

Holzverbrennung und Feinstaub

Staubabscheidesysteme, Vollzugsfragen und begleitende Massnahmen

Zusammenfassung der Präsentation

Grundlagen und Emissionsfaktoren

Thomas Nussbaumer, Verenum Zürich und Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Der Beitrag behandelt die Grundlagen der Holzverbrennung. Es wird gezeigt, dass zur Erreichung einer vollständigen Verbrennung eine hohe Temperatur, ein optimaler Luftüberschuss, eine gute Vermischung zwischen brennbaren Gasen und Luft sowie eine ausreichende Verweilzeit in der Nachbrennkammer notwendig sind. Bei einfachen Feuerungen ist eine optimale Bedienung der Feuerung Voraussetzung dafür, dass diese Bedingungen möglichst gut erreicht werden. So können zum Beispiel die Emissionen der Startphase mit noch kalter Feuerung durch Anfeuern von oben reduziert werden. In modernen Stückholzkesseln und automatischen Feuerungen kommt zur Erreichung guter Bedingungen das Prinzip der zweistufigen Verbrennung über Vergasung und anschliessende Gasphasen-Oxidation mit Sekundärluft zum Einsatz. Es wird gezeigt, dass auch hier die Startphase vor allem für organische Schadstoffemissionen entscheidend ist.

Im typischen Anlagenbetrieb von Holzfeuerungen können drei Verbrennungsregimes auftreten. Bei kalter Feuerung, zu tiefer Verbrennungstemperatur infolge von nassem Holz oder sehr hohem Luftüberschuss treten hohe Emissionen an kondensierbaren organischen Verbindungen (Condensable Organic Compounds, COC, auch Teer genannt) auf. Bei hoher Temperatur und idealem Luftüberschuss verläuft die Verbrennung nahezu vollständig, so dass vor allem salzartige Verbindungen aus der Asche zu Feinstaub führen. Wenn in der heissen Flamme Zonen mit Luftmangel auftreten, wird aus organischen Vorläufersubstanzen Russ synthetisiert, der auch durch schlagartige Flammenkühlung im Abgas auftreten kann. Im Praxisbetrieb gilt es, die Phasen unvollständiger Verbrennung zu vermeiden oder kurz zu halten, da Russ und COC als Produkte unvollständiger Verbrennung (Products of Incomplete Combustion, PIC) ein hohes Gesundheitschädigungspotenzial aufweisen.

Durch Analysen von Abgas, Staub und Kondensat werden die Konversion von Kohlenstoff während der Verbrennung beschrieben und die nachfolgende Umwandlung in der Atmosphäre abgeschätzt. Während Russ in der Atmosphäre als schwarzer Kohlenstoff (Black Carbon, BC) in Erscheinung tritt, trägt COC zur organischen Belastung an Brown carbon bei. Zusätzlich wirkt ein Teil der im Abgas flüchtig vorliegenden organischen Verbindungen (VOC) als Vorläufer zur Bildung von sekundären organischen Aerosolen (SOA) in der Atmosphäre. In einigen Testreihen wurden die Konversionsraten des Kohlenstoffs zu den einzelnen Fraktionen bei handbeschickten Holzfeuerungen bestimmt. Da COC bei tiefen Verbrennungstemperaturen erheblich zum Feinstaub beiträgt, ist zur Beurteilung der Umweltrelevanz von Kleinfeuerungen entscheidend, nebst dem Staub (TSP), der COC nur teilweise erfasst, zusätzlich die im heissen Abgas vorliegenden VOC zu berücksichtigen, die teilweise bei Abkühlung kondensieren und teilweise als Vorläufer zu SOA wirken. Dies kann zum Beispiel durch einen Summenparameter an VOC im heissen Abgas erfolgen, wobei die Aufteilung in Methan und Nicht-Methan zu beachten ist und dazu ebenfalls typische Faktoren ausgewiesen werden.

Auf der Basis von Prüfstandsmessungen und Emissionsmessungen unter Praxisbedingungen wurden die Emissionsfaktoren von Holzfeuerungen zu Handen des BAFU neu abgeschätzt. Dabei wurde berücksichtigt, dass die Prüfstandsmessungen die Praxisemissionen an Russ und COC oft unterschätzen. Zudem wurde die Aufteilung von VOC in Methan und NMVOC aufgrund eigener Messungen angepasst, wobei der Anteil NMVOC von 25% auf 60% mehr als verdoppelt wurde. Daraus wird abgeleitet, dass der Beitrag der Holzfeuerungen zum organischen Feinstaub bis anhin deutlich unterschätzt wurde. Dies deckt sich mit hohen beobachteten organischen Anteilen aus Holz in der Umgebungsluft, die in Messreihen des PSI gefunden wurden.

Für den Vollzug werden die Möglichkeiten der Feinstaubmessung bei Holzfeuerungen verglichen und ausserdem die in Frage kommenden Anordnungen für Klein-Elektroabscheider beschrieben. Für au-

Holzverbrennung und Feinstaub

Staubabscheidesysteme, Vollzugsfragen und begleitende Massnahmen

tomatische Holzfeuerungen, die aufgrund der verschärften Emissionsgrenzwerte meist mit Elektroabscheidern ausgerüstet werden, wird eine Überwachung der Betriebsdaten empfohlen, anhand derer ohne kontinuierliche Messung des Staubs die Jahresfracht an Staub rechnerisch abgeschätzt werden kann. Für das Verfahren wird eine Pilotphase mit Etablierung der Methodik in der Praxis vorgeschlagen und für den Vollzug folgende Schlussfolgerungen abgeleitet:

1. Russ, COC und VOC (als SOA-Precursor) sind als „Products of Incomplete Combustion“ (PIC) besonders umweltrelevant.
2. Für PIC ist der Anlagenbetrieb wesentlich (nicht nur aber vor allem bei Kleinf Feuerungen).
3. Die heutige Typenprüfung bildet nicht den realen Praxisbetrieb ab.
4. Eine Zertifizierung von Feuerung und Abscheider genügt deshalb nicht.
5. Kontrollen mit Staubmessung oder Staub-Indikatoren sind notwendig.
6. Dazu ist eine Messung gemäss Grenzwerten in mg/m^3 nötig oder mit Messungen, welche die Grenzwerte abbilden. Allfällige Alternativen zur gravimetrischen Staubmessung sollten:
 - einfach(er), reproduzierbar sowie in Prüflabor *und* Praxis anwendbar sein und
 - nur als europäischer Standard eingeführt werden.Dabei ist zu beachten:
 - Zählende Verfahren allein erfassen TSP und den (Massen-)Abscheidegrad nicht
 - Messungen in einem verdünntem Teilstrom erfassen die Grobpartikel nicht.
7. Zusätzlich zum Staub sind Indikator(en) für COC und SOA sinnvoll, insbesondere:
 - VOC- oder NMVOC, welche die Summe von COC und SOA erfassen.
 - Eine Verdünnung des Gesamtstroms allein erfasst COC, jedoch ohne VOC als SOA-Vorläufer.
8. Für Anlagen mit Feinstaubabscheider gilt:
 - > 70 kW: Eine Überwachung des Betriebs wird vorgeschlagen, die Methodik ist in der Praxis einzuführen.
 - < 70 kW: Die Überwachungsmöglichkeiten sind eingeschränkt und zu prüfen.
9. Für Kleinanlagen ohne Abscheider kann CO als Indikator für PIC für die Startphase dienen (einfach, billig).
10. Sehr einfache Kontrollen sind nicht absehbar.