

Holzvergaserkauf /Umbau eines Holzvergasers!

Zuerst einmal : ALLE Angaben ohne Gewähr!!!

Inhaltsverzeichnis

Hydraulik einer Wärmeerzeugung mit einem HV !WICHTIG!.....	3
Die nutzbare Wassermenge	4
Auswahlkriterien HV und Speicher.....	4
Die Verschaltung der Speicher	5
Zusatzisolierung der Speicher	6
Wasserbehandlung :.....	7
Pumpenauswahl, Verrohrung	8
Eine andere Vorgehensweise der Auslegung.....	8
Warmwassererzeugung.....	9
Graphische Bestimmung zur Auslegung einer HV Anlage.....	11
Weiter Berechnungsgrundlagen	11
Warum Holzvergaser?	12
Leistung/Auslegung der eigenen Anlage.....	12
Erste Maßnahmen	13
WICHTIG!	14
Kehr- und Überprüfungsordnung –KÜO.....	14
1.BImSchV.....	14
Die Grundsätzliche Funktion eines Holzvergasers.	15
Vergasung, Primärluftzugabe	16
Leistungsreduzierung	17
Sekundärluftzugabe/Brenndüse.....	17
Verbrennungstemperatur	17
Verbrennung/O2 Messung.....	17
Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte	17
Turbulatoren.....	18
Kaminzug	18
Kesselregelung.....	19
Grundeinstellungen der Vorlauftemperaturabsicherung am HV.....	20
Elektrisches Funktionsschema (Beispiel) der Regelung	21

Warum Umbau?	22
Weitere Umbauten.....	22
Benötigte theoretische Gesamt-Luftmengen; Brennstoffmengen bei der Verbrennung:.....	25
Wichtiges um Störungen zu vermeiden:	25
Auszüge aus TRD 702/BOSY online:	26
Ergänzung zum ADG (Ausdehnungsgefäß).....	27
Einbringung des Saugzuges in die Regelung eines HV.	28
Luftführung.....	28
Regelung des Luftstromes	28
Primärluft.	29
Sekundärluft.	29
Druck Sekundärluft.....	29
Streitfrage mit/ohne Lambdasonde	30
Noch einmal: Das Funktionsprinzip eines HV :.....	30
Berechnung Bezugs-O2	31
Schlussbetrachtung:	31
O2/CO Regelung einer Holzvergaserfeuerung	33

Hydraulik einer Wärmeerzeugung mit einem HV !WICHTIG!

Grundlage, zuerst den Umfang des Umbaues/Neubaues ermitteln!

Zuerst einmal sollte der **Jahreswärmebedarf** des zu beheizenden „Objektes“ bekannt sein.

Das kann der Jahres-Heizölbedarf in Ltr. sein, oder m³ Gas oder auch kWh.

Dann kann nach der „Neuen Schweizer Formel“ (<http://www.minergie.ch/leistungsgarantien.html>)

die **Heizlast** ermittelt werden. HL-Berechnung (=HeizLast-B.) nach EN 12831.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Heizlast>

Das kann/muss auch über eine komplette Heizlastberechnung ermittelt werden wenn der vorherige Verbrauch unbekannt ist.

Diese ermittelte Heizlast bezieht sich auf die, für die Gegend (Klimazone) ermittelte, kälteste Außentemperatur und schließt den WW-Verbrauch mit ein.

Hier zu finden:

<http://klimadaten.ages-gmbh.de/index.php>

Diese Heizlast ist die Leistung in kW welche benötigt wird um bei niedrigster angenommener Außentemperatur eine gewünschte Raumtemperatur, inkl. der WW-Bereitung, in einem „Objekt“ zu erreichen, wenn dabei diese Leistung (Heizzufuhr) 24h am Tag, also ohne Unterbrechung, zugeführt wird. Der Holzvergaser muss während der Brennzeit das Haus heizen und mit der Restwärme den Speicher füllen. Da ein Holzvergaser nur bedingt regelbar ist, sollte dieser immer mit einer gleichmäßigen Last, max. bis zur Nennlast, betrieben werden.

Dazu hat man aber keine 24h zur Verfügung, man muss ja auch mal schlafen.

Diese Zeit des „Nichtstuns“ muss mindestens mit dem Speicher überbrückt werden können!

Die Leistung des Holzvergasers wird also einmal bestimmt durch die Heizleistung des Hauses, aber in einer reduzierten Zeit, und die, von einem selbst akzeptierten **Auflegeintervalle**.

Ein ideales Ziel wäre, das der HV nur 1x innerhalb von 24h beschickt werden muss, dazu muss der HV natürlich eine größere Leistung besitzen auch muss dazu der Speicher größer sein, größere Leistung des HV verlangt aber auch eine größere Verrohrung, größere Pumpe usw..

Ein Kompromiss wäre z.B. 2-maliges Anzünden innerhalb der 24 h eines Tages. Damit eine Bereitstellung an Leistung aus der Laufzeit des HV und Einlagerung in den Speicher für nur 12h.

Die Brennzeit eines Holzvergasers beträgt in etwa 4...6h, abhängig vom Füllraum (Herstellerangaben beachten). In dieser Zeit sollte damit, im Idealfalle, der Tageswärmebedarf des Hauses gedeckt sein. Die Restzeit des Tages muss die Wärme aus dem Speicher entnommen werden.

Jetzt muss man sich entscheiden ob man 2...3x täglich den HV füllen will/kann und damit einen kleineren Speicher benötigt oder ob man die „1x-Befüllung“ pro Tag anstrebt.

Zum Beispiel :

Heizleistung 10kW, ergibt in 24 h: $10 \times 24 = 240 \text{ kWh}$.

Will man diese Wärmeenergie auf 5h Laufzeit eines HV bei 1-maliger Beladung reduzieren, dann benötigt man einen HV mit $240/5 = 48 \text{ kW}$ Leistung.

Weil, $48 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = 240 \text{ kWh}$.

Jetzt hat man bei 1-maligem Auflegen eine Wärmeenergie von 240kWh erzeugt, ein Teil wurde während der 5h Laufzeit bereits von der Heizung abgenommen der Rest muss in einem Speicher abgelegt werden und hier in kleinen Mengen während der verbleibenden 19h an das Haus abgegeben werden.

Die nutzbare Wassermenge

zum Speichern der Wärmeenergie berechnet sich aus :

Wassermenge in Ltr = Wärmeenergie in kWh / (kWh pro Liter und °K * spez.Gewicht in kg/ltr bei 60°C * Temperaturerhöhung in °K) ;

Temperaturerhöhung: RL30°C, VL 80°C = 50°K;

$240\text{kWh}/(0,0011625*0,9832*50)=4115\text{Ltr.}$

Die Wassermenge welche in 24h erwärmt werden muss wird damit 4115 Ltr. betragen.

Die benötigte Speichergröße reduziert sich aber auf die Zeit in der man die Wärmeenergie ausschließlich aus dem Speicher holt, da die Energie des HV zu einen Teil direkt in die Heizung geht und der übrige Rest in den Speicher geladen wird. Bei einer Laufzeit des HV von ca. 15h sollte die eingelagerte Energie für 9 h reichen (15+9h=24h). Danach ist die benötigte Speichergröße ca. 1600Ltr.

Zusätzlich sollte/kann der Speicher noch 5...15% Reservespeicher beinhalten um schwankende Heizwert des Brennstoffes Holz auszugleichen.

Energiemenge inkl. Reserve damit mindestens 4733Ltr.

Die Energiemenge welche in den Speicher eingelagert werden muss bezieht sich nur auf die Zeit in der der HV außer Betrieb ist.

Dieses Beispiel soll nur zeigen wie man an die Größe des HV und des Speichers heran gehen sollte.

Als „Rentner“ mit VIEL Zeit und Bewegungsmangel kann das wieder anders aussehen.

Die gesetzliche Forderung : Mindestgröße 30-55 Ltr./kW Kesselleistung (viel zu wenig!)

Auswahlkriterien HV und Speicher

Die Speichergröße und Leistung des Holzvergasers ist abhängig von :

- der **Heizlast**,
- der **gefährlichen Rücklaufemperatur zum Speicher** und
- der **Leistung des HV** sowie
- dem **Brennstoffvolumen** des gewählten HV.
- Auch von dem **Zustand** des Kamines

Die **Heizlast** ist die benötigte Energie um ein Gebäude auf der gewünschte Raumtemperatur zu halten, diese ist eine gemittelte, außentemperaturabhängig Leistung in kW pro Stunde.

Die **Rücklaufemperatur** mit der max. Speichertemperatur bestimmt die speicherbare Energiemenge in einem vorhandenen Speicher.

Die **Leistung des HV** bestimmt wie schnell der Tagesenergiebedarf erzeugt werden kann.

Das **Brennstoffvolumen** im HV bestimmt die Heizzeit des Holzvergasers bis zum Nachlegen.

Mit dem **Zustand** des Kamines soll angesprochen werden, das der HV nicht ständig durchläuft. Durch diesen Kurzzeitbetrieb kann es dazu führen, das der Kamin nicht warm genug wird und sich dadurch Kondensat an den Kaminwänden bildet, im schlechtesten Fall kann das zu Kaminbrand führen. Eine Absprache mit dem Schornsteinfege ist dazu unbedingt notwendig.

Die benötigte Speichergröße wird damit nicht durch den Tagesbedarf an Energie bestimmt, sondern durch die oben genannten Kriterien. Damit muss nur die Energie in den Speicher geladen werden welche nach der Abschaltung des HV für die Restzeit der 24 h für die Gebäudeheizung benötigt wird.

Die Festlegung der Heizlast als auch die erforderliche Speichergröße in Verbindung mit der Kesselleistung des HV kann mit dem Excel Rechenblatt „Heizleistung_*.xlsx“ durchgeführt werden.

Als Speicher wurden in meiner Anlage 2 Speicher mit je 1000 Ltr., ohne Innereien, von der Fa. Solarbayer montiert. Ist aber etwas zu klein geraten.

Während des Ladens des Speichers wird bei meiner Anlage die Ladetemperatur über einen getrennten Mischer mit Regler, unabhängig von der Rücklauf temperaturregelung, konstant auf 79°C gehalten. Damit wird ein Einlagern von Temperaturen unter 79°C in den Speicher ausgeschlossen.

Mittlerweile habe ich die mittlere Rücklauf temperatur zum Speicher auf ca. 27°C runter drücken können. Damit ist die mögliche speicherbare Energiemenge vergrößert worden.

Die von Solarbayer eingesetzte Wasserverteilung im Speicher (Gießkannenprinzip) erschien mir als technisch gute Lösung was ich seit 2008 (Inbetriebnahme der Anlage) auch bestätigen kann.

Die Umschichtung im Lade.-als auch Entladebetrieb funktioniert recht gut.

Wer Platz hat sollte noch einmal (bei 15kW Leistung) 1000 Ltr. dazu stellen. Wenn es kalt ist (unter -8°C) muss man schon recht früh am Morgen wieder anheizen, kommt aber auch auf den Heizbedarf des Hauses an.

Die Verschaltung der Speicher, in Reihe oder Parallel, sollte beachtet werden.

Ich würde ab ca. 40...50kW Leistung eine parallele Verschaltung vorsehen da die Einströmgeschwindigkeiten doch recht hoch werden und dies zur Zerstörung der Schichtung führen kann.

Auch ist die Parallelverschaltung bei zusätzlicher Einlagerung von solarer Wärme sinnvoll.

Bei Parallelverschaltung muss unbedingt auf gleichmäßige Befüllung geachtet werden!

Verschiedene Hydraulikschaltungen kann man hier einsehen:

<http://solarbayer.de/Hydraulikschemen.html>

Es stellt sich die Frage:

Für was benötigt man eigentlich diese überall angebotenen teuren Spezial-Schichtspeicher bei einer „normalen“ HV Heizung??

Antwort : Wird meiner Meinung nach nicht benötigt!

Zusatzisolierung der Speicher

Erst einmal habe ich versucht mir die Frage zu beantworten wodurch geht überhaupt Wärme „verloren“?

1. Das ist einmal durch Wärmeleitung [$W/m^2 K$]
2. Dann durch Wärmestrahlung
3. Dann darf innerhalb der Dämmung keine Konvektion entstehen
4. Durch Mikrozirkulation in den Rohrleitungen.

Nur die Isolierung mit 100 mm war mir nicht dick genug und wurde von mir auf >300mm erhöht.

Ich habe die Speicher erst einmal mit der Original Dämmung gedämmt.

Dann mit einer Noppenfolie umwickelt (grobe Steppung, gibt es bei EBAY für Gewächshäuser). Danach habe ich diese mit Rettungsfolie (gegen Wärmestrahlung) umwickelt. Übergänge wegen Luftdurchzug immer verklebt.

Da die Speicher in einer Ecke stehen, wurden die 2 Wandseiten mit 200 mm Styropor beklebt. Auf den Boden kam erst 15...20mm XPU dann darüber eine ca. 15mm wasserfeste Siebdruckplatte zur Druckverteilung.

Die Speicher hatten unten einen Standring. Dieser wurde mit Isoliermaterial ausgefüllt.

Jetzt wurden die Speicher in die schon isolierte "Ecke" gestellt und die restlichen 2 Wände auch wieder mit 200 mm Styropor umstellt und befestigt.

Beim Schließen der Umhüllung wurden die noch offenen Ecken mit Glaswolle zugestopft.

Auch unter der Decke.

Verrohrungen, auch unter der Styropor/Glaswolle-Umhausung wurden mit besonders dickem Armaflex gedämmt.

Auch gehen erst einmal alle Speicheranschlüsse wegen der Micro Zirkulation erst einmal nach unten.

Alle Anschlüsse, auch Verschlussstopfen am Speicher wurden gut isoliert und wegen evtl. Luftzirkulation auch noch verklebt.

Nur die Isolierung mit 100 mm war mir nicht dick genug und wurde von mir auf >300mm erhöht.

Während des Ladens des Speichers wird bei meiner Anlage die Ladetemperatur über einen getrennten Mischer mit Regler, unabhängig von der Rücklauf temperaturregelung, konstant auf 78°C gehalten. Damit wird ein Einlagern von Temperaturen unter 78°C in den Speicher ausgeschlossen.

Wasserbehandlung :

Auch beachten :

Vermeidung von Betriebsstörungen und Schäden durch Steinbildung in Warmwasserheizungsanlagen:

BDH Informationsblatt Nr. 8

<http://bdh->

[koeln.de/fileadmin/user_upload/informationsblaetter/Infoblatt_Nr_08_Maerz_2011_Vermeidung_von_Betriebsstoerungen_und_Schaeden_durch_Steinbildung_in_Warmwasserheizungsanlagen.pdf](http://bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/informationsblaetter/Infoblatt_Nr_08_Maerz_2011_Vermeidung_von_Betriebsstoerungen_und_Schaeden_durch_Steinbildung_in_Warmwasserheizungsanlagen.pdf)

<http://www.elector-korrosionsschutz.de/elector-gmbh.html>

Ein oft vergessenes Thema ist die Wasserbehandlung, besonders wenn man noch Fußbodenheizung mit älteren Kunststoffrohren (keine Verbundrohre) verlegt hat.

Die Rücklaufanhebung bei HV >25kW würde ich nicht mit einem Laddomat machen.

Durch die hohen Widerstände im Laddomat gibt es bei höheren Kesselleistungen eine Verschiebung der Rücklauftemperatur nach oben in Abhängigkeit des Durchflusses (Der Laddomat ist ein „P-Regler“ mit einer bleibenden Regelabweichung) .

Hier sind 3-Wegemischer bzw. bivalente Mischer mit elektrischem Stellantrieb besser geeignet, zudem gibt es dann auch die Möglichkeit der Aufwärmung vor dem Start als auch die Restwärmenutzung nach dem Abbrand und Einsatz einer Energiesparpumpe.

Die Restwärmenutzung macht aber nur Sinn wenn man noch „kälteres“ Wasser im Speicher hat. Ist der Speicher bis unten hin voll geladen dann nutzt das nichts mehr.

Es sei denn man fördert durch entsprechende Hydraulik die Ofenwärme direkt in die Heizung, das funktioniert natürlich nur wenn die Heizung in Betrieb ist.

Beim Einsatz von 3-Wegemischer ist auf den Kvs-Wert zu achten. (Gilt bei allen Klappenverstellungen)

Der Kvs-Wert ist ein Durchsatzwert in m³/h bei einem Druckabfall über das Ventil von 1 bar.

Hier gilt, wie so oft im Leben, das eine will man, das andere hat man (bezogen auf den Druckverlust).

Ein großer Querschnitt im Regelventil bedeutet einen kleinen Widerstand, aber eine ungenaue Regelbarkeit.

Deshalb sollte die Auswahl des Regelventiles nach den Kvs-Angaben des Herstellers erfolgen (Diagramm dazu beachten) , aber auch hier gibt es einen Spielraum.

Pumpenauswahl, Verrohrung (Die Auslegung erfolgte mit „Fördermenge.xlsx“)

Eine Temperatur von 72°C ist im Taupunkt der Rauchgase begründet. Unterhalb dieser Temperatur (<65°C, abhängig vom Wassergehalt und Restsauerstoff im Rauchgas) kann bei ungünstigen Verbrennungsbedingungen Kondensat auftreten.

Bei einem Temperaturhub von **6°K** (von 72 auf 78°C) stellen sich nachfolgende Werte ein bei einer Leistung von :

Kesselleistung	Wassermenge	GESCHWINDIGKEIT	Verrohrung	
15kW	2187 Ltr/h	0,600m/sec.	1 ¼ Zoll	35mmCU
25kW	3645 Ltr/h	0,738m/sec.	1 ½ Zoll	42mmCU
40kW	5832 Ltr/h	0,734m/sec.	2 Zoll	54mmCU
60kW	8749 Ltr/h	0,654m/sec.	2 ½ Zoll	76,1mmCU
80kW	11665 Ltr/h	0,632m/sec.	3 Zoll	88,9mmCU

Hier sind im „normalen“ Betrieb natürlich mit Schwankungen zu rechnen!! Ein Kessel bringt nicht ständig die angegebene Leistung, schon mal gar nicht bei Holz.

Höhere Geschwindigkeiten bei kleinerem Rohrdurchmesser werden IMMER mit größerer Pumpenleistung, kleineren möglichen Fördermengen und größeren Temperaturhuben bezahlt!

Der Vorteil bei dieser Auslegung ist ein „Nachheizpuffer“ wenn man mal zu viel aufgelegt hat.

Der Nachteil ist die wesentlich größere Verrohrung und die größere Pumpenfördermenge und damit der Preis.

Eine andere Vorgehensweise der Auslegung

Bei einem Temperaturhub von **12°K** (von 68 auf 80°C) hat man folgende Werte bei einer Leistung von :

Kesselleistung	Wassermenge	GESCHWINDIGKEIT	Verrohrung	
15kW	1093 Ltr/h	0,523m/sec.	1 Zoll	28mmCU
25kW	1822 Ltr/h	0,500m/sec.	1 ¼ Zoll	35mmCU
40kW	2916 Ltr/h	0,590m/sec.	1 ½ Zoll	42mmCU
60kW	4374 Ltr/h	0,551m/sec.	2 Zoll	54mmCU
80kW	5832 Ltr/h	0,734m/sec.	2 Zoll	54mmCU

Hier sind keine Temperaturreerven nach oben vorhanden, hat aber geringeren Verrohrungsaufwand und kleinere Pumpenleistung.

Sobald der Speicherrücklauf 80°C annimmt geht die Vorlauftemperatur des Kessels, bei gleichbleibender Nennlast des HV, auf 92°C!

Kann man mit MEHR an Speicher aber ausgleichen (mehr Speicherraum als Reserve).

Man ist jetzt sehr nahe an den Sicherheitsabschaltungen (siehe Grundeinstellungen Regelung)!

Noch kleinere Rohrdurchmesser erfordern höhere Pumpendrucke bzw. größere Pumpen!

Deshalb die Strömungsgeschwindigkeiten so um die 0,5...0,7m/sec. auslegen.

Warmwassererzeugung

Da jetzt Speicher vorhanden waren wurde eine Frischwasserstation (von Solarbayer) statt eines extra Warmwasserspeichers eingebaut (Warum sollte ich noch einmal extra Warmwasser als Frischwasser vorrätig halten?) . Auch das funktioniert recht gut, aber erst nach dem Nachrüsten. Hier war mir die Rücklauftemperatur zu hoch, erst der Einbau eines 2. Wärmetauschers brachte etwas Abhilfe.

Einen weiteren Vorteil einer FRIWA sehe ich auch in der kompletten elektrischen Abschaltbarkeit des Warmwassers.

Man kann die Beheizung (Heizwasser) des Frischwassers auf eine max. Temperatur begrenzen um Kalkabscheidungen zu vermindern.

Hinweis der Fa. GRUNDFOS : ***In Trinkwarmwasseranlagen wird empfohlen die Temperatur unter 65 °C zu halten, um der Gefahr der Kalkausfällung zu begegnen.*** Damit ist die „Heiztemperatur gemeint, deshalb bei einer HV Speicheranlage immer eine extra Vorregelung vorsehen!

Bei der richtigen Auswahl der FRIWA Station hat man niedrige Rücklauftemperaturen!

Wichtig bei Solarbetrieb!

Hier sollte man sich sehr genau das Diagramm der Rücklauftemperatur zur gezapften Wassermenge betrachten. Die FRIWA der Fa. Oventrop Regumaq X-30 (mit ZirkulationXZ-30), komplett fertig mit elektronischer Steuerung, hydr. mit Anschluss 1“, macht da eigentlich einen recht guten Eindruck.

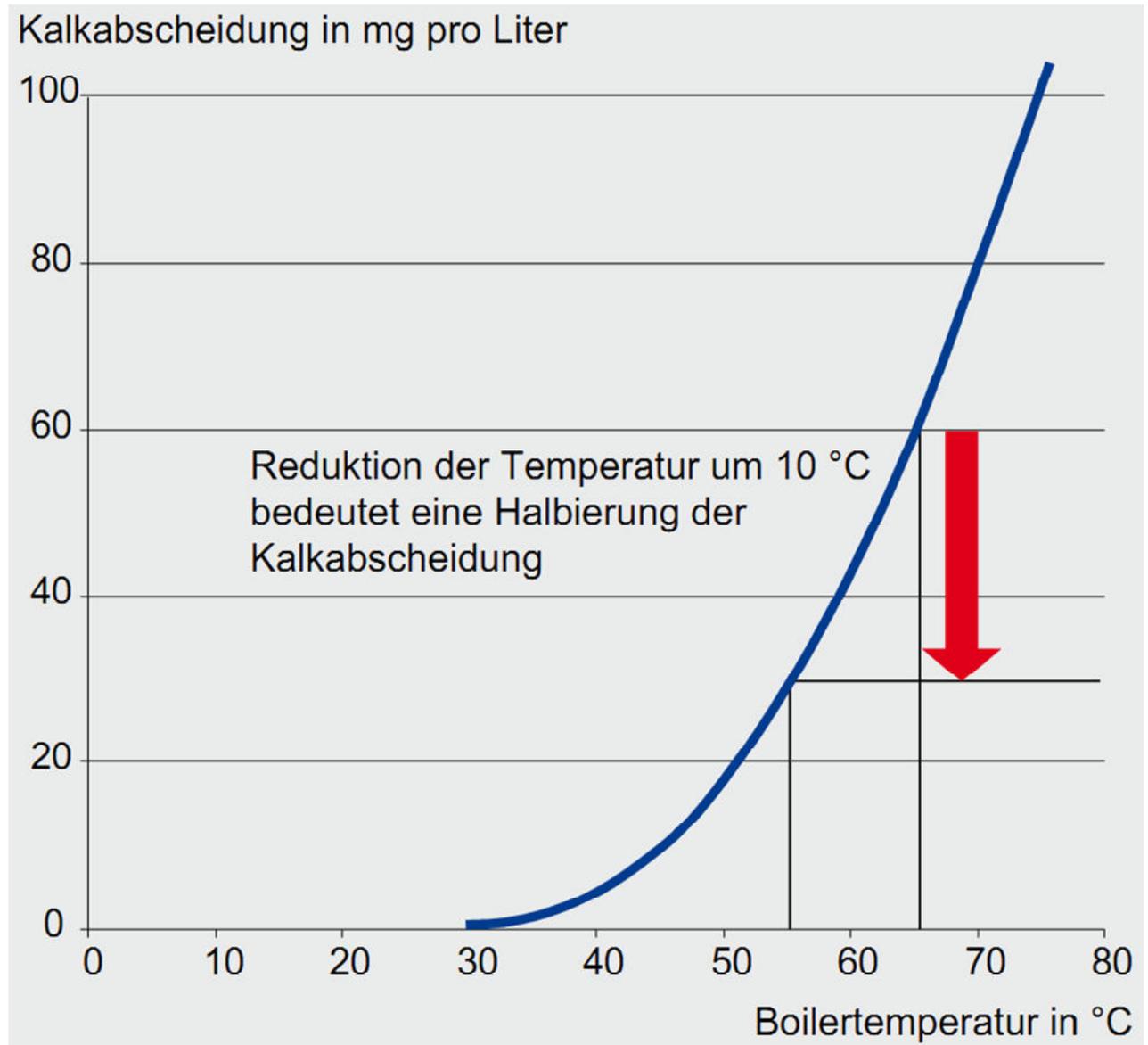
FRIWA-Anlagen nicht mit Hygienespeicher verwechseln!

Eine FRIWA besteht aus einem Plattenwärmetauscher mit geringem Wasserinhalt aus Edelstahl.

Zur Beheizung sollte die Heiztemperatur durch eine Vorregelung auf $\leq 65^{\circ}\text{C}$, wegen evtl. Kalkanfall, begrenzt werden.

Wird Warmwasser benötigt, wird durch einen Durchflusssensor bei Wasserentnahme eine Pumpe gestartet welche das Heizwasser durch die eine Seite des Plattenwärmetauschers pumpt und das Brauchwasser auf der anderen Plattenseite auf die gewünschte Temperatur sehr schnell aufheizt. Der Vorteil ist die schnelle Aufheizung bei so gut wie keiner Legionellenbildung im Warmwassererzeuger. Auch sollte die niedrige Rücklauftemperatur bei Speicheranlagen ein Auswahlkriterium sein. Der Nachteil ist das eine Heizwassermenge von ca. 200...300 Ltr. in einem Speicher bevorratet werden muss.

Im Gegensatz zu einem Hygienespeicher welcher das Brauchwasser ständig in einer Rohrschlange im heißen Speicher „zwischenlagert“ wenn nicht gerade Warmwasser abgezapft wird. Dies fördert die Kalkablagerung und auch die Legionellenbildung. Beim Laden des Speichers fallen, für eine Speicheranlage nicht förderliche, hohe Rücklauftemperaturen an.



Graphische Bestimmung zur Auslegung einer HV Anlage

<http://www.holzvergaser-forum.de/index.php/forum/brennstoff/48788-holzverbrennung?start=25#54071>

Weiter Berechnungsgrundlagen :

In diesem Link sind ein paar Rechenblättern zur Auslegung/Auswahl und Erfahrungsbericht über den Kauf eines HV.

Rückfragen über HV Forum, Benutzername: HJH.

<http://www.holzvergaser-forum.de/index.php/forum/aktuell?limitstart=0&limit=20>

(Zip-Dateien müssen entpackt werden, Excel 2010-Datei, Microsoft hat dazu Umsetzungsprogramme zu älteren Excel Versionen)

- 1.) „Heizlast....zip“ Bestimmung der Heizlast nach dem bisherigen Ölverbrauch nach der neuen Schweizer Formel, damit Bestimmung der Leistung des Holzvergasers mit Anzahl der Auflegeintervalle.
- 2.) „Fördermenge....zip“ Ausrechnung der benötigten Rohrquerschnitte in Abhängigkeit der Leistung des Holzvergasers.
- 3.) „Holzvergaserkauf....pdf“ Eigene Erfahrungen beim Kauf eines Holzvergasers
- 4.) „Solare Wärmeerzeugung....pdf“ Eigene Ansichten über thermische Solaranlagen
- 5.) „SO_HZ_HV_DSP_BI“ Hydraulikschema mit Solar, normalen Heizkessel, Holzvergaser, dezentralen Speicher, bivalenten Mischer, optimiert auf solares Heizen.
- 6.) „SO_BW_HV_DSP_BI“ Hydraulikschema mit Solar, Brennwertkessel, Holzvergaser, dezentralen Speicher, bivalenten Mischer, optimiert auf solares Heizen
- 7.) „Link“ zur Seite von @Spacy
http://www.holzvergaser-forum.de/index.php?option=com_kunena&func=view&catid=22&id=29747&Itemid=90

Noch etwas: Die eierlegende Wollmilchsau gibt es nicht, Kompromisse sind immer schlecht, deshalb nicht 1 Speicher für alles, es sei denn er ist RICHTIG groß und man hat IMMER verschiedene Temperaturzonen zur Verfügung:

<http://www.elwo.net/images/EierlegendeWollmilchsau.png>

Warum Holzvergaser?

Der Entschluss einen Holzvergaser Fabrikat VIGAS von Solarbayer (SB) zu kaufen lag schlicht und einfach erst einmal am Preis. 10 000 € und mehr für einen fertigen HV mit Lambda Regelung war mir einfach zu viel Geld. Es gibt wesentlich bessere HV wie den Vigas, aber halt teurer!

Leistung/Auslegung der eigenen Anlage

Kauf 2007, Inbetriebnahme 2008,

Eine vorliegende Heizlast von ca. 9,5kW bei ca. 245m² Wohnfläche sollte wenigstens in der Übergangszeit beheizt werden können.

Aber nach einem strengen Winter 2012/13 kann gesagt werden, dass auch komplett mit dem HV geheizt werden kann. Etwas mehr Dämmung am Haus wird auch da noch etwas helfen.

Den HV größer wäre bequemer (mehr Füllraum) , besonders der Speicher könnte um mindestens 500Ltr. größer sein, aber als Rentner geht es, man hat ja Zeit bzw. nimmt sich die Zeit.

Leistung HV	14,9 kW,
Füllraum	120 Ltr.,
Auslegung Außentemperatur	-12 °C,
Raumtemperatur	21 °C,
Wohnfläche	245 m² (2-Familien)
Speicher	2000 Ltr.
Wärmebedarf	228 kWh in 24 h,
Heizlast ca.	9,5 kW, (nach Verbrauch mittlerweile auf ca. 7 kW gesunken).
tägliche Betriebszeit des HV dabei ca. 15 h bei 2...3 Befüllungen, Kontrolle alle 2 bis 3h,	
Vorlauftemperatur HV	79 °C,
Rücklauftemperatur HV	72 °C,
Verrohrung CU	28 mm,
Strömung	1,073 m/s,
Soll-Fördermenge Pumpe ca.	1895 Ltr./h,

Ein weiterer Kaufgrund war, das der 14,9 kW und der 25 kW Typ die gleichen Abmessungen hatte, und die Hoffnung, das dann bei Betrieb mit 14kW Leistung, die Rauchgastemperatur etwas niedriger wird, ist aber leider nicht eingetroffen.

Andere Betreiber haben da anscheinend mehr Glück, manche berichten von Abgastemperaturen unter 150°C. Ob dies an falsch messenden Temperaturfühler oder evtl. abweichendem Temperaturabbau an den Heizflächen liegt (keine ordentliche Strömung der internen Wassermengen im HV) kann ich nicht sagen.

Bei beiden Leistungsvarianten (14,9 und 25kW) ist 1 Gebläse in der Ansaugöffnung durch eine Blende gedrosselt.

6 mm Stahlblech aus dem der HV gefertigt sein sollte war ein weiterer Grund sowie die zugängliche Luftführung der Primär.- als auch Sekundärluft für evtl. spätere Umbauten.

Die Art des Brennraumaufbaues lag bei dem HV von SB wie auch bei den teureren Typen ähnlich, ausgenommen ein paar ausgefallenen Konstruktionen.

Sollte sich nach dem Kauf herausstellen, dass der HV nicht optimal brennen sollte, war schon ein Plan bereit den HV von der Feuerung als auch von der Steuerung her zu „optimieren“ .

Da ich beruflich in dieser Branche lange Zeit tätig war (eigentlich ein Berufsleben lang), sollte das kein Problem darstellen.

Also wurde der kleine HV mit verschiedenen „Ersatzteilen“ bei SB im Jahr 2007 bestellt

Type: Solarbayer **15S;**
Elektrik : Display **AK2005D;**
Bus **AK2005 MMKT-2;**
Grundplatine **AK2005S**

Programm S ist für den Betrieb mit Volllast, also für den Pufferbetrieb. 1 und 2 sind fest eingestellte Zeitprogramme: tagsüber Volllast, nachts Teillast. 3 - 9 sind vom Anwender einstellbare Programme (Volllast -Teillast).

Die Ersatzteile waren: 1 Düse, verschieden Steine für Ausmauerung, Dichtschnur, zusätzlich wurde ein Saugzug (Rauchgasventilator) mitbestellt. Nicht für den ständigen Mitlauf im Betrieb, sondern nur für die Zugunterstützung bei geöffneter Fülltür.

Erste Maßnahmen

Folgende Maßnahmen wurden gleich vor dem 1. bzw. nach dem 2./3. Abbrand getätigt:

1. Alle Verkleidungsbleche wurden entfernt und die Isolierung um das doppelte mit Glas/Steinwolle verstärkt.
2. Die beiden Türen wurden neu eingestellt bzw. nachgestellt und damit „dicht“ gemacht. Zusätzlich wurden beide Türen mit Vermeculite Isolierung ca. 25 mm gedämmt.
3. Der Schieber für die Direktzugklappe wurde gangbar (leichtgängig) gemacht (klemmte etwas), jetzt schnappt die Klappe auf den letzten „cm“ von selbst zu
4. Die Klappe für den Direktzug aus der Vergasungskammer wurde so eingestellt, dass bei geschlossener Klappe ein dichtes Anliegen gewährleistet ist. (Selbstzentrierung beim Anlegen)
5. Die Luftführungen von Sekundär.-und Primärluft wurden auf freie Öffnung kontrolliert.
6. Einbau eines Rauchgasgebläses (Saugzug)
7. Der Vorlauffühler wurde neu angelötet da ein Wackelkontakt vorhanden war.
ACHTUNG ! Nicht verwechseln mit dem Kapillarrohr des Sicherheitstemperaturbegrenzers!
8. Nach dem 2. oder 3. Abbrand wurde die Steuerung AK2005 bei SB auf Kulanz getauscht.
9. Der Rauchgasfühler wurde von mir selbst getauscht da im Werk jemand die Befestigungsschraube zu stark angezogen hatte und den Fühler damit zerstört hatte.
10. Da die Verbrennung leicht pulsierte, wurde die Düse aus- und wieder eingebaut, hier wurde durch falsche Abdichtung des Herstellers ein großer Teil der Sekundärluft nicht über die Düsen sondern direkt in den 1. Teil des Verbrennungsraumes geblasen.
11. Dann habe ich zum vorläufigen Testen die Primärluftrohre mit einer Einstellung wie die an der Sekundärluft versehen. Damit kann ich jetzt Primärluft und Sekundärluft getrennt einstellen, aber halt nur mit 1 Gebläse.
12. Die Originalsteuerung lief auch nach dem Austausch der Steuerung absolut nicht nach meinen Vorstellungen. Da war der Umbau schon vorprogrammiert!

Ein mechanischer Zugregler für den Kamin war von meiner alten Anlage noch vorhanden.
(Nebenluftvorrichtung) Unterdruck vom Kamin her ca. 0,15...0,2mbar (1,5...2mmWS)

Das alles sollte sich jemand durch den Kopf gehen lassen bevor er sich zu einem Kauf eines „günstigen“ HV entschließt.

Ob ich wieder kaufen würde: Bis jetzt für mich ein klares JA!

WICHTIG!

Zum Umbau benötigt man handwerkliches Geschick und Sachkenntnis, in Elektrik als auch Schlosserarbeiten bzw. Installationsarbeiten, wer das nicht hat, sollte einen Umbau in Eigenregie sein lassen.

Wer nicht kann was er will,
muss wollen, was er kann.
Denn das zu wollen, was er nicht kann,
wäre töricht.

[Leonardo da Vinci](#)

**Auch ganz wichtig: Schornsteinfeger vor Kauf und allen Änderungen fragen!
Und zu guter Letzt: Keinerlei Gewähr über die von mir gemachten Angaben!
(Für Gewährleistungsforderungen reicht meine Rente nicht aus)**

Nach den ersten Abbränden stand eigentlich für mich fest, dass ich den HV auf getrennte Luftführung der Sekundär.-und Primärluft sowie auf getrennte Gebläse für Primär.-und Sekundärluft, mit einer neuen abgeänderten Steuerung und zusätzlicher Isolierung des Feuerraumes (heißer), umrüsten werde.

Bei der 1. Schornsteinfegermessung lag ich so bei etwas über 1000mg CO/Nm³ (Soll-Grenzwert <=4000mg auf 13% O₂-Bezug). Der HV war zu diesem Zeitpunkt noch in Originalausrüstung des Herstellers. Eigentlich alles OK, nur, eigentlich bedeutet 1000 mg CO zu viel Unverbranntes im Abgas, damit zu hoher Brennstoffverbrauch → auch deshalb Umbau! (Ein Spieltrieb war aber nicht zu verleugnen)

Kehr- und Überprüfungsordnung -KÜO

Die Messung erfolgte vor Inkrafttreten der **Verordnung über die Kehrung und Überprüfung von Anlagen (Kehr- und Überprüfungsordnung -KÜO) vom 16.6. 2009**

http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/k_o/gesamt.pdf

Damit wird der 14,9 kw Kessel als „Bestand“ geführt und darf noch ein paar Jahre so betrieben werden. (Inbetriebnahme nach dem 1.1.2005 und vor 21.3.2010 hat Bestand bis 31.12.2024)

1.BImSchV nicht vergessen:

http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/BJNR003800010.html

Die Grundsätzliche Funktion eines Holzvergasers.

Der Feuerungsbereich des Holzvergaser besteht im Wesentlichen aus der

- a. Vorratskammer auch Vergasungsraum genannt,
- b. der Brenndüse,
- c. dem Brennraum und den
- d. Heizflächen.

Auch im Holzvergaser bestimmen die 3 „T“ den Ablauf der Verbrennung (bei Optimierungen beachten). Das wäre bezogen auf den **ungekühlten Bereich** (ohne Wärmeabgabe an Heizflächen) :

1. T – wie Temperatur der Verbrennungsgase möglichst >650°C;
Zündtemperatur CO ca. 605°C;
besser sind Temperaturen >850...900°C,
max. 1050...1100°C, sonst droht Verschlackung.
2. T – wie Turbulenz der Verbrennungsgase besonders bei Zugabe der Sekundärluft.
3. T – wie Time ,aktive Verbrennungszeit der Verbrennungsgase in noch ungekühlter Umgebung.

Zu unterscheiden ist erst einmal (ausgenommen Naturzug-Vergaser):

- a) „GEBLÄSEVERGASER“ - Holzvergaser mit Primär.-und Sekundärluftgebläse, zum Anschluss an einen Kamin mit natürlichem Zug, evtl. mit einem Saugzug im Rauchrohr zur Unterstützung der Gasabsaugung beim Auflegen/Nachlegen um Rauchastritt zu verhindern. Regelung des Luftdurchsatzes durch stufenlose Drehzahlregelung des Ventilators oder durch Klappenregelung. Vorteil der Klappenregelung ist die Reduzierung der Luftmenge auf Null. Der Nachteil ist der nichtlineare Luftdurchsatz und der größere Arbeitsaufwand.
- b) „SAUGZUGVERGASER“ - Holzvergaser mit Primär.-und Sekundärluftregelklappe (ohne Gebläse) und einem im Holzvergaser fest eingebauten Saugzug welcher während der gesamten Brennzeit in Betrieb sein muss.

Vergasung, Primärluftzugabe

Im Vergasungsraum wird der Brennstoff eingelagert und muss, bis auf die untere Öffnung zur Brenndüse und der Primärluft, während der Verbrennung fest verschlossen werden.

Es ist darauf zu achten das die Rauchgasklappe für den direkten Zug zum Rauchgasrohr immer dicht abschließen kann. Schließt diese nicht mehr genügend, kann das ein Grund für ein zu hohe Abgastemperatur oder auch zu hohem O₂-Gehalt (Restsauerstoff im Rauchgas) sein.

Dann sind die Türen (obere und untere) so einzustellen das diese wirklich dicht schließen, evtl. mit einer neuen Abdichtung ausrüsten. Hinweis auf undichte Türen ist der Qualmaustritt an den Dichtflächen bzw. starker Rauch-/Teergeruch im Aufstellungsraum.

Nach dem Starten des Holzvergasers wird bei offener Fülltür ein vorhandener Saugzug (Rauchgasabzuggebläse) gestartet. Gleichzeitig läuft das Primärluftgebläse mit einer Mindestluft-Fördermenge an. Durch Anlegen eines Feuers und Nachlegen von weiterem Brennstoff muss für ein ausreichendes Grundfeuer gesorgt werden.

Beim Schließen der Fülltüre schaltet das Rauchgasgebläse aus und es wird die Primärluft und Sekundärluft mit einer festen Anfahr-Luftmenge gestartet. In den Vergasungsraum wird bei geschlossener Türe dann die Primärluft eingeblasen.

Bei HV mit ständig laufendem Saugzug (fest eingebaut im Kessel) übernimmt der durch den Sz. entstehende Unterdruck im Vergasungs- und Rauchgasraum die Ansaugung der Verbrennungsluft.

Die Zugabe der Sekundärluft erfolgt in der Brenndüse und wird hier mit den Brenngasen aus dem Vergasungsraum gemischt und zur weiteren (vollständigeren) Nachverbrennung angeregt.

Der Vergasungsraum ist in der Regel von einem wassergekühlten Mantel umgeben. Damit wird auch in diesem Bereich bereits Wärme abgebaut.

Dieser Wärmeabbau wird sich während der Hauptverbrennungszeit in einem konstanten Bereich bewegen (Heizflächen ändern sich ja nicht, auch die Brenntemperatur/Leistung ist gleich).

Das vorhandene Grundfeuer wird von der Primärluft weiter angefacht. Dabei entsteht im Brennraum ein Gas bis kurz vor Erstickung des Feuers. Dieser „Selbstregeleffekt“ hält die Leistung des HV, bei einer konstanten Primärluftmenge, auch in einem fast konstanten Bereich. Da Holz kein Brennstoff nach „DIN“ ist, wird es dabei aber immer Schwankungen geben.

Die erzeugte Gasmenge ist direkt abhängig von der eingeblasenen Primärluftmenge.

Damit bestimmt der Primärluftdurchsatz direkt die gefahrene Leistung des Holzvergasers.

Die gefahrene Leistung kann an der Abgastemperatur abgelesen werden. Sind die Rauchgaszüge in einem sauberen Zustand dann sollte sich die Rauchgastemperatur in dem Bereich der Angaben des Herstellers bewegen. Das sind oft 200...250°C.

Das ist eigentlich zu viel. 140...160°C sollten es sein. Man spart seitens der Hersteller halt oft an den Heizflächen auf Kosten der Rauchgastemperatur und damit des Wirkungsgrades.

Die mögliche, niedrigste Abgastemperatur hängt mit dem Taupunkt im Abgas am Kaminaustritt zusammen. Hier sollte eine Temperatur von mindestens über 80...90°C, in allen Betriebsbereichen, vorhanden sein. Wird der Taupunkt unterschritten, führt dies zu Teerablagerungen (Glanzruß) und am Ende zu einem Kaminbrand. Auch sollten genügend hohe Verbrennungstemperaturen (> 650°C) in der Brennkammer für eine gute Verbrennung sorgen.

Leistungsreduzierung

Wird eine festgelegte Abgastemperatur erreicht, wird, oft in kurzen zeitlichen Abständen (gestuft), die Primärluft auf eine verringerte Menge, durch z.B. Reduzierung der Drehzahl, gefahren.

Beim Unterschreiten einer Abgastemperatur wird die Primärluftmenge wieder erhöht.

Das führt dann zu einem ständigen Pendeln der Leistung des Holzvergasers, auch senkt das evtl. die max. erreichbaren Vorlauftemperaturen und die benötigte Brennraumtemperatur in der Brennkammer.

Sekundärluftzugabe/Brenndüse

Die Sekundärluft wird zur gestuften Verbrennung der Brenngase innerhalb der Brenndüse zu gegeben. Der Anteil an der Sekundärluft an der Gesamtverbrennungsluft wird bei einem „normalen“ Abbrand so um die 15...25% liegen. Kann aber durchaus beim Anzünden das doppelte oder mehr annehmen. Beim Übergang in den Ausbrand kann der Sekundärluftanteil durchaus auf null zurückgehen.

Zur besseren Aufteilung und gegen gegenseitige Beeinflussung der Luftmengen, sollte die Sekundärluft über ein eigenes Gebläse zugeführt und komplett getrennt geregelt werden. (Lufttrennung)

Eine Zugabe der Sekundärluft sollte über eine O2 Regelung erfolgen. (Lambdasonde)

Eine Zugabe von Hand (Festwert) über den gesamten Verbrennungsablauf wird damit nur zu sehr unzufriedenen Ergebnissen führen.

Verbrennungstemperatur

Die Verbrennungstemperatur im Brennraum sollte immer über der Zündtemperatur von CO (<http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffmonoxid>) liegen. (>605°C)

Im Brennraum sollte die Temperatur, gemessen in der Flamme am Ausbrand der Brennkammer an der unteren Türe, im Idealfalle immer Werte über 700°C und nicht höher als 1000...1100°C, annehmen.

Je höher die Verbrennungstemperatur, je besser können Abgasgrenzwerte eingehalten werden.

An dieser Stelle ist das Nachrüsten einer Feuerraumtemperaturmessung zu empfehlen.

Die hier fahrbare Temperatur ist auch wieder abhängig von der gefahrenen Heizleistung und damit wieder der Primärluftmenge. Manche Hersteller versuchen durch zusätzliches Abhängen der Wände (Heizflächen) im Vergasungsraum die Verbrennungstemperatur zu erhöhen.

Verbrennung/O2 Messung

Eine O2-Messung misst den Restsauerstoff im Rauchgas (Soll für HV ca. 2...6 Vol.%) und bestimmt damit die Zugabe der Sekundärluft zu einer optimalen Verbrennung. Ein höherer O2 Wert erhöht den Luftüberschuss und verschlechtert den Wirkungsgrad. Ein niedrigerer O2 Wert verkleinert damit den Luftüberschuss und kann damit den Wirkungsgrad erhöhen, aber nur bis zu dem Punkt an dem die Feuerung anfängt zu rußen.

Wert nicht zu tief ansetzen, zur Sicherheit mit einer CO Messung kontrollieren!

Ist eine O2 Messung/Regelung nicht vorhanden so sollte diese nachgerüstet werden.

Die Heizflächen und auch Rohre sind natürlich immer sauber zu halten. Bemerkbar macht sich die verstärkte Verschmutzung durch höhere Abgastemperaturen oder, bei einer Leistungsregelung nach der Abgastemperatur, durch eine geminderte Leistungsabgabe des HV.

Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte

Zur Optimierung und Einstellung ist es schön wenn man dazu eine CO-Messung zur Verfügung hat, da der Gesetzgeber die Einhaltung des Rest-CO und den Staubgehalt als Grenzwert vorgeschrieben hat.

Da eine Einhaltung/Unterschreitung des Grenzwertes auch gleichzeitig eine Wirkungsgradverbesserung bedeutet, sollte man, auch aus wirtschaftlichen Gründen, bestrebt sein die Grenzwerte einzuhalten.

Turbulatoren

Damit die Abgastemperaturen nicht zu weit überschritten werden, haben viele Hersteller in den Wärmetauscherrohren Turbulatoren eingebaut.

Die von manchen Herstellern beigefügten Turbulatoren sollen den Wärmübergang der Rauchgase zu den Heizflächen, im Bereich der Röhren, verbessern. Oder anders gesagt, die mangelnde (zu kleine) Heizfläche ersetzen (da hat wieder jemand am falschen Ende gespart), da man sonst die geforderten Wirkungsgrade nicht erreichen kann. Natürlich erhöhen die Turbulatoren auch den rauchseitigen Widerstand. Dieser Widerstand muss durch eine erhöhte Gebläseleistung bzw. Kaminzug ausgeglichen werden.

Kaminzug

Den erforderlichen Kamin sollte man sich beim Schornsteinfeger bestätigen lassen.

Eine Mindesthöhe des Kamins sollte bei >6 mtr. liegen, besser mehr (>8m) , damit ein zum Brennen erforderlicher Kaminzug von -0,2mbar (-2mmWS oder -20Pa, siehe Herstellerangaben) erreicht werden kann.

Ein zu hoher Kaminzug muss durch eine Zugregelklappe auf einen max. Wert reduziert werden.

Diese Zugregelklappe hält den Kaminzug, bei unterschiedlichen Lastbereichen, in einem für den Betrieb des Kessels notwendigen Betriebsbereich und sollte eigentlich grundsätzlich vorhanden sein.

Man sollte bedenken, dass eine Zugregelklappe nur einen schon vorhandenen Zug verringern, aber nicht erhöhen kann.

Der Einbau bei Holzvergaser mit Verbrennungsluftgebläse sollte zwischen Kessel und einem evtl. installierten Saugzug erfolgen. Bei Holzvergaser ohne Verbrennungsluftgebläse mit ständig laufendem Saugzug würde ich die Zugregelklappe in den Schornstein, wenn überhaupt notwendig, zwischen Holzvergaseranschluss und Kaminsockel einbauen.

Kesselregelung

Ein Holzvergaserkessel kann max. zwischen $>60^{\circ}\text{C}$ und $<80^{\circ}\text{C}$ betrieben werden.

Ein Sicherheitstempurbegrenzer (STB, schaltet ab, verriegelt und ist nicht von außen verstellbar) im Vorlauf schaltet die gesamte Anlage beim Überschreiten dieser fest eingestellten Temperatur bei ca. $92\text{...}94^{\circ}\text{C}$ aus und verhindert erneutes selbsttätiges Wiedereinschalten. Damit das Feuer auch sofort eingedämmt wird, ist in der Verbrennungsluftzufuhr eine selbsttätige schließende Klappe vorgesehen. Bei getrennter Primärluft und Sekundärluft müssen 2 Klappen vorhanden sein!

Ein absolutes **MUSS!**

Die thermische Ablaufsicherung öffnet bei ca. $92\text{...}94^{\circ}\text{C}$ und schließt wieder bei ca. $88\text{...}89^{\circ}\text{C}$, hat aber keinen elektrischen Einfluss sondern kühlt nur das Kesselwasser ab indem die Wärme des Kessels brutal in den Abfluss läuft, also reine Wärmevernichtung.

MUSS immer in Funktion sein!

Ein im Abgasstrom eingebautes Thermostat, (Schaltpunkt bei ca. $160\text{...}240^{\circ}\text{C}$) schaltet beim Überschreiten einer eingestellten Temperatur das Primärluftgebläse auf Teillast. Auch eine zusätzliche, zum STB, Temperaturüberschreitung im Vorlauf ($82\text{...}88^{\circ}\text{C}$) führt zu einer Reduzierung der eingeblasenen Primärluftmenge und damit zu einer Leistungsbegrenzung.

Damit kann ein nicht richtig eingestellter HV zu ständigen Abschaltungen bzw. zu einem ständigen Schwingen zwischen Vollast und Teillast führen. Fährt der HV nicht ständig auf voller Leistung, kann natürlich auch eine Vorlauftemperatur von 80°C nicht eingehalten werden.

Erklärung dazu:

Die Fördermenge der Pumpe bleibt konstant.

Die Rücklaufanhebung bleibt auf z.B. 72°C stehen.

Jetzt bestimmt das delta T (Differenz VLT - RLT) über den HV die Vorlauftemperatur.

Dann ist die Vorlauftemperatur abhängig von der momentanen Leistung des Kessels.

Ist die Leistung nicht konstant, verändert sich die Vorlauftemperatur.

In dem Bereich der möglichen Störungsquellen sollte man auch die eingestellten Werte der Rücklaufanhebung (RLA) ($68\text{...}74^{\circ}\text{C}$) und der erreichbaren Vorlauftemperatur (ca. 80°C) sehen.

Damit im Zusammenhang steht die richtige Auswahl der Umwälzpumpe zum Transport der Wärme in einen vorhandenen Speicher.

Die Auswahl der Umwälzpumpe sollte nach dem, jeder Pumpe beiliegendem Diagramm, erfolgen. Dieses Diagramm stellt die mögliche Fördermenge bei einer angenommenen Förderhöhe (eigentlich Druckverlust in der Anlage) dar. Die angenommene Förderhöhe wird in einem Bereich von $2\text{...}4(6)$ mtr.

($0,2\text{...}0,4(0,6)$ bar) liegen.

Die Angabe der Förderhöhe hat NICHTS mit dem höchsten zu versorgenden Heizkörper zu tun, sondern ist die mögliche Fördermenge bei einem angenommenen Druckverlust in der Anlage.

Eine zu klein ausgelegte Pumpe kann die erzeugte Wärme nicht aus dem HV fördern, damit wird die Temperatur im HV steigen und es werden die eingebauten Sicherungsmaßnahmen (Reduzierung der Primärluft) greifen. Abhilfe, wenn noch möglich, kann die Absenkung der RLA, aber nicht kleiner als 65°C , bringen.

Damit liegt die obere fahrbare Temperaturgrenze mit etwas Spiel nach oben ($2\text{...}5^{\circ}\text{K}$) bei ca. 80°C , die untere Grenze (Taupunkt) mit etwas Freiraum von ca. 5°K bei ca. 65°C .

Durch zunehmende Auflagen des Gesetzgebers, in Bezug auf strengere Grenzwerte der Emissionen, wird man die, sonst eigentlich einfache Holzverbrennung, zur Verbrennungsoptimierung immer mehr mit Elektronik ausführen müssen.

Grundeinstellungen der Vorlauftemperaturabsicherung am HV

Der max. Ladetemperatur in einen Speicher sind vom Gesetzgeber Grenzen gesetzt durch fest eingestellte Temperaturbegrenzer.

Der Temperaturbegrenzer, „STB“ genannt, ist Vorschrift und muss eingebaut sein, schaltet die Beheizung bei einer Temperatur von 92...94°C ab und verriegelt die Wiedereinschaltung. Diese Funktion darf man **NUR** mit speziell dafür zugelassenen Geräte ausführen! Neu starten ist erst möglich bei Unterschreitung der Temperatur von ca. < 90°C und Hand-Entriegelung des STB.

Die TAS (thermische Ablaufsicherung) ist bei ALLEN Befeuerungen von Hand Vorschrift!!

Die Auslösetemperatur liegt zwischen 92...94°C, schließt wieder bei Temperaturen < 88...89°C.

Wenn eine überlagerte Temperaturregelung zur Begrenzung der max. Leistung erfolgen soll, sollte der Wert so bei 85...87°C liegen.

Der Beginn einer vorhandenen Leistungsreduzierung in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur durch die Verringerung der Primärluft liegt im Bereich von 80...85°C. (In der Regel eine feste, unveränderbare Einstellung durch den Hersteller des HV.)

Die Regelung „Rücklaufanhebung“ in Verbindung mit der Fördermenge der Umwälzpumpe (siehe Abschnitt Hydraulik) wird so eingestellt, das eine Temperatur im Rücklauf von 65...74°C eingehalten werden kann (größer Taupunkt der Rauchgastemp.). Dabei sollte, durch richtige Auslegung/Einstellung der Pumpe, sich eine Vorlauftemperatur von ca. 80°C einstellen.

Der Temperatursprung (Bsp., Unterschied Temperatur- Vorlauf 80° zu –Rücklauf 74°) beträgt damit 6°K. Bei Pumpen mit kleinerer Fördermenge wird die Temperaturspreizung größer bei größerer Fördermenge wird der Temperatursprung kleiner! Die Fördermenge einer Pumpe ist dabei direkt abhängig vom wasserseitigen Widerstand der Gesamtanlage (Rohre u.s.w.).

Den Widerstand einer Anlage mit einer Auslegung auf eine Fördergeschwindigkeit von ca. 0,5m/s kann man mit 0,2...0,4 bar annehmen. (muss nachgerechnet werden)

Wenn dann der Rücklauf des Speichers auch die 80°C annimmt (Speicher ist jetzt „voll“), nimmt der Vorlauf eine Temperatur um diesen Temperatursprung größer an, also $80\text{C}+6\text{C}=86\text{C}$.

Das ist dann als kleine Reserve gedacht wenn man den HV mal etwas zu voll gemacht hat.

Man kann jetzt unbedenklich noch in den Speicher Energie laden ohne dass irgendwelche übergeordneten Regel-/Sicherheitseinrichtungen ansprechen.(Beispieltemperaturen!)

Feste, unveränderbare Einstellungen:

92...94°C ansprechen des Temperaturbegrenzers

92...94°C ansprechen Thermische Ablaufsicherung (schließt wieder vollständig bei ca. 88...89°C)

veränderbare, vom Fabrikat abhängige Einstellungen:

85...87°C Einstellbereich Sollwert Temperaturregler (wenn vorhanden), Abschaltung der Feuerung. mit selbsttätiger Wiedereinschaltung

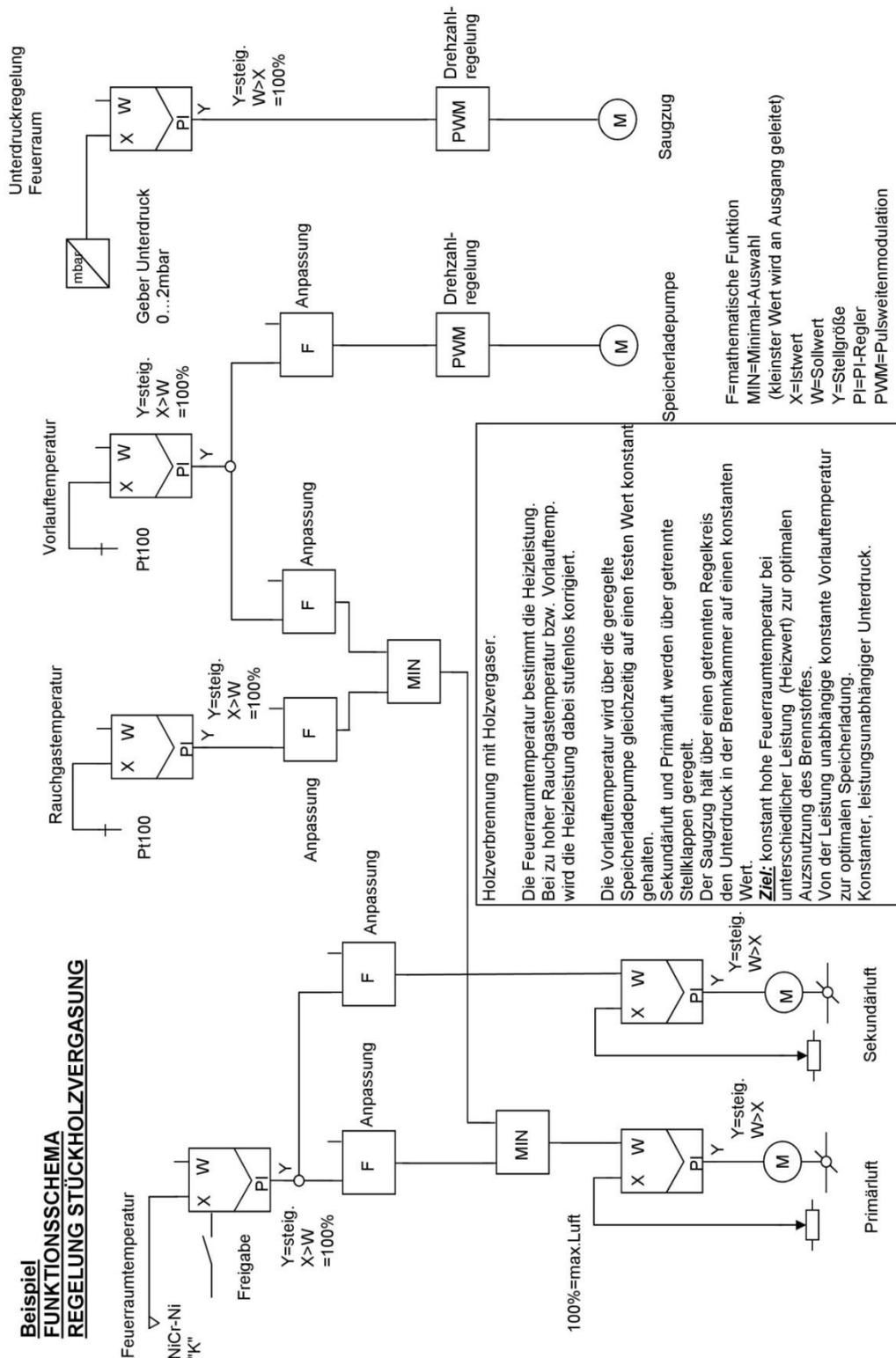
80...85°C selbsttätiges Runterregeln der Verbrennungsluft, (dadurch Leistungsreduzierung)

78...84°C durch $RLT+\Delta T$ des HV sich selbst einstellende Vorlauftemperatur des HV

65...74°C Sollwert Rücklauftemperatur des HV

Wasser wird sehr heiß bei >90°C! 1Ltr. Wasser ergibt ca. 1500 Ltr. Dampf!

Elektrisches Funktionsschema (Beispiel) der Regelung



Variante ohne O2 Erfassung, mit Korrektur der Feuerraumtemperatur und der Vorlauftemperatur. Leistungsregelung durch Rauchgastemperatur, Konstanthaltung Unterdruck Feuerraum.

Warum Umbau?

Hersteller werden ihre Anlagen immer optimal nach den im Moment gültigen Vorschriften und Marktbedingungen bauen. Wer mehr baut wie gesetzlich gefordert wird teurer und bekommt weniger verkauft.

Da ist auch nichts gegen zu sagen bzw. sollte man immer (nicht nur bei HV) berücksichtigen.

Das war bei meinem Kessel ein max. Grenzwert von 4000mg CO welcher nicht überschritten werden darf. (Industrieanlagen laufen mit unter 50mg, alles was drüber liegt ist „Unverbranntes“ = Verluste)

Der Grund der Umrüstung lag für mich, so muss ich ehrlich sagen, vorrangig nicht im Umweltbewusstsein (muss aber auch sein), ein ständig meckernder Nachbar ist aber auch unangenehm (ich möchte auch nicht ständig den Rauch in der Nase haben), sondern in der Möglichkeit der Brennstoffeinsparung. Umweltbewusstsein gibt es gratis dazu. Oder umgekehrt, je nach eigenem Standpunkt.

Wie viel das in kg Brennstoff ausgedrückt ist, kann ich nicht sagen. Einige Beiträge z.B. im Holzvergaser-Forum (<http://www.holzvergaser-forum.de/index.php/forum/aktuell?limitstart=0&limit=20>) beschäftigen sich damit (manche haben über 20% weniger Verbrauch beim Betrieb mit Lambdasonde und einer ordentlichen Regelung).

Weitere Umbauten

Der Entschluss für den weiteren Umbau lag also nicht bei einer evtl. durchgefallenen Abgasmessung sondern bei ständigem „händigen“ Nachregeln und einer manches mal dunklen Rauchwolke sowie Holzeinsparung.

Das in einem Wohngebiet war mir nicht gut genug. Zusätzlich habe ich mir einen besseren Wirkungsgrad versprochen (man wird ja auch älter, jedes kg Holz was ich nicht verbrenne brauche ich nicht zu bearbeiten).

Für die Eigenbau-Steuerung (Grundgerät von Hartmann & Braun, jetzt ABB), Protrenic 500, ein edles Gerät, eigentlich zu teuer, aber EBAY hat da geholfen, man benötigt zusätzlich eine Software zum Programmieren, (für den Normalverbraucher aber vom Preis her uninteressant) wurde dann von mir noch eine Lambdasonde (LambdaCheck) gekauft. Der ursprüngliche Gedanke nur über die Feuerraumtemperatur zu fahren (siehe Beispiel Funktionsschema Regelung) wurde nach einigen Brennversuchen fallen gelassen, da ein HV ein wesentlich anderes Brennverhalten wie ein Rostfeuerung hat.

Jetzt wird der Kessel wie folgt über 4 einzelne, aber verkettete PID Regelungen gefahren:

1. Die Regelung der Primärluft erfolgt über die Abgastemperatur und die Vorlauftemperatur. Durch die Veränderung des Primärluftdurchsatzes wird die Leistung des HV verändert.
(Regelung als Override-Regelung -Abgas-Vorlauftemperatur-)
Die Regelung der Sekundärluft erfolgt über den O2 Gehalt im Rauchgas und der Feuerraumtemperatur als Begrenzung.
(Regelung auch wieder als Override-Regelung und Split-Range mit der Primärluft)
Zusätzlich wird beim Schluss-Abbrand die Primärluft über den O2-Gehalt mit geregelt.
2. Alle Regelungsfunktionen sind zusätzlich über Handbetrieb ohne Regelungseingriff fahrbar.
(Notbetrieb)

3. Die Verstellung der Primär.- als auch Sekundärluft erfolgt über Belimo Stellantriebe mit 2...10V Ansteuerung. In beiden Luftkanälen ist je eine Rückschlagklappe verbaut.
4. Der Düsenstein wurde auf einen 10-Loch Stein ausgetauscht (getrenntes Sekundärluftgebläse wurde benötigt da der Druckverlust höher ist)
(Düse von Helmut, „HW55“, vielen Dank noch einmal)

Der Sicherheitstemperaturbegrenzer ist jetzt das einzige Teil was von der Original Vigas Regelung noch verwendet wird.

Die VIGAS Elektrik ist meiner Meinung nach eigentlich vom Wort her eine Steuerung und keine Regelung!

Hier werden die Funktionen in Stufen, wie mit einer schwarz/weiß Schaltung geschaltet.

Beim Öffnen der Direktzugklappe startet jetzt automatisch der Saugzug, gleichzeitig wird das Primärluft.- und Sekundärluftgebläse abgeschaltet, beim Schließen der Direktzugklappe wird die Verbrennung wieder gestartet.

Nach den ersten 100 Abbränden muss ich sagen, dass der Umbau sich voll gelohnt hat.

Grundfeuer machen, (nicht zu schwach aber auch nicht zu stark, sonst gibt es zuviel Qualm) dann Vergasungsraum füllen, Türen verschließen.

1 Abbrand läuft, je nach Brennstoff, max. bis etwas über 4 Stunden. Je nach Holzart muss man aber zwischendurch schon einmal nachlegen (ich verbrenne Industrie Holzverpackungsabfälle).

Das ist alles.

Die Vergasung wird konstant gehalten nach der Abgastemperatur durch Änderung/Regelung der Primärluft.

Der O2 wird konstant gehalten durch Regelung der Sekundärluft.

War vorher, ohne Regelung, die Feuerraumtemperatur nur schwer über 650 °C zu bekommen so werden jetzt mit Regelung immer zwischen 720...780°C zum Teil bis über 850°C auf Dauer erreicht.

Die Grenze der möglichen Brenntemperatur von 950°C sollte wegen dem Verschleiß der Brennkammer und evtl. Schlackebildung nicht überschritten werden.

Beim Verbrennen von Brettern (Kisten, Paletten) ist die Verbrennungstemperatur kleiner wie bei Holzscheiten.

Mit großen Holzscheiten erreicht man eindeutig die höheren Verbrennungstemperaturen.

Bei der von mir angestrebten Rauchgastemperatur von 160°C brennt der Kessel nicht richtig.

Wobei das mit der Messung so eine Sache ist. Der Original Messfühler zeigte total falsch an, auf alle Fälle immer zu wenig.

Ein getrennter Temperaturfühler an der Lambdasonde zeigt im Bereich von 200°C echt gemessen, eine Temperatur von 160°C an (Frage ist: Ist die im Lambdacheck hinterlegte Kennlinie vom Temperaturfühler passend?).

Mit 3 unabhängigen Temperaturmessgeräten und mit einem neuen NiCrNi Messfühler wurden die „Echt-Messungen“ durchgeführt. Alle Messungen zeigten die gleichen Differenzen zum Vigas-Original und zur

Lambdacheck Messung an.

Ich verwende jetzt einen sehr schnellen (1-2mmDurchmesser) NiCrNi Messfühler.

Mit dieser Messung fahre ich im normalen Betrieb so um die 190°C Rauchgastemperatur.

Benötigte theoretische Gesamt-Luftmengen; Brennstoffmengen bei der Verbrennung:

Kesselleistung	Luft bei 10 Vol% O ₂ ;Brennst.	Luft bei 5 Vol% O ₂ ;Brennst.	Rauchg. bei 5 Vol%
15kW	34,5Bm ³ /h; 3,9kg/h	22,9Bm ³ /h; 3,7kg/h	
25kW	57,5Bm ³ /h; 6,5kg/h	38,1Bm ³ /h; 6,3kg/h	73 Bm ³
40kW	92,0Bm ³ /h; 10,4kg/h	61,2Bm ³ /h; 10,8kg/h	
60kW	138,1Bm ³ /h; 15,7kg/h	91,7Bm ³ /h; 15,1kg/h	
80kW	184,1Bm ³ /h; 20,9Kg/h	122,3Bm ³ /h; 20,2kg/h	

Bezugnahme der obigen Rechnung:

Heizwert 4,3 kWh/kg (3700kcal/kg); Wassergehalt: 15,2% bzw. Feuchte von 18% atro, Gesamtluft.

Auch hier ist wieder zu beachten das am Anfang und bei Verbrennungsstörungen durchaus bis zu 100% mehr an Luft benötigt werden kann. (Bm³/h → Betriebs-m³ /h), der Betriebs-Volumenstrom gibt den effektiven Volumenstrom der verdichteten Luft an.

Die Gesamtluft teilt sich auf die Primärluft und die Sekundärluft auf, bei Störungen im Verbrennungsablauf kann die Sekundärluft durchaus bis auf über 100% der Gesamtluft ansteigen.

Bei der Auswahl der Gebläse ist der auszugleichende Druckverlust in der Anlage (Rückschlagklappen, Sekundärluftdüsen) zu beachten (Durchflussdiagramm beachten).

Die Angaben der Gebläsehersteller beziehen sich auf „freiblasend ohne Anbauten“!

Wie hoch die Druckverluste/Reserven im Kessel sind kann man schon daran sehen das bei dem 25kW Vigas Kessel ein 200m³/h Gebläse eingebaut ist.

Je höher der Druckverlust, je kleiner die Fördermenge.

Wichtiges um Störungen zu vermeiden:

Die Klappe vom Vergasungsraum zum Abgasrohr hin muss immer dicht schließen, sonst gibt es unangenehme Verpuffungen!

Auch muss die obere Fülltür zum Vergasungsraum absolut dicht sein.

Der „Brennstein“ muss ohne“ Falschlufkanäle“ eingebaut sein (Dicht einbauen).

Der Kaminzug muss durch eine Nebenlufteinrichtung im Abgasrohr möglichst nahe am Kesselausgang, auf einen einstellbaren Wert (ca. 1-2mmWS) gehalten werden. Wird ein Saugzug verwendet so ist die Nebenlufteinrichtung zwischen Kesselende und Saugzug einzubauen.

Zusätzliche Verkleidungen der Wärmetauscherflächen mit Vermeculite im Bereich der Brennkammer fördert den Ausbrand (kann aber auch die Abgastemperatur erhöhen).

Hohlbrände kann man bei dieser Bauart des HV nicht vermeiden, deshalb sollte man so alle 2 Std. die Verbrennung kontrollieren. Wenn man die Primärluft auf eine Mindestmenge einstellt erholt sich die Verbrennung auch wieder allein.

Ist ausreichend Unterdruck vom Kamin her vorhanden 0,15...0,2mbar (1,5...2mmWS)

Noch etwas : Frischluftzufuhr zum Heizraum nicht vergessen! 150cm² (=138mm Innen-Durchmesser) freie Öffnung bei < 50kW.

Auszüge aus TRD 702/BOSY online:

DRUCKABSICHERUNG

Jeder Heißwassererzeuger muss mindestens eine zuverlässige Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung haben.

Die Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung muss so bemessen sein, dass der der zulässigen Wärmeleistung entsprechende Dampfstrom abgeführt werden kann, ohne dass dabei der zulässige Betriebsüberdruck des Heißwassererzeugers um mehr als in TRD 721 angegeben überschritten wird. Bei Verwendung von Standrohren darf der zulässige Betriebsüberdruck um nicht mehr als 0,1 bar überschritten werden.

Anschlüsse für Füll- und Entleerungseinrichtungen

Jeder Heißwassererzeuger muss wenigstens einen Anschluss zum Füllen und zum Entleeren aufweisen. Dieser Anschluss kann ein gemeinsamer sein. Jeder Heißwassererzeuger muss auf der Vorder- oder Rückseite an der tiefsten Stelle eine Öffnung besitzen, über die eine Entleerung des Kessels möglich ist. Die Größen betragen mindestens

6.4.1 bei Füllanschlüssen:

- (1) R $\frac{1}{2}$ bei einer zulässigen Wärmeleistung bis 100 kW,
- (2) R $\frac{3}{4}$ bei einer zulässigen Wärmeleistung über 100 kW

4.4 Membran-Druckausdehnungsgefäße

Membran-Druckausdehnungsgefäße müssen DIN 4807 Teil 3 entsprechen.

Bei Membran-Druckausdehnungsgefäßen mit Inertgasfüllung kann auf eine Besichtigung des Gasraumes und damit auf zusätzliche, über die Forderungen der Tafel 5 bzw. 6 hinausgehende Öffnungen verzichtet werden.

7.2 Bei Anlagen, die mit festen Brennstoffen beheizt werden können, sind, soweit zutreffend, TRD 702 Anlage 1 und DIN 4751 Teil 2 zu berücksichtigen.

Die Beheizungen sind so zu gestalten, dass sie auch ohne ständige Beaufsichtigung gefahrlos betrieben werden können. Für die sicherheitstechnischen Einrichtungen der Beheizung von Heißwassererzeugern gelten, soweit zutreffend, bei

- Ölfeuerungen TRD 411
- Gasfeuerungen TRD 412
- Kohlenstaubfeuerungen TRD 413
- Holzfeuerungen TRD 414

Betrieb

12.1 Heißwassererzeuger dürfen nur mit geeignetem Wasser betrieben werden⁵⁾.

12.2 Für die Wartung der Dampfkesselanlage, insbesondere der Sicherheits- und Regeleinrichtungen, ist seitens der Betreiber Sorge zu tragen.

12.3 Es muss eine Betriebsanleitung vorliegen.

Auszug von <http://www.bosy-online.de/Ausdehnungsgefaesse>

Jeder Wärmeerzeuger benötigt ein **eigenes** (kleines) **Ausdehnungsgefäß**, das mindestens das Ausdehnungsvolumen des jeweiligen Wärmeerzeugers aufnehmen kann. Dadurch werden Verbindungsleitungen überflüssig und es kann nicht zu Fehlzirkulationen durch die WE kommen.

Außerdem können **Wartungs-** und **Inspektionsarbeiten** im abgesperrten Zustand durchgeführt werden. Das Ausdehnungswasser der **gesamten Anlage** wird von einem zentralgesetzten, ausreichend ausgelegten Gefäß aufgenommen.

Jedes Ausdehnungsgefäß muss durch ein **Kappenventil absperrrbar** sein, damit es für die jährliche Wartung drucklos gemacht werden kann.

Auch ein **Pufferspeicher** ist ein **Wärmeerzeuger**, wenn er einen oder mehrere Wärmetauscher hat und vom Kesselkreislauf (MAG) abgesperrt werden kann. Dieser Umstand ist bei dem Einplanen eines **zusätzlichen Ausdehnungsgefäßes** zu beachten.

Ergänzung zum ADG (Ausdehnungsgefäß)

Der angegebene Grunddruck von 1,3 bar in der Blase des ADG sollte der kleinste Druck sein welcher nicht unterschritten werden sollte. (wegen Kavitation) Ist der Höhenunterschied vom ADG zum höchsten Heizkörper größer als 13 mtr. muss natürlich diese Höhe als niedrigster Druck eingesetzt werden. (z.B. 17mtr entspricht dann 1,7 bar Mindestdruck im ADG)

Der Vordruck (Anfangs-Anlagendruck) bei kalter Anlage (10°C) sollte dann ca.0,1...0,2 bar darüber liegen. $1,3\text{bar} + 0,2\text{bar} = 1,5\text{bar}$ beim Wasserauffüllen als Druck bei 10°C Wassertemperatur.

Der Enddruck bei 95°C sollte dann aber mindestens 0,5 bar unter dem Abblasdruck des Sicherheitsventiles liegen.

Bei anderen Anlagen wie HV kann die max. Temperatur durchaus kleiner sein.

Die angegebenen 15% zur Auslegung des ADG sind deshalb ein grober Anhaltspunkt und sollte nach den Örtlichkeiten der montierten Anlage korrigiert werden.

15% ergeben bei 1000Ltr Wasserinhalt eine MAG Größe von 150Ltr. Bei einem Anfangsdruck von 1,5bar und 10°C stellt sich dann bei 95°C ein Enddruck von ca. 2bar ein.

mfg

HJH

<http://www.holzvergaser-forum.de/index.php/forum/vigas-15-und-25/49937-fragen-zur-pufferbeladung-bzw-schichtung-systemdruck-u-temperaturen#63149>

HJH

Einbringung des Saugzuges in die Regelung eines HV.

Der Saugzug sollte beim Öffnen der Fülltür bei einem HV mit Druckgebläse, einen verstärkten Unterdruck aufbringen. Nach dem Schließen der Fülltür ist dieser wieder aus.

Und sonst nichts.

Eine zusätzliche mechanische Regelklappe im Kamin (besser Rauchrohr, zwischen Kessel und Saugzug, möglichst dicht am Kessel) hilft bei der Verbrennung besonders bei einem Kamin mit starkem „Zug“.

Geht bei mir zufriedenstellend. Nicht auf 1mm Wassersäule genau, aber es geht.

Software zur Kaminberechnung: http://www.kesa.de/Ing_deu/d_software/t_deu_soft_demo.html

GANZ WICHTIG!

Der Kaminzug sollte während des Betriebes bei ca. 0,15...0,2mbar (1,5...2mmWS) liegen, siehe auch Herstellerangaben.

Den Saugzug zusätzlich zum Primärluft und Sekundärluftgebläse als Regelung für die Leistung einzusetzen halte ich für Überlegungen in die falsche Richtung.
Ausgenommen HV mit ständigem Saugzug ohne Luftgebläse.

Luftführung.

HV mit Verbrennungsluftgebläse:

Die getrennte Luftführung über 2 Gebläse ist der richtige Weg für eine optimierte Verbrennung.

Hat man nur 1 Gebläse und die Sekundärluft schließt oder öffnet wird auch gleichzeitig die Primärluft stark verändert. 1mm Wassersäule Druckunterschied macht da recht viel aus.

Die Luft macht da das gleiche wie der Mensch, sie geht den Weg des geringsten Widerstandes.

Die Lösung so wie die Fa. SB/Vigas die Kessel ausliefert, 1 Gebläse und nur die Sekundärluft fest einstellbar, ist gelinde gesagt recht be...scheiden.

Aber hier steckt halt das Denken eines wirtschaftlich orientierten Menschen dahinter, man muss es verkaufen können, die optimale Funktion ist zweitrangig.

HV mit ständig eingeschaltetem Saugzug ohne V.-Luftgebläse:

Hier sollte der Unterdruck im Feuerraum konstant gehalten werden und eine getrennte Sekundärluft/Primärluft Regelung vorhanden sein.

Regelung des Luftstromes

Jetzt kommt noch die Frage ob man die Luft mit einer Klappe oder mit der Drehzahlverstellung des Gebläses verändern soll.

Dazu erst etwas Grundsätzliches.

Will man Regeln, so sollte sich das zu verändernde Medium (Luft) linear verändern.

Und zwar deshalb weil ALLE elektronischen Regler erst einmal für lineare Veränderungen gebaut werden.

Berücksichtigt man das nicht, so bekommt man in einem Lastbereich den Regler schön eingestellt und in einem anderen Lastbereich schwingt der Regler.

Ein Veränderung der Luftmenge mit der Drehzahl des Gebläses hat den Vorteil das die Luftmenge (eigentlich der Luftdurchsatz) sich linear verändert, das was man auch will.

Aber man kann die Luftmenge nicht auf Null fahren da durch den Unterdruck vom Kamin immer Luft angesaugt wird auch wenn das Gebläse sich nicht mehr dreht.

Will man die Luft im gesamten Regelbereich unter Kontrolle halten, muss man über eine Klappe die Luft regulieren, nur ist dabei der Luftdurchsatz nicht mehr linear.

Man muss also den Luftdurchsatz an der Klappe linearisieren. Das kann man einfach über eine mech. Anlenkung zwischen Stellantrieb und Klappe machen. Eine direkte Kopplung des Stellantriebes auf die Welle der Klappe ist damit nicht zu empfehlen, es sei denn man macht die Linearisierung elektronisch.

Primärluft.

Die Regelung der Primärluft sollte durch die Vorlauftemperatur und die Rauchgastemperatur erfolgen. Über einer eingestellten Rauchgastemperatur hinaus sollte sich die Primärluft verringern. Beim Anheizen dagegen sollte man mit einer abgestimmten max. Luftmenge, korrigiert nur durch eine max. Rauchgastemperatur, fahren.

Der Regler der Vorlauftemperatur muss die Primärluft, unabhängig von der Rauchgastemperatur, verringern beim Überschreiten eines einstellbaren Wertes der Vorlauftemperatur.

Das wieder geht allein mit z.B. einem Jumo-Regler nicht, sondern bedarf einiger zusätzlicher Schaltungsmaßnahmen.

Zusätzlich wird es recht schwierig werden einen Einzelregler so abzugleichen das die auftretenden Totzeiten in der Regelstrecke abzufangen sind.

Sekundärluft.

Die Sekundärluft hat bis zu einer Feuerraumtemperatur von ca. 550...650°C geringe Verbrennungswirkung. (Zündtemperatur CO ca. 605°C) Unterhalb dieser Temperaturen erfolgt keine Nachverbrennung und damit ist eine Sekundärluftzugabe überwiegend nur Rauchgasverdünnung.

Nach der Zugabe von Sekundärluft muss man dem Feuerungsgas die Möglichkeit geben mit der Sekundärluft zu reagieren, es muss also auch ein ungekühlter Ausbrand vorhanden sein (Temperatur +Zeit +Raum)

Nur durch eine O₂-Messung im Rauchgas ist dieser Einsatzpunkt der Sekundärluft NICHT feststellbar da dies abhängig vom Heizwert des Brennstoffes ist.

Hier sollte eine zusätzliche Temperaturmessung im Feuerraum für eine Aussage installiert sein. (Messung mit Thermoelement Ni-CrNi, Type K)

Eine Messung des O₂-Gehaltes ist damit nicht überflüssig sondern auch wichtig zur Einhaltung des Luftüberschusses bei der Verbrennung.

Die Zugabe der Sekundärluft richtet sich nach der erreichbaren Feuerraumtemperatur und nach dem Rest-O₂ im Rauchgas.

Die Sekundärluft muss langsam verändert werden bis der gewünschte O₂ Gehalt in einen Beharrungszustand kommt. Dabei ergibt mehr Sekundärluft eine Erhöhung des O₂ Gehaltes im Rauchgas. Ab einer festgelegten max. Feuerraumtemperatur sollte die Sekundärluft unabhängig vom O₂ Gehalt nach der Feuerraumtemperatur geregelt werden. Eine Erhöhung der Sekundärluft führt dabei zu einem Absinken der Feuerraumtemperatur bzw. Erhöhung des O₂ Gehaltes im Rauchgas.

Druck Sekundärluft.

Wichtig ist das man die Luftmengen dahin bringt wo sie benötigt wird.

Sehr wichtig ist auch, dass eine Vermischung der Luft mit den Feuerungsgasen nur sehr zäh erfolgt und man deshalb hohe Luftgeschwindigkeiten (Wurfweiten/Verwirbelungen der Luft) an der Ausblasdüse der Sekundärluft benötigt. Höhere Feuchtigkeiten des Brennstoffes erschweren durch Bildung von Inertgas zusätzlich die Verbindung mit den Feuerungsgasen.

Eine gute frühzeitige Vermischung und damit Brennbarkeit der Feuerungsgase ist angebracht da dadurch fehlende Ausbrandzeit und Ausbrandraum ersetzt werden können.

Bei einer anderen Luftmenge an der Sekundärluftdüse hat man aber gleich schon wieder andere Druckverhältnisse und damit andere Strömungsgeschwindigkeiten.

Die Art der Einbringung der Sekundärluft wird immer ein Kompromiss sein und bleiben.

Was man will ist eigentlich nicht ein Druck auf der Luftleitung sondern ordentliche Verbrennungsabläufe. Die hat man bei Holz aber nur wenn man Temperaturen über ca.605°C (Zündpunkt von CO) hat und das im gesamten Brennereich.

Hier sollten eigentlich zu einer optimalen Verbrennung Temperaturen zwischen 900...1100°C angestrebt werden. (Messung nicht direkt in der Flamme)

Höhere Temperaturen verbieten sich wegen der höheren thermischen Belastung der Brennkammer und der Gefahr der Schlackebildung.

Ist aber mit der Bauform eines VIGAS mit normalem Holz schlecht zu erreichen.

Streitfrage mit/ohne Lambdasonde

Mein HV ist mit 14,9 kW angegeben, wurde aber auch gleichzeitig als 25 kW HV verkauft. Das geht eigentlich nicht, entweder man hat eine Heizfläche mit einer vernünftigen Abgastemperatur für 14 kW oder für 25 kW.

Holt man aus einem 14 kW HV 25kW heraus muss zwangsläufig die Abgastemperatur steigen.

Im Klartext : Viele von den auf dem Markt befindlichen HV haben eine recht knapp bemessene Heizfläche.

Dazu benötigt eine Holzverbrennung zur Verbrennung die 3 T's : Temperatur, Time, Turbulenz.

Jetzt könnte man einen schön gemauerten großen Brennraum bauen (wie ein gemauerten Ofen, auch Grundofen) dann verbrennt das Holz schon fast alleine, dazu würde man evtl. auch keine Sekundärluft benötigen.

Einen schönen gemauerten Brennraum hat man aber nicht in einem HV, was tun?

Noch einmal: Das Funktionsprinzip eines HV :

Man gibt Primärluft in einen Vergasungsraum zum vorhandenen, brennenden Brennstoff und drückt das brennende Gas durch eine Düse. Danach mischt man in dieser Düse das Brenngas zusätzlich mit Sekundärluft und verbrennt damit auf einen gewünschten Rest-O₂.

Das erzeugte Holzgas, vor Zugabe von Sekundärluft, ist abhängig einmal vom Brennstoff (Holz ist nicht gleich Holz!) und weiter von der zugeführten Primärluftmenge.

Dabei wird die Holzgasproduktion durch einen "Selbstregelungseffekt" konstant gehalten, je mehr Primärluft pro Zeiteinheit zugeführt wird, je mehr Holzgas wird produziert, umgekehrt geht das genauso.

Man hat aber damit bei einem HV keinen Einfluss über die Zugabe der Primärluft auf den benötigten Luftüberschuss um das erzeugte Gas vollständig zu verbrennen, wie z.B. bei einer bisher üblichen Rostverbrennung mit Obenabbrand.

Dabei bildet sich in dieser Brennphase ein Gasgemisch, obwohl schon brennend, von unter Lambda₁. **Auch wird in der Brennkammer schon ein Teil der erzeugten Wärme an die wassergekühlten Wände des HV abgegeben. Das verringert die entstehenden Brennraumtemperaturen zur Brenndüse hin.**

Aus diesem Grund gehen viele Hersteller von HV her und hängen die Heizflächen mit Blechen ab um eine höhere Verbrennungstemperatur zu erreichen. Eine höhere Verbrennungstemperatur bewirkt, bis zu einem bestimmten Punkt, eine bessere Verbrennung.

Zu hohe Temperaturen (> 1050....1100°C, abhängig vom Segmentgehalt im Holz) zerstören wieder die Brennraumkeramik und sind damit nicht zu empfehlen.

Damit hat man noch recht viel CO, also Unverbranntes, in dem Brenngas zur Düse. Dies zeigt sich oft durch eine leicht blaue, nach Holzteer riechenden Rauchgasfahne .

Dagegen muss man noch etwas tun, man muss das erzeugte, teilverbrannte Gas zu einer sauberen Verbrennung bringen.

Dieses teilverbrannte Gas wird durch Zugabe von Sekundärluft zur Nachverbrennung angeregt.

Um diese Sekundärluft am Verbrennungsprozess teilnehmen zu lassen benötigt man wieder Temperatur, Turbulenz und Time.

Sind die 3 „T's“ nicht mehr da, geht das schief.

Dazu kommt noch, das dieser Bedarf an Sekundärluft NICHT über den gesamten Abbrandzeitraum gleich groß ist und sehr unterschiedlich anfällt.

Die Frage ist jetzt, wie kann man den Sekundärluftanteil bei einem HV so anpassen das ein optimaler Wirkungsgrad gefahren werden kann, um damit den Anteil des Unverbranntem im Rauchgas optimal zur Verbrennung und damit zur Wärmegegewinnung zu nutzen.

Jetzt kommt die O2 Sonde zum Einsatz und setzt die Sekundärluft nach dem Rest-O2 Gehalt im Rauchgas gezielt ein.

Dazu sollte aber IMMER eine Breitbandsonde (z.B. Bosch LSU4) und keine Sprungsonde (LSU1) zur Anwendung kommen!

Je niedriger der O2 Gehalt, je besser wird der Wirkungsgrad, aber nur bis zu einem bestimmten Wert, dann schlägt die Verbrennung um.

Diesen Punkt muss man während der gesamten Brennzeit dauerhaft überschreiten bzw. auf einem Restsauerstoffwert einstellen welcher über diesem Wert liegt.

Ein optimaler Mindest-O2 Wert muss durch mehrmaliges Messen in Verbindung mit dem CO-Gehalt im Rauchgas ermittelt werden. (Liegt bei einem HV in einem Bereich von 2...6Vol.%O2)

Der CO Gehalt im Rauchgas ist eine Maß für das im Rauchgas enthaltene Unverbrannte. Je höher dieser Wert ist, je schlechter die Verbrennung, je mehr Unverbranntes geht durch den Schornstein.

Diesen ermittelten O2-Wert kann man über eine elektronische Regelung (PID-Regler) mit der Zugabe der Sekundärluft beeinflussen und man hat damit über den gesamten Verbrennungsprozess eine optimale Ausnutzung des Brennstoffes.

Natürlich kann man auch die Primärluft nur nach der Abgastemperatur und der Vorlauftemperatur regeln und gibt die Sekundärluft als Festwert (konstanter Wert) dazu.

Dann hat man immer zu viel oder zu wenig Sekundärluft je nach Verbrennungsfortschritt.

Das wieder ist in beiden Richtungen Wirkungsgradverlust, auch wird es zu Überschreitungen der vom Gesetzgeber geforderten Einhaltung der Grenzwerte kommen können.

Berechnung Bezugs-O2

Ein weiterer Punkt zum Einhalten eines möglichst optimalen und damit niedrigen O2-Gehaltes ist die Art der Berechnung der Emissionen (vom Gesetzgeber aus einzuhaltende Grenzwerte während der Verbrennung)

Hier wird immer der z.B. gemessene CO Wert auf einen „Bezugs O2“, bei Anlagen bis 50kW in der Regel 13Vol%O2, gerechnet.

Formel dazu: $CO_{\text{gerechnet}} = (21 - O2_{\text{Bezug}} / (21 - O2_{\text{gemessen}})) * CO_{\text{gemessen}} [\text{ppm}] * 1,25$

Man will mit der Umrechnung erreichen, dass die Messungen nicht durch „Verdünnung“, da ja pro Nm³ gerechnet wird, auf gute Werte gebracht werden kann.

Im Moment (2014) muss man 100mg Staub und 1000mg CO pro Nm³ einhalten.

Ab dem 1.1.2015 gilt 20mg Staub und 400mg CO pro Nm³ als Grenzwert.

Als Beispiel:

2000mg/Nm³CO gemessen (eigentlich um 1000mg/Nm³ zu hoher Wert) bei 4%O2 ergibt eine Anrechnung von 941mg CO/Nm³ und ist damit noch bis 2014 zugelassen.

Schlussbetrachtung:

Man benötigt damit bei einer Verbrennung mit einem HV IMMER Sekundärluft aber nicht unbedingt eine Lambdaregelung.

Ohne Lambdaregelung handelt man sich damit aber höhere O2 Werte über die gesamte Verbrennungsdauer ein da man ja die Sekundärluft für den höchsten/mittleren Bedarf einstellen muss.

Für eine Lambdaregelung spricht auch die Rechnung der Schadstoffwerte auf den Bezugs-O₂.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist der eigentlich immer zu knappe Ausbrandraum (Erinnerung an die 3 T's). Ein ständig niedriger O₂, damit höhere Brenntemperatur, hilft einen zu kleinen Brennraum aus zu gleichen.

FAZIT: Ein HV sollte möglichst immer mit einer Lambdaregelung ausgerüstet sein/werden!

Das wiederum muss jeder für sich beim Kauf oder Umbau einer Anlage selbst entscheiden. Die letzte Aussage wird beim Messen der Schornsteinfeger haben.

Wenn ich das bei mir einmal grob überschlagen sollte, schätze ich einmal 10...15% weniger Brennstoff beim Einsatz einer O₂ Sonde. (kann ich aber nicht durch eine richterliche überprüfbare Messung belegen, Holz wurde über eine Zeitspanne gewogen und die Ladezeit der Speicher bei gleicher Außentemperatur gemessen).

Genau da ist der Einsatzpunkt wo sich wieder eine Sonde, zu den heutigen Preisen lohnt. Einhaltung der geforderten Grenzwerte über den gesamten Abbrand und dabei auch noch Einsparung von Brennstoff.

O₂/CO Regelung einer Holzvergaserfeuerung

Bis jetzt gibt es ja die unterschiedliche Meinung nach welchen Kriterien man eine Holzfeuerung regeln kann/muss.

Holz besteht bis zu 80% aus flüchtigen Bestandteilen welche bei Temperaturen über 200...300°C frei werden

Die Verbrennung dieser Gase sollte in einem ungekühlten Raum erfolgen und die Wärme erst nach vollständiger Verbrennung an das Heizmedium (Wasser) abgegeben werden.

Zur Verbrennung der Holzgase wird Temperatur (>800°C), Raum (ergibt sich durch Leistung und Zeit) und Zeit (Ausbrandzeit im Idealfall ca. 4...5Sec.) benötigt.

Genau wie bei Öl oder Gas muss die Luftzugabe im Luftüberschuß (Lambdawert >1) erfolgen. Je feiner man den Brennstoff zerstäuben kann umso niedriger kann man den Luftüberschuß fahren. Bei Öl/Gas kann man unter Lambda 1,1 gehen (aber immer über 1,0).

Bei Holzverbrennung in einem HV wird je nach Heizwert und Feuerungsbauart der Wert um 1,3 (ca. 4,8 Vol% O₂) und höher liegen. (Einschränkungen siehe unten) Für den Normalbetrieb sollte man wegen der ständigen Änderung der Ausgasung des Brennstoffes Holz von dem möglichen tiefsten O₂ Wert etwas Abstand nach oben halten. Messungen des Schornsteinfegers gegenüber Messungen mit einer Lambdasonde liegen etwa 1...3Vol.% höher wegen der vorhandenen Feuchte im Rauchgas.

Geht man tiefer mit dem Lambda-Wert wird es irgendwann einen sprunghaften Anstieg von CO geben. Steigert man den Lambdawert wird der CO Gehalt in einem bestimmten Lambdabereich gleich bleiben und dann wieder ab einem zu hohen Lambdawert wieder stark ansteigen. (Die Verbrennungstemperatur ist dabei unter die sichere Zündtemperatur von CO gefallen)

Wie man aus der obigen Erklärung ersehen kann steigt der CO bei steigendem und bei sinkendem Lambdawert. Damit ist der CO Wert allein zum Regeln nicht geeignet.

Eine Regelung nach dem Rest-O₂-Gehalt im Rauchgas ist dagegen eine eindeutige Aussage.

Der von mir einmal genannte Wert von 5...6Vol.% O₂ als Sollwert für eine O₂ Regelung bei HV ist nicht fest geschrieben sondern kommt aus der Überlegung das man für einen guten Wirkungsgrad einen möglichst geringen Luftüberschuß fahren sollte.

Natürlich mit der Einschränkung dabei einen möglichst niedrigen CO zu fahren gleichzeitig aber die Feuerraumtemperatur nicht in einem Bereich der Schlackebildung zu bringen.

Jetzt kann man natürlich überlegen wie man die Feuerraumtemperatur und den CO Gehalt in eine O₂ Regelung zusätzlich als Korrektur einbinden könnte.

Wird bei Industrieanlagen auch praktiziert, ist aber vom Regelungsaufwand recht hoch da ja eine O₂ Regelung alleine schon ausreicht um in einem vorgegebenen Verbrennungsraum eine dazu optimale Verbrennung zu erreichen (CO-Korrektur an Industriefeuerungen liegen bei Verbesserungen von 0,5...1%). Eine Verbesserung des CO-Wertes erreicht man aber auch durch baulichen Umbau der Feuerung.

Wichtig beim Kauf/Umbau eines Holzvergaser ist :

- Die Trennung und getrennte Regelung von Sekundär- und Primärluft.
- Regelung der Sekundärluft über Rest-O₂-Gehalt im Rauchgas.
- Ausbrand der Feuerungsgase in einem „heißen“ Raum vor Abgabe der Wärme an die Heizflächen.