

Emissionsminderungsratschläge bei mittleren und großen Feststoffverbrennungsanlagen

Wilhelm GLASER, Dipl.-Ing. Dr.techn., Jahrgang 1952, Studium des Wirtschaftsingenieurwesens für Maschinenbau an der TU Graz, Wahlrichtung Verfahrenstechnik. Promotion als Assistent bei o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Josef Wohinz. Betraut mit dem Aufbau eines Meßlabors für Arbeitsplatzkonzentrationen. Industriepraxis in der Papier- und Schuhindustrie; Zivilingenieurbüro in Wels seit 1985; Abgasanalysen, Beratung und Projektierung von hackgutbefeuerten Zentral- und Fernheizwerken. Unterricht an der HTBL Wels für Maschinenbau und chemische Betriebschnik.

Erkenntnisse über Konstruktion und Betrieb von Hackgutverbrennungsanlagen haben durch die Bereitstellung genauer Meßgeräte und unter Einsatz von PC in den letzten Jahren bedeutend zugenommen. Jene Möglichkeiten zur Schadstoffminderung an bestehenden Anlagen, welche durch geringen konstruktiven Aufwand oder nur durch Einstellungsoptimierungen im Betrieb bewirkt werden (geringe Kosten) sollen hier erläutert werden.

I. Einführung

Feststoffheizkessel für Gewerbebetriebe, insbesondere Tischlereien oder Sägewerke sowie besonders zur Fernwärmeerzeugung sind in Österreich stark zunehmend. Dabei genießen biogene Brennstoffe wie Holz, Stroh und diverse Nebenprodukte große Vorteile, weil sie überlegen geringe Kosten verursachen und volkswirtschaftliches Vermögen sparen.

Doch wer kennt nicht die rauchenden Kamine des Hausbrandes, speziell in der Anheizphase? Wie schädlich sind die Emissionen und vor allem, wie können diese vermieden werden oder derart verringert, daß sie zum einen den Nachbarn nicht stören, zum anderen die Ressourcen des heranwachsenden Brennstoffes nicht gefährden, somit gesetzliche Bedingungen (DKEG, Forstgesetz, Gewerbeordnung) einhalten.

Obwohl die Emissionen an Staub und Kohlenmonoxid im Vergleich mit anderen Brennstoffen nicht gefährlich sind^[1], können diese jedoch für die unmittelbare Nachbarschaft sowie für den Betreiber sehr störend sein. Deshalb sollen Maßnahmen schon bei Konstruktion, aber auch bei Betrieb einer Anlage gesetzt werden, welche die Entstehung der Emissionen verhindern oder verringern, noch bevor durch Filter eine Abgasreinigung erfolgt.

II. Theoretische Voraussetzungen

1. Der Verbrennungsvorgang

Die Verbrennung von biogenen Stoffen wird in drei Phasen gegliedert^[3]:

- Erwärmung und Trocknung
- Verflüssigung, Vergasung und thermische Zersetzung
- Verbrennung

a) Erwärmung und Trocknung

Die Erwärmung des Brennstoffes erfolgt von außen nach innen und setzt in dieser Folge die Trocknung fest. Nachdem die Wärmeleitfähigkeit von Holz mit ca. 0,2 W/mK sehr gering ist, erfolgt der Prozeß langsam. Während sich äußere Schichten des Brennstoffes schon thermisch zersetzen, werden innenliegende Schichten erst erwärmt und entwässert. Erwärmung und Entwässerung (Verdampfung) entziehen Wärme und mindern so die Verbrennungstemperatur (endotherm).

b) Verflüssigung und Vergasung

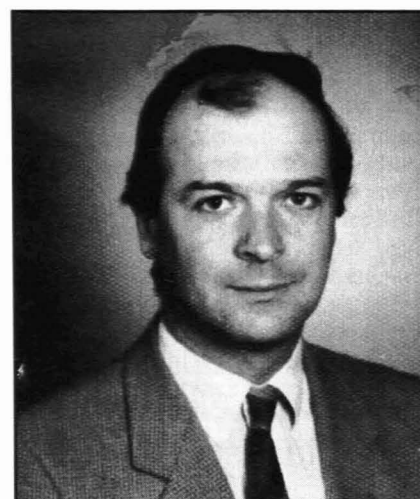
Bei einer Temperatur von ca. 50°C beginnt Zellulose, der Hauptbestandteil des Holzes, zu entweichen. Bei Temperaturen von ca. 110 °C beginnt der Vergasungsprozeß. Die Thermoanalyse zeigt diesen Vorgang der wechselnd endotherm und exotherm verläuft^[4]. Als Gas entsteht durch thermische Zersetzung im wesentlichen Lävoglucosan.

c) Verbrennung

Der Verbrennungsprozeß bei Holz ist durch zwei Besonderheiten gekennzeichnet:

- Holz besitzt einen hohen Sauerstoffanteil. Deshalb ist eine relativ geringe Luftbeimengung nötig. Holz brennt bereits bei geringer Luftzufuhr.
- Die Vergasungsprodukte (Schwelgase) benötigen hohe Verweildauer zur Verbrennung. Die Verbrennung erfolgt langflammig.

Daraus läßt sich die aus praktischer Meßerfahrung gemachte Erkenntnis erklären, daß bei Zugabe von Primärluft (Luft zum Glutstock) und Sekundärluft



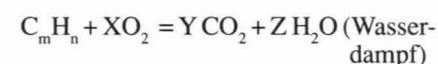
(Oberluft - Luft zur Flamme) im wesentlichen Sekundärluft (60 - 80 %) und nur geringe Mengen Primärluft (20 - 40 %) notwendig sind. Der hohe Sauerstoffanteil des Holzes erfordert in der Primärphase eine geringe Primärluftzufuhr.

III. Technische Möglichkeiten der Emissionsminderung bei bestehenden Anlagen

1. Der Brennstoff

Aufbereitung und Lagerung des Brennstoffes ist einer der bedeutendsten Faktoren für die Staubemission. Dabei ist insbesondere auf die Feuchtigkeit des Brennstoffes Holz zu achten und auf die Größe der Körnung und deren Korngrößenverteilung.

Ein Feuchtigkeitsgehalt bis max. 35 % (Masseanteil) ist erfahrungsgemäß von geringer Relevanz für die Verbrennung und Emission. Dies deshalb, weil durch den hohen flüchtigen Kohlenwasserstoffgehalt des Holzes sich Wasserdampf aus der Reaktion



bildet.

Dieser Wasserdampf verbraucht Verdampfungswärme (die sich durch Oxidation $2H_2$ mit O_2 bildet), die bis zum genannten Massenanteil von 35 % Wasser die Verbrennungstemperatur stärker beeinflusst als das gebundene Wasser im Holz. Feuchtigkeiten über das genannte Maß hinaus jedoch entziehen der Verbrennung negativ beeinflussend viel Wärme.

Weiters hat die Größe der Späne Einfluß auf Verbrennung und das Emissionsverhalten. Späne mit großen Oberflächen/Volumenverhältnissen unterliegen einer



größerer Erwärmungs- und Trocknungsgeschwindigkeit und damit rascheren Verflüssigung und Vergasung. Die dabei auftretenden höheren Verbrennungstemperaturen verbessern die Verbrennung und bewirken geringere Emissionen. Die thermische Zersetzung setzt früher ein, die Verbrennung erfolgt kurzflämmiger, der Primärluftbedarf wird größer gegenüber dem Sekundärluftbedarf.

Beachtung sollte in diesem Zusammenhang die Korngrößenverteilung finden. Gleiche Korngrößen im Brennstoff ermöglichen eine auf die entsprechende Korngröße passende Luftregelung (Primär-, Sekundärbedarf). Liegen jedoch Staubeile vor, so können diese durch den hohen Primärluftbedarf der Hackschnitzel aufgewirbelt werden und hohe Staubemission bewirken.

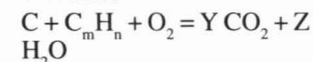
Größere Oberflächen Volumenverhältnisse sind erreichbar:

1. Durch kleinere Späne doch nicht unter ca. 3 mm Durchmesser. Späne unter 3 mm neigen zur Bildung von Flugasche und erhöhen somit die Staubemission.
2. Durch geschieferte Späne Geordnete Zerkleinerung wird durch Zerhacker gewährleistet, nicht durch neuerdings auf den Markt kommende billigere Zermahler. **Hackgut weist das für die Regelbarkeit der Verbrennung günstigste Oberflächen-Volumen-Verhältnis auf.**

2. Die Verbrennung - Luftüberschuß

Der Luftüberschuß ist das Verhältnis von tatsächlicher Luftmenge zu stöchiometrischer Luftmenge. Stöchiometrische Luftmenge bestimmt sich aus dem Reaktionsbedarf an O₂ mit den Kohlenstoffen und Wasserstoffen.

Brennstoff + Luft = Abgase + Wärme



Tatsächlich jedoch muß mehr Luft eingeblasen werden, um vollständige Verbrennung zu erhalten, sogenannter Luftüberschuß. Damit ist auch beim Abgas O₂ frei vorhanden, welches bei der Verbrennung nicht reagiert hat.

Es ist jedoch falsch zu glauben, daß ein höherer Luftüberschuß die Verbrennung immer verbessert. Der CO-Bildungsmechanismus zeigt, daß infolge zu hoher Luftmengen die Verbrennungstemperatur verringert wird und dadurch die Verbrennung von Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid verlangsamt bzw. unterbunden wird.

Die richtige Menge an Luftüberschuß und deren Aufteilung auf Primär- und Sekundärluft ist stark abhängig von der Brennkammerbauweise, der Anordnung der Sekundärluftzuführung (oben eingeblasene Luft) sowie von der Brennstoffaufbereitung. Diese Optimaleinstellung der Luftmengen kann nur experimentell erfolgen. Dabei wurde von Servicetechnikern über die Beobachtung

des Flammenbildes sowie des Rauchbildes die Luftmenge eingestellt. Nachdem diese Methode häufig nicht zu befriedigenden Ergebnissen führt, wurde von uns ein System der computerunterstützten Verbrennungsoptimierung (CVO) entwickelt, welches sich genauer Meßmethoden und statistischer Auswertungen über PC bedient und vor Ort die Optimaleinstellung erarbeitet und durchführt.

Die Optimierung verläuft dabei entsprechend einem Regelkreismodell. Die wesentliche Regelgröße ist die Kohlenmonoxidkonzentration, Stellgrößen sind Primärluftmenge und Sekundärluftmenge.

Die Stellgrößen werden variiert und die dabei auftretenden Regelgrößen über



Vor dem Hintergrund unseres erfolgreichen Industrieunternehmens entsteht im Großraum Salzburg, als Tochterunternehmung geführt, unser Innovationszentrum. Mit diesem werden innovativen High-Techfirmen neuartige Dienstleistungen innerhalb einer optimalen Infrastruktur angeboten.

Zur Verwirklichung dieser ehrgeizigen Ziele fehlt uns ein versierter

MARKETING-MANAGER

der den Bereich Marketing im neugegründeten Unternehmen aufbaut und an der Entwicklung von Unternehmensstrategien beteiligt sein wird. Neben entsprechender PR-Arbeit und dem Knüpfen von Kontakten in der Innovationsszene bildet die Erarbeitung von Marketingkonzepten sowie die Beurteilung der Businesspläne der betreuten Firmen einen wesentlichen Aufgabenschwerpunkt.

Als ideale Voraussetzung für diese herausfordernde Position sehen wir Erfahrungen im Marketing oder Produktmanagement in der Investitionsgüterbranche oder auf dem Gebiet technischer Gebrauchsgüter und fundierte kaufmännische Ausbildung mit technischem Hintergrund.

Teamgeist, Kontaktfreude, Eigeninitiative, Kreativität und unternehmerisches Denken sollten die fachliche Kompetenz ergänzen.

Die Position ist entsprechend ihrer Bedeutung dotiert und bietet ein großes Maß an Selbständigkeit und Gestaltungsfreiraum in einem im Aufbau befindlichen Unternehmen.

Ihre Bewerbung mit den üblichen Unterlagen wie Zeugniskopien und Lebenslauf richten Sie bitte an Herrn Dr. Manfred Magnus, Postfach 131, 5400 Hallein. Absolute Diskretion sichern wir zu.

EMCO MAIER Ges.m.b.H. · Tel. 0 62 45/25 81-0 · Postf. 131 · A-5400 Hallein



Meßgerät und PC aufgenommen. Nach Abschluß dieser Datenaufnahme wird vor Ort in einem automatischen EDV-Lauf statistisch ausgewertet und das Ergebnis graphisch dargestellt.

Entsprechend dem CO-Bildungsmechanismus, wie oben beschrieben, ist sowohl bei Primärluft als auch bei Sekundärluft (Unterluft/Oberluft) eine Einstellung zu erwarten, welche optimal ist, somit geringste Kohlenmonoxidemission bewirkt. Es ist nicht erstaunlich, daß bei derselben Einstellung auch höchste Wirkungsgrade der Feuerung auftreten.

Im Rahmen eines durch das WIFI-Linz 1987/88 durchgeführten Programms konnte die CVO-Computerunterstützte Verbrennungsoptimierung an ca. 20 Tischlereiheizungen von 100 kW bis 2 MW eingesetzt werden. Dabei ergaben sich Wirkungsgradsteigerungen von bis zu 17 % durchschnittlich 6 % sowie durchschnittliche Emissionsminderungen an Kohlenmonoxid auf 35 % der Anfangswerte und an Staub auf die Hälfte der Anfangswerte.

Die CVO-Computerunterstützte Verbrennungsoptimierung gewährleistet höchsten Wirkungsgrad und geringste Emissionen.

3. Die Verbrennung - Brennraumgestaltung

Für Anwender von Heizanlagen ist die Brennraumgestaltung wenig beeinflussbar. Mit nachträglichen Einbauten lassen sich durchaus Verbesserungen erwarten.

Allerdings ist für nachträgliche Einbauten die Wirtschaftlichkeit von Bedeutung, insbesondere im Vergleich zu ei-

ner Neuanschaffung. Ventilatorenwechsel, automatisierte kontinuierliche Brennstoffzufuhr und sogar Einbau eines Domes (Kuppel im Brennraum) sind aber durchaus erfolgreiche Maßnahmen zur Emissionsminderung an bestehenden Anlagen. Üblicherweise sind die Maßnahmen infolge der speziellen Gegebenheiten von Brennstoff, Anlagen und Betriebsbedingungen anwenderspezifisch zu setzen.

Vor der Investition einer Hackgutheizanlage sollte der Rat eines unabhängigen Fachmannes eingeholt werden.

4. Betriebsbedingungen

Als Betriebsbedingungen werden festgelegt:

- a) Heizung mit Spänezufuhr
- b) Nachheizen ohne Spänezufuhr
- c) Ruhen mit Glutstock
- d) Anheizphase
- e) Verlöschen des Glutstockes

Die Zeitdauer und Häufigkeit der Betriebsbedingungen ist weitgehend vom Betriebsgeschehen (zugeschaltete Abnehmer) und von der Auslegung der Anlage abhängig. Beide Faktoren sind fast nur in der Planungsphase und wenig danach beeinflussbar. Das Emissionsverhalten der Betriebsbedingungen ist sehr unterschiedlich, doch zeigt sich, daß Nachbarschaftsbeschwerden vielfach in Phase c, d und e auftreten, also nicht bei Heizbetrieb. Dies ist verständlich, da in diesen Phasen gewöhnlich mind. um 1 Grad höhere Grauwerte der Rauchfahne (nach Ringelmann) auftreten als in der eigentlichen Heizphase.

Auch die CO-Konzentration im Rauchgas steigt in Phase c.

Die Konzentration der Kohlenmonoxide im Abgas steigt bis zu 40 min. Dauer der Ruhephase mit Glutstock, NOx und Temperatur nehmen stetig ab.

Demgegenüber tritt in Phase c und e ein um mindestens bis zum 10-fachen niedrigerer Volumenstrom der Emission auf, so daß trotz höherer Konzentration an Schadstoffen (Ruß und CO) eine geringere Schadstoffemission erfolgt.

Abhilfe gegen Immissionsbelastungen der Nachbarn bei Ruhen mit Glutstock ergibt sich durch:

1. Nachheizung ohne Spänezufuhr: Luftzufuhr ohne Spänezufuhr ist jedoch nur so lange möglich, solange der Wärmeträger Wasser nicht überhitzt wird. Zudem ist die Zeit der Nachverbrennung dadurch limitiert, daß der Glutstock genügend Temperatur für eine emissionsarme Anheizphase benötigt.
2. Öffnen einer Luftzufuhrschleuse im Abgaskanal und eventuell Weiterbetreiben eines Abluftventilators. Dadurch wird der Volumenstrom erhöht und die Immissionsbelastung verringert. Zudem wird die Versottung des Schlottes vermieden.

Literatur

- [1] BM für Handel, Gewerbe und Industrie: Energiebericht 1986 der österreichischen Bundesregierung, Wien 1986.
- [2] Interuniversitäres Forschungsinstitut für Fernstudien: Monatsblatt Juni 1989, Klagenfurt 1989.
- [3] HEUBRANDNER, P.; SCHAUP, P.; STREICHER, W.: Zentralbeheizung einer Siedlung mit Holzabfällen (Biomasse), Wohnbauforschungsprojekt F 730, Graz, 1985.
- [4] SCHMID, A.; BAUER, H.: Studie Betriebsanalyse einer automatischen Holzschnitzelfeuerung «Projekt Hafendorf»; Institut für Verfahrenstechnik und Technologie der Brennstoffe, TU Wien 1983.

