Ort	4583 Aetigkofen	4457 Diegten
Verantwortlicher/Tel.		Herr Klaus Eckhardt

Anlagendaten						
Kessel	Fabrikat	Schmid AG	Typ	UTSK-450.22	Baujahr	2011
	Fabr. Nr.	61110915	Wärmeträger	Wasser	Temp. (°C)	110
Beschickung	automatisch		Steuerung	Schmid	Kaminh. ü.B.	10
Zusatzinstallationen	Wäscher		Nennleist. kW	400	FWL+15%	460
Filter	Fabrikat	EKO	Typ		Baujahr	
	Fabr. Nr.					
Brennstoff	Holzqualität	Schnitzel	Betriebs-h Holz	10414	Brennst./J m ³	

Messdaten					
Messstelle	Rauchrohr	Durchm. [cm]	30	Fläche [m ²]	0.07
Messpunkte	1	Luftdr. [mbar]	953	EMPA-Stutzen	vorhanden
Messung-Nr.	1	2	3	Mittelwert 1-3	
Leistung [%]	80	80	80	80	
Messbeginn	16:24				
Messende	16:39				
O ₂ [%]	7.7			7.7	
CO [ppm]	13			13	
CO ₂ [%]	12.9			12.9	
NO _x [ppm]					
Temp. Rauchgas [°C]	155			155	
Geschwindigkeit [m/s]	3.9			3.9	
Volumenstrom tr,n [m ³ /h]	504			504	
Feuerungswärmeleist. [kW]	364			364	

Resultate (Werte in mg/m ³ bezogen auf 13 % O ₂ und Normbedingungen)				
Staub [mg/m ³]	96			96
O ₂ [%]	7.7			7.7
CO [mg/m ³]	9			9
CO ₂ [%]	12.9			12.9
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]	81			81
Massenstrom CO [g/h]	8			8
Massenstrom NO _x [g/h]				
Holzverbrauch trocken [kg/h]	87			87 (berechnet)

Halb-Stundenmittelwerte	Messung 1 + 2	Messung 2 + 3	Bemerkungen
Staub			Betriebstunden:
O ₂ [%]			>60 % 5390 h
CO [mg/m ³]			<60 % 5024 h
NO _x [mg/m ³]			Rohgasmessung
Massenstrom Staub [g/h]			
Massenstrom CO [g/h]			
Massenstrom NO _x [g/h]			

Ort, Datum Solothurn, 7.12.2013

Höchster Halb-Stundenmittelwert	Grenzwerte	Prov. Beurteil.
Staub [mg/m ³]		
CO [mg/m ³]		
NO _x [mg/m ³]		


WANNER
EMMISSIONSMESSUNGEN
4501 Solothurn, Bernacherstrasse 29



5.3 Anhang: Messberichte Etzelkofen

Messbericht Versuchs-Emissionsmessung (Holzfeuerung)

M. Schneeberger, Messverantwortlicher
H. Gschwind, Messtechniker

Bericht Nr. 413337

Datum der Messung: 25. November 2013

WANNER

Holzfeuerung Rohgas

25.11.2013 Auftrag Nr. 413337

Adresse/Standort		Rechnungsadresse
Firma	Wärmeverbund Ziegelei	Wärmeverbund Ziegelei
Strasse		c/o Gunep GmbH Buuchi 22
Plz/Ort	3306 Etzelkofen	3306 Etzelkofen
Verantwortlicher/Tel.	Eugen Koller	Herr Koller

Anlagedaten						
Kessel	Fabrikat	MAWERA AG	Typ	FU 440 RIA	Baujahr	2009
	Fabr. Nr.	3000004089	Wärmeträger	Wasser	Temp. (°C)	110
Beschickung	automatisch		Steuerung	MAWERA	Kaminh. ü.B.	12.5
Zusatzinstallationen	Wäscher		Nennleist. kW	440	FWL+15%	505
Filter	Fabrikat	Gunep	Typ	Eco 500	Baujahr	2009
	Fabr. Nr.	500/5				
Brennstoff	Holzqualität	Schnitzel	Betriebs-h Holz		Brennst./J m ³	

Messdaten						
Messstelle	Kamin	Durchm. [cm]	35	Fläche [m ²]	0.10	
Messpunkte	1	Luftdr. [mbar]	964	EMPA-Stutzen	vorhanden	
Messung-Nr.	1	2	3	Mittelwert 1-3		
Leistung [%]	100	100	100	100		
Messbeginn	09:11	10:39	11:04			
Messende	09:26	10:54	11:19			
O ₂ [%]	9.5	11.0	12.2	10.9		
CO [ppm]	17	19	66	34		
CO ₂ [%]	11.3	9.8	8.5	9.9		
NO _x [ppm]						
Temp. Rauchgas [°C]	157	151	130	146		
Geschwindigkeit [m/s]	4.2	4.2	4.2	4.2		
Volumenstrom tr,n [m ³ /h]	765	775	815	785		
Feuerungswärmeleist. [kW]	473	414	378	422		

Resultate (Werte in mg/m ³ bezogen auf 13 % O ₂ und Normbedingungen)				
Staub [mg/m ³]	192	197	187	192
O ₂ [%]	9.5	11.0	12.2	10.9
CO [mg/m ³]	15	19	75	36
CO ₂ [%]	11.3	9.8	8.5	9.9
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]	212	191	167	190
Massenstrom CO [g/h]	17	18	67	34
Massenstrom NO _x [g/h]				
Holzverbrauch trocken [kg/h]	113	99	90	100 (berechnet)

Halb-Stundenmittelwerte			Messung 1 + 2	Messung 2 + 3	Bemerkungen 1. Messung Rohgas vor 1. Messreihe. 2. + 3. Messung Rohgas vor 2. Messreihe.
Staub			195	192	
O ₂ [%]			10.2	11.6	
CO [mg/m ³]			17	47	
NO _x [mg/m ³]					
Massenstrom Staub [g/h]			201	179	
Massenstrom CO [g/h]			17	43	
Massenstrom NO _x [g/h]					Ort, Datum Solothurn, 3.12.2013



WANNER

Holzfeuerung Füllkörper 1

25.11.2013 Auftrag Nr. 4133

Adresse/Standort		Rechnungsadresse
Firma	Wärmeverbund Ziegelei	Wärmeverbund Ziegelei
Strasse		c/o Gunep GmbH Buuchi 22
Plz/Ort	3306 Etzelkofen	3306 Etzelkofen
Verantwortlicher/Tel.	Eugen Koller	Herr Koller

Anlagedaten						
Kessel	Fabrikat	MAWERA AG	Typ	FU 440 RIA	Baujahr	20
	Fabr. Nr.	3000004089	Wärmeträger	Wasser	Temp. (°C)	1
Beschickung	automatisch		Steuerung	MAWERA	Kaminh. ü.B.	1.
Zusatzinstallationen	Wäscher		Nennleist. kW	440	FWL+15%	5
Filter	Fabrikat	Gunep	Typ	Eco 500	Baujahr	20
	Fabr. Nr.	500/5				
Brennstoff	Holzqualität	Schnitzel	Betriebs-h Holz	9380	Brennst./J m ³	

Messdaten					
Messstelle	Kamin	Durchm. [cm]	35	Fläche [m ²]	0.10
Messpunkte	1	Luftdr. [mbar]	964	EMPA-Stutzen	vorhanden
Messung-Nr.	1	2	3	Mittelwert 1-3	
Leistung [%]	100	100	100	100	
Messbeginn	09:35	09:57	10:17		
Messende	09:50	10:12	10:32		
O ₂ [%]	8.8	8.6	8.7	8.7	
CO [ppm]	23	20	23	22	
CO ₂ [%]	12.7	13.0	12.9	12.9	
NO _x [ppm]					
Temp. Rauchgas [°C]	49	49	50	49	
Geschwindigkeit [m/s]	3.5	3.5	3.5	3.5	
Volumenstrom tr,n [m ³ /h]	858	858	855	857	
Feuerungswärmeleist. [kW]	597	608	604	603	

Resultate (Werte in mg/m ³ bezogen auf 13 % O ₂ und Normbedingungen)				
Staub [mg/m ³]	126	121	111	120
O ₂ [%]	8.8	8.6	8.7	8.7
CO [mg/m ³]	19	16	19	18
CO ₂ [%]	12.7	13.0	12.9	12.9
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]	166	161	146	158
Massenstrom CO [g/h]	25	22	24	24
Massenstrom NO _x [g/h]				
Holzverbrauch trocken [kg/h]	142	145	144	144 (berechnet)

Halb-Stundenmittelwerte		Messung 1 + 2	Messung 2 + 3	Bemerkungen
Staub		124	116	Messung mit Füllkörper 1.
O ₂	[%]	8.7	8.6	
CO	[mg/m ³]	18	17	
NO _x	[mg/m ³]			
Massenstrom Staub	[g/h]	164	154	
Massenstrom CO	[g/h]	23	23	
Massenstrom NO _x	[g/h]			Ort, Datum <u>Solothurn, 3.12.2014</u>



WANNER

Holzfeuerung Füllkörper 2

25.11.2013 Auftrag Nr. 413337

Adresse/Standort		Rechnungsadresse
Firma	Wärmeverbund Ziegelei	Wärmeverbund Ziegelei
Strasse		c/o Gunep GmbH Buuchi 22
Plz/Ort	3306 Etzelkofen	3306 Etzelkofen
Verantwortlicher/Tel.	Eugen Koller	Herr Koller

Anlagedaten						
Kessel	Fabrikat	MAWERA AG	Typ	FU 440 RIA	Baujahr	2009
	Fabr. Nr.	3000004089	Wärmeträger	Wasser	Temp. (°C)	110
Beschickung		automatisch	Steuerung	MAWERA	Kaminh. ü.B.	12.5
Zusatzinstallationen		Wäscher	Nennleist. kW	440	FWL+15%	505
Filter	Fabrikat	Gunep	Typ	Eco 500	Baujahr	2009
	Fabr. Nr.	500/5				
Brennstoff	Holzqualität	Schnitzel	Betriebs-h Holz		Brennst./J m ³	

Messdaten					
Messstelle	Kamin	Durchm. [cm]	35	Fläche [m ²]	0.10
Messpunkte	1	Luftdr. [mbar]	964	EMPA-Stutzen	vorhanden
Messung-Nr.	1	2	3	Mittelwert 1-3	
Leistung [%]	100	100	100	100	
Messbeginn	11:39	12:00	12:19		
Messende	11:54	12:15	12:34		
O ₂ [%]	10.6	8.7	8.7	9.3	
CO [ppm]	27	21	22	23	
CO ₂ [%]	10.4	12.7	12.6	11.9	
NO _x [ppm]					
Temp. Rauchgas [°C]	48	49	51	49	
Geschwindigkeit [m/s]	3.5	3.5	3.5	3.5	
Volumenstrom tr,n [m ³ /h]	858	855	850	854	
Feuerungswärmeleist. [kW]	490	594	584	556	

Resultate (Werte in mg/m ³ bezogen auf 13 % O ₂ und Normbedingungen)				
Staub [mg/m ³]	82	106	97	95
O ₂ [%]	10.6	8.7	8.7	9.3
CO [mg/m ³]	26	17	18	20
CO ₂ [%]	10.4	12.7	12.6	11.9
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]	91	140	127	119
Massenstrom CO [g/h]	29	22	23	25
Massenstrom NO _x [g/h]				
Holzverbrauch trocken [kg/h]	117	141	139	132 (berechnet)

Halb-Stundenmittelwerte		Messung 1 + 2	Messung 2 + 3	Bemerkungen
Staub		94	102	
O ₂ [%]		9.6	8.7	
CO [mg/m ³]		22	17	
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]		115	133	
Massenstrom CO [g/h]		26	23	
Massenstrom NO _x [g/h]				

Ort, Datum Solothurn, 3.12.2013



WANNER

Holzfeuerung Füllkörper 2 und Besprühung

25.11.2013 Auftrag Nr. 413337

Adresse/Standort		Rechnungsadresse
Firma	Wärmeverbund Ziegelei	Wärmeverbund Ziegelei
Strasse		c/o Gunep GmbH Buuchi 22
Plz/Ort	3306 Etzelkofen	3306 Etzelkofen
Verantwortlicher/Tel.	Eugen Koller	Herr Koller

Anlagedaten						
Kessel	Fabrikat	MAWERA AG	Typ	FU 440 RIA	Baujahr	2009
	Fabr. Nr.	3000004089	Wärmeträger	Wasser	Temp. (°C)	110
Beschickung	automatisch		Steuerung	MAWERA	Kaminh. ü.B.	12.5
Zusatzinstallationen	Wäscher		Nennleist. kW	440	FWL+15%	505
Filter	Fabrikat	Gunep	Typ	Eco 500	Baujahr	2009
	Fabr. Nr.	500/5				
Brennstoff	Holzqualität	Schnitzel	Betriebs-h Holz	9380	Brennst./J m ³	

Messdaten					
Messstelle	Kamin	Durchm. [cm]	35	Fläche [m ²]	0.10
Messpunkte	1	Luftdr. [mbar]	964	EMPA-Stutzen	vorhanden
Messung-Nr.	1	2	3	Mittelwert 1-3	
Leistung [%]	100	100	100	100	
Messbeginn	14:48	15:08	15:29		
Messende	15:03	15:23	15:44		
O ₂ [%]	8.8	8.7	8.9	8.8	
CO [ppm]	20	20	26	22	
CO ₂ [%]	12.4	12.6	12.3	12.5	
NO _x [ppm]					
Temp. Rauchgas [°C]	48	48	49	48	
Geschwindigkeit [m/s]	3.5	3.5	3.5	3.5	
Volumenstrom tr,n [m ³ /h]	859	858	855	857	
Feuerungswärmeleist. [kW]	581	593	578	584	

Resultate (Werte in mg/m ³ bezogen auf 13 % O ₂ und Normbedingungen)				
Staub [mg/m ³]	140	109	97	115
O ₂ [%]	8.8	8.7	8.9	8.8
CO [mg/m ³]	16	17	22	18
CO ₂ [%]	12.4	12.6	12.3	12.5
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]	184	143	126	151
Massenstrom CO [g/h]	21	22	28	24
Massenstrom NO _x [g/h]				
Holzverbrauch trocken [kg/h]	138	141	138	139 (berechnet)

Halb-Stundenmittelwerte		Messung 1 + 2	Messung 2 + 3	Bemerkungen Messung mit Füllkörper 2 und Besprühung. Ort, Datum <u>Solothurn, 3.12.2014</u>
Staub		125	103	
O ₂ [%]		8.8	8.8	
CO [mg/m ³]		16	19	
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]		163	134	
Massenstrom CO [g/h]		21	25	
Massenstrom NO _x [g/h]				



5.4 Anhang: Messbericht Kernenried

WANNER
EMISSIONSMESSUNGEN

WANNER Expert GmbH
Domacherstrasse 29
4501 Solothurn

Tel. 032 625 75 75
Fax 032 625 75 79
messen@wanner-expert.ch

Wärmeverbund
Dorfstrasse 11
3309 Kernenried

Wärmeverbund, 3309 Kernenried

*Messbericht Abnahme-Emissionsmessung
(Holzfeuerung)*

Marcel Schneeberger, Messverantwortlicher
Heinz Gschwind, Messtechniker

Bericht Nr. 414236

Datum der Messung: 18. März 2014



WANNER

Emissionsmessung Holzfeuerung

18.03.2014 Auftrag Nr. 414236

Adresse/Standort		Rechnungsadresse
Firma	Wärmeverbund	Wärmeverbund
Strasse	Dorfstrasse 11	Dorfstrasse 11
Plz/Ort	3309 Kernenried	3309 Kernenried
Verantwortlicher/Tel.		Herr Bütigkofer

Anlagendaten						
Kessel	Fabrikat	Köb	Typ	Pyrtec 530A	Baujahr	2013
	Fabr. Nr.	7300009107	Wärmeträger	Wasser	Temp. (°C)	100
Beschickung		automatisch	Steuerung	Köb	Kaminh. ü.B.	17
Zusatzinstallationen		Elektrofilter	Nennleist. kW	530	FWL+15%	610
Filter	Fabrikat	APF	Typ		Baujahr	2013
Speicher	Liter	10'000				
Brennstoff	Holzqualität	Schnitzel	Betriebs-h Holz	544	Brennst./J m ³	k.A.

Messdaten					
Messstelle	Kamin	Durchm. [cm]	35	Fläche [m ²]	0.10
Messpunkte	3	Luftdr. [mbar]	957	EMPA-Stützen	vorhanden
Messung-Nr.	1	2	3	Mittelwert 1-3	
Leistung [%]	100	60	60	73	Gem. Monteur
Messbeginn	09:48	10:08	10:28		
Messende	10:03	10:23	10:43		
O ₂ [%]	7.6	11.6	11.8	10.3	
CO [ppm]	49	119	119	96	
CO ₂ [%]	14.2	9.5	9.2	11.0	
NO _x [ppm]					
Temp. Rauchgas [°C]	58	49	51	53	
Geschwindigkeit [m/s]	3.6	2.8	3.0	3.1	
Volumenstrom tr,n [m ³ /h]	815	652	694	720	
Feuerungswärmeleist. [kW]	634	340	351	441	

Resultate (Werte in mg/m ³ bezogen auf 13 % O ₂ und Normbedingungen)					
Staub [mg/m ³]	3	11	5	6	
O ₂ [%]	7.6	11.6	11.8	10.3	
CO [mg/m ³]	37	127	129	97	
CO ₂ [%]	14.2	9.5	9.2	11.0	
NO _x [mg/m ³]					
Massenstrom Staub [g/h]	5	8	4	6	
Massenstrom CO [g/h]	50	97	103	83	
Massenstrom NO _x [g/h]					
Holzverbrauch trocken [kg/h]	151	81	84	105	(berechnet)

Halb-Stundenmittelwerte		Messung 1 + 2	Messung 2 + 3	Bemerkungen
Staub		7	8	Betriebsstunden: E-Filter 1066 h
O ₂ [%]		9.6	11.7	1. Messung mit 100% + 2. Messungen mit 80% durchführbar (hohe Aussentemp. / geringe Wärmeabnahme).
CO [mg/m ³]		82	128	Monteur vor Ort
NO _x [mg/m ³]				
Massenstrom Staub [g/h]		6	6	
Massenstrom CO [g/h]		74	100	
Massenstrom NO _x [g/h]				
Ort, Datum				Solothurn, 21.3.2014

Höchster Halb-Stundenmittelwert		Grenzwerte	Prov. Beurteil.
Staub [mg/m ³]	8	20	eingehalten
CO [mg/m ³]	128	500	eingehalten
NO _x [mg/m ³]			


WANNER
EMMISSIONSMESSUNGEN
4501 Solothurn, Kernenriedstrasse 29



5.5 Anhang: Diverse Bilder

Verrohrung und Abgasleitungen (Actelion)



Lamellenabscheider zur Entschlammung des Kondensatwassers



Belasteter Filter



Detail big-bag Abschlämung mit Kondensatwasser





Wäscherturm (Etelkofen)



Kondensatfahne



Wäscherturm (Münchringen)



WRG Spitzenwert aus 500 kW Feuerung





Fertig montierte Anlage (Davos)





Nass-Elektrofilter zur garantierten Einhaltung der LRV Grenzwerte in jedem Betriebszustand. Standort Frutigen.

