

Feinstaubabscheider: Wirkung und Kosten

Im Aktionsplan des Bundes ist die Einführung verschärfter Emissionsgrenzwerte vorgesehen, welche den Einsatz von Feinstaubabscheidern vorerst für grössere automatische Anlagen ab 1 Megawatt (MW) und zeitlich verzögert auch für kleinere Anlagen erforderlich macht. Zur Feinstaubabscheidung für Anlagen zwischen 100 Kilowatt (kW) und 2 MW kommen sowohl Elektroabscheider als auch Gewebefilter in Frage. Der Beitrag zeigt auf, mit welchen Kosten zur Feinstaubabscheidung von 100 kW bis 2 MW zu rechnen ist. Im Weiteren werden der Stand der Technik beurteilt.

VON THOMAS NUSSBAUMER

In der Schweiz gilt für Holzfeuerungen bis 5 MW derzeit ein Emissionsgrenzwert nach LRV von 150 Mikrogramm pro Kubikmeter (mg/m^3) sowie ab 5 MW von $50 \text{ mg}/\text{m}^3$. Als Teil des Massnahmenplans zur Feinstaubreduktion des Bundes ist für Anlagen von 1 bis 5 MW ab Mitte 2007 eine Verschärfung des Grenzwerts auf $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ und ab 5 MW auf $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ geplant. Zur Einhaltung dieser Grenzwerte ist in der Regel eine Feinstaubabscheidung erforderlich. Für Anlagen unter 1 MW ist die zeitlich verzögerte Einführung eines Grenzwerts vorgesehen, wobei die untere Leistungsgrenze noch nicht definitiv festgelegt ist und derzeit $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ als Grenzwert vorgeschlagen sind.

Die Verfahren zur Staubabscheidung beruhen auf folgenden Mechanismen (vgl. Bild 1), [2 bis 4]:

- ☞ Fliehkraftabscheidung (Zyklon, Multizyklon)
- ☞ Elektrische Feldkräfte (Trocken- und Nass-Elektroabscheider)
- ☞ Filtration durch Gitterwirkung und Haftkräfte (Gewebe-, Metall-, Schütttschicht- und Keramikfilter)
- ☞ Nassentstaubung, Nasswäscher (Grenzflächenkräfte).

Elektroabscheider werden auch als Elektrofilter bezeichnet. Da die Abscheidung jedoch nicht durch Filtration erfolgt, wird im Beitrag der Begriff Elektroabscheider verwendet. Für automatische Holzfeuerungen kommen hauptsächlich Elektroabscheider und Gewebefilter zum Einsatz. Multizy-

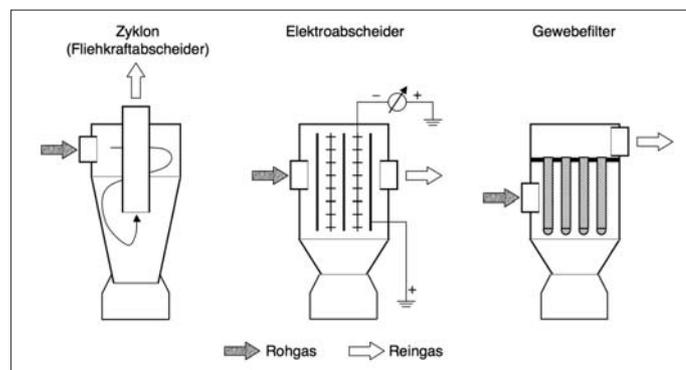


Bild 1: Funktionsprinzip von Zyklon, Elektroabscheider und Gewebefilter.

klone erzielen nur für Partikel über 5 Mikrometer eine Abscheidewirkung von über 50% und ermöglichen bei automatischen Holzfeuerungen in der Regel die Einhaltung des heutigen Grenzwerts von $150 \text{ mg}/\text{m}^3$. Daneben werden Multizyklone oft als Vorabscheider zur Verringerung der Staubfracht und bei Gewebefiltern zum Schutz vor Funken eingesetzt. Bei Elektroabscheidern werden Zyklone eingesetzt, wenn unverbrannte Grobpartikel grösser 5 Mikrometer Abgas enthalten sind, da diese im Elektroabscheider nur unzureichend abgeschieden werden. Nasswäscher und Anlagen zur Abgaskondensation weisen für Partikel aus Holzfeuerungen nur beschränkte Abscheidegrade auf und kommen zur Staubabscheidung meist nur in Kombination mit einem nachgeschalteten Nass-Elektroabscheider zum Einsatz.

Elektroabscheider

Elektroabscheider erzielen sehr hohe Abscheidegrade für Partikel über 1 Mikrometer sowie für solche kleiner 0,1 Mikrometer, während der Abscheidegrad für Korngrössen zwischen rund 0,2 und 0,8 Mikrometer ein Minimum aufweist. Der Gesamtabscheidegrad ist abhängig von der

Spannung und der Gasverweilzeit im Abscheider respektive der spezifischen Abscheidefläche. Bei gegebenem Gasvolumenstrom kann die Abscheidung somit durch Vergrösserung der Abscheidefläche erhöht werden. Für Feinstaub aus Holzfeuerungen werden typische Abscheidegrade in der Grössenordnung von 95% erzielt, während für weit über 99% Abscheidung sehr grosse Abscheideflächen erforderlich wären. Elektroabscheider weisen nur geringe Druckverluste auf, so dass in der Regel der konventionelle Abgasventilator ausreicht. Elektroabscheider sind zudem unempfindlich gegenüber Funken.

Elektroabscheider werden in Platten- oder Röhrenbauweise ausgeführt. Für automatische Holzfeuerungen sind Platten-Elektroabscheider als etablierte Technik verfügbar, welche mit Klopfeinrichtungen periodisch abgereinigt werden. Als Alternative werden Rohrelektroabscheider angeboten, bei denen die Abreinigung durch mechanische Bürsten erfolgt. Eine Sonderbauform bilden Nass-Elektroabscheider, bei welchen die Abreinigung durch einen Flüssigkeitsfilm erfolgt. Bei Trocken-Elektroabscheidern ist eine Taupunktunterschreitung unerwünscht, da sie zu

Thomas Nussbaumer

PD Dr. sc. techn., Hochschule für Technik + Architektur, Luzern, und Ingenieurbüro Verenum, Zürich.

einem Kurzschluss führen kann. Zur Verhinderung von Störungen wird bei Platten-Elektroabscheidern meist eine elektrische Beheizung der aus dem Gasstrom zurückversetzten Isolatoren eingesetzt. Um die Ablagerung klebriger Stäube zu verhindern, besteht zudem die Möglichkeit, die Hochspannung bei Unterschreitung des Taupunkts auszuschalten.

Gewebefilter

Bei Gewebefiltern erfolgt die Abscheidung über eine einzige Filtrationsstufe, über welche in der Regel ein Abscheidegrad von über 99% erzielt wird. Die Durchströmung der Filtrationsstufe führt zu einem grossen Druckverlust, weshalb der Einsatz eines Gewebefilters eine erhöhte Ventilatorleistung mit entsprechendem Energieverbrauch erfordert. Die Staubschicht muss periodisch abgereinigt werden, was mit Druckluft erfolgt und einen zusätzlichen Energieverbrauch verursacht. Die Problematik der Taupunktunterschreitung ist bei Gewebefiltern besonders kritisch, da bereits eine einmalige Unterschreitung durch Aufbau einer klebrigen Schicht zu einer Zerstörung des Filtermaterials führen und hohe Kosten verursachen kann. Zur Vermeidung von Taupunktunterschreitungen werden Gewebefilter für Holzfeuerungen deshalb oft mit einem geregelten Bypass ausgerüstet. Die Freigabetemperatur wird zum Beispiel bei einem Brennstoffwassergehalt von 10% auf 120°C festgelegt oder bei 50% Wassergehalt auf 140°C erhöht. Der Bypassbetrieb kann die Gesamtemissionen in der Praxis deshalb entsprechend erhöhen. Obwohl auch Gewebefilter für Brennstoffwassergehalte von bis zu 50% offeriert werden, wird für Gewebefilter dennoch grundsätzlich der Einsatz von trockenen Brennstoffen empfohlen. Zudem ist besonders auf einen möglichst stationären Betrieb der Feuerungsanlage mit langen Laufzeiten und wenig Anfahrzyklen zu achten.

In Gewebefiltern können auch gasförmige Schadstoffe wie Schwefeldioxid (SO₂) und Chlorwasserstoff (HCl) sowie polychlorierte Dibenzop-Dioxine und Furane (PCDD/F) abgeschieden werden. Für saure Verbindungen wie HCl wird bereits durch die basische Holzasche eine gewisse Abscheidung erzielt, während für eine effiziente Abscheidung Kalk zugegeben werden kann. Eine Kalkzugabe wird teilweise auch zum Aufbau einer schützenden Schicht auf dem Filter vor Inbetriebnahme der Feuerung vorgenommen, was als Precoating bezeichnet wird. Zur Abscheidung von

PCDD/F dient dagegen Herdofenkoks als Sorptionsmittel.

Einsatz bei Holzfeuerungen

Bei einer breiten Einführung von Elektroabscheidern und Gewebefiltern bei automatischen Holzfeuerungen sind folgende Massnahmen zu beachten:

- ☛ Da tiefe Temperaturen zur Freigabe der Feinstaubabscheider vor allem beim Anfahren und bei Teillastbetrieb auftreten, ist ein möglichst stationärer Betrieb der Feuerungsanlagen sicher zu stellen.
- ☛ Die Betriebsarten mit Bypass oder ausgeschalteter Hochspannung sind auf ein Minimum zu beschränken. Für die Genehmigung sollte eine Mindestverfügbarkeit für die Feinstaubabscheidung verlangt und deren Einhaltung kontrolliert werden.
- ☛ Im Weiteren sollten auch die Abreinigung der Feinstaubabscheider und allenfalls der Kessel für den Grenzwert berücksichtigt und während der Abnahmemessung erfasst werden.

Durch diese Massnahmen werden die Anforderungen an die Planung und den Betrieb automatischer Holzfeuerungen erhöht und vor allem für kleinere Anlagen der Betriebsaufwand vergrössert. Erfahrungen von drei Anlagen zeigen jedoch, dass auch für Leistungen unter 1 MW ein zuverlässiger Betrieb mit vertretbarem Betriebsaufwand möglich ist. So waren im Kanton Thurgau während der letzten Heizperiode je eine Anlage mit 250 kW und 550 kW mit Elektroabscheider sowie eine 350-kW-Anlage mit Gewebefilter im Einsatz [1]. Bild 1 zeigt den Aufbau der Abscheider, von welchen Betriebserfahrungen mit Anlagen unter 1 MW vorliegen. Während der Abnahmemessungen wurden für alle drei Anlagen Staubemissionen von unter 5 mg/m³ bei 13 Vol.-% O₂ ausgewiesen.

Wirtschaftlichkeit

Um die Auswirkungen des Zusatzaufwands der Feinstaubabscheidung zu beurteilen, werden die Investitions- und Betriebskosten erfasst und anhand der Annuitätenmethode die Wärmegestehungskosten bestimmt. Die Berechnungen erfolgen für eine Anlagengrösse von 100 kW, 200 kW, 500 kW, 1 MW und 2 MW Nutzwärmeleistung. Als Vergleichsszenario dient zudem die Wärmeerzeugung aus Heizöl. Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich werden typische Energiepreise im Sommer 2006 und übliche Randbedingungen für die Finanzierung angenommen:

- ☛ Für Holz wird ein Endenergiepreis von 5 Rp./kWh angenommen, für Heizöl von 8 Rp./kWh oder rund 80 Franken pro 100 Liter.
 - ☛ Die Kapitalkosten werden mit einem Kalkulationszinssatz von 5% p.a. bestimmt, wobei für die Technik eine Kalkulationsdauer von 15 Jahren und für das Gebäude (inklusive Silo) von 30 Jahren angenommen wird.
 - ☛ Für die Anlage wird ein Betrieb mit 2000 Vollbetriebsstunden pro Jahr angenommen.
 - ☛ Die Investitions- und Betriebskosten der Wärmeerzeugung ohne Feinstaubabscheidung basieren auf einer Erhebung an über 30 Praxisanlagen sowie auf Erfahrungen von der Planung automatischer Holzheizwerke [5, 6]. Die detaillierten Annahmen sind in [1] ausgeführt und gelten für den Fall eines Neubaus bei korrekter Planung der Anlage auf ebenem und erschlossenem Grundstück.
 - ☛ Die Investitions- und Betriebskosten zu den Feinstaubabscheidern basieren auf Informationen von ausgeführten Anlagen sowie auf Offertanfragen bei den Firmen Aerob-Beth (D), Eltecna (CH), Ionitec (A), Scheuch (A) und Trion (CH) [1]. Bei den Offertangaben wurden die nicht enthaltenen Zusatzkosten für Planung und Peripherie-Aggregate abgeschätzt. Im Weiteren wurden die Angaben zu solchen Feinstaubabscheidern verwendet, von denen Praxiserfahrungen vorliegen, nämlich zu Platten-Elektroabscheider von Aerob-Beth und Ionitec sowie zu Gewebefiltern von Scheuch. Nicht berücksichtigt wurden ein Gewebefilter mit deutlich höheren Investitionskosten sowie ein Rohr-Elektroabscheider mit für Leistungen unter 500 kW deutlich tieferen Investitionskosten im Vergleich zu den Referenzanlagen.
 - ☛ Für die Betriebskosten des Gewebefilters wurde gemäss Herstellerangabe eine Lebensdauer der Filterschläuche von fünf Jahren vorausgesetzt. Wenn mit trockenem Brennstoff und korrektem Betrieb eine längere Lebensdauer erzielt wird, verursacht das Gewebefilter somit tiefere Betriebskosten.
- Die Wirtschaftlichkeitsabschätzung basiert damit auf etablierten Techniken und ist insgesamt eher konservativ. Für Elektroabscheider unter 500 kW besteht ein Kosteneinsparungspotenzial von bis zu gegen 50% durch die Markteinführung günstigerer Komponenten. Die Investitionskosten des Gewebefilters sind bereits auf

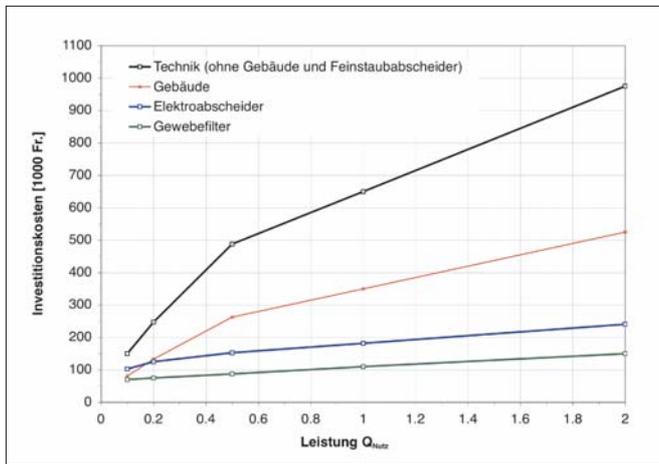


Bild 2: Investitionskosten Technik, Gebäude und Feinstaubabscheider für automatische Holzheizanlagen (Technik = Heizanlage ohne Silo und ohne Feinstaubabscheider, Gebäude = Heizraum und Silo).

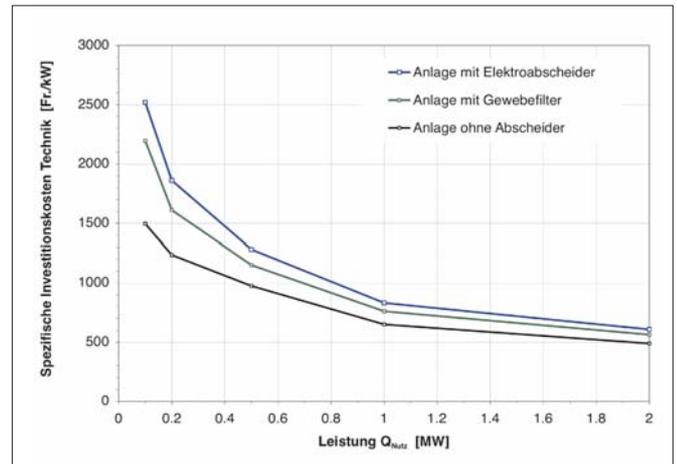


Bild 3: Spezifische Investitionskosten Technik (also exklusive Gebäude und Silo) einer automatischen Holzheizanlage ohne Feinstaubabscheider sowie mit Gewebefilter oder Elektroabscheider.

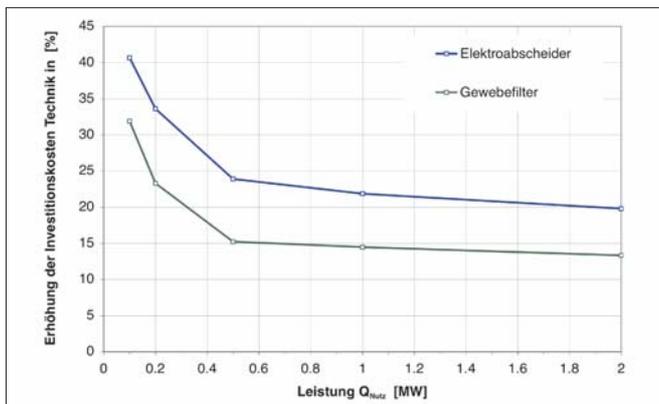


Bild 4: Prozentuale Erhöhung der Investitionskosten einer automatischen Holzheizanlage durch Einsatz eines Elektroabscheiders oder eines Gewebefilters in Prozent der Basiskosten für die Technik (Heizanlage exklusive Gebäude und Silo).

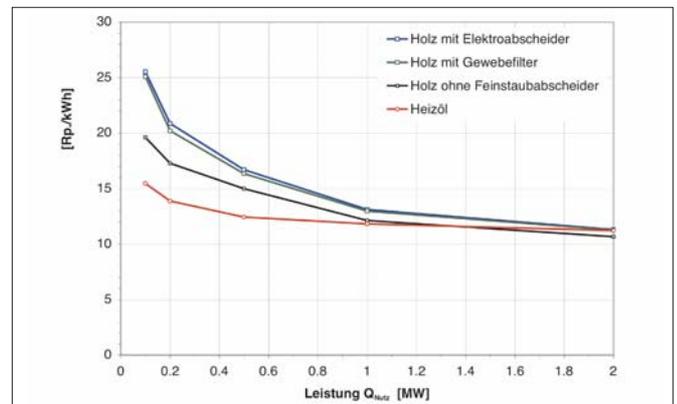


Bild 5: Wärmegestehungskosten für Heizöl sowie für Holz mit und ohne Feinstaubabscheider inklusive Gebäude und exklusive Wärmeverteilung für allfälliges Wärmenetz bei Brennstoffpreisen von 5 Rp./kWh für Holz und 8 Rp./kWh für Heizöl sowie einen Kapitalzins von 5% p.a. nach Tabelle 1.

tiefem Niveau, weshalb durch Einsatz wesentlich günstigerer Komponenten nur noch geringes Sparpotenzial besteht. Dagegen sind bei Gewebefiltern längere Lebensdauern und als Folge davon geringere Betriebskosten möglich. Die Potenziale zur Kosteneinsparung werden erst nach einer breiten Praxiseinführung beurteilt werden können.

Investitionskosten mit und ohne Abscheider

Bild 2 zeigt die Investitionskosten einer automatischen Holzheizanlage unterteilt nach Technik (Heizanlage ohne Feinstaubabscheider), Gebäude (Heizraum und Silo) sowie Feinstaubabscheider. Elektroabscheider weisen deutlich höhere Investitionskosten auf als das Gewebefilter. So kostet zum Beispiel eine 1-MW-Anlage ohne Feinstaubabscheider inklusiv Gebäude rund 1 Mio. Franken. Mit Gewebefilter betragen die Gesamtkosten rund 1,1 Mio. Franken, mit Elektroabscheider 1,18 Mio. Franken. Bei Kleinanlagen wirkt sich der Ein-

satz eines Feinstaubabscheiders stärker auf die Gesamtkosten aus als bei Grossanlagen. Bild 3 zeigt dazu die spezifischen Investitionskosten einer automatischen Holzheizanlage ohne und mit Feinstaubabscheider.

Bild 4 zeigt die prozentuale Erhöhung der Investitionskosten durch Einsatz eines Feinstaubabscheiders. Die Technik (ohne Gebäude) einer 200-kW-Anlage wird durch ein Gewebefilter um 24% und durch einen Elektroabscheider um 34% verteuert. Eine 1-MW-Anlage wird durch ein Gewebefilter um 15% und durch einen Elektroabscheider um 22% verteuert.

Wärmegestehungskosten mit und ohne Abscheider

Tabelle 1 und Bild 5 zeigen die Wärmegestehungskosten für Holz und Heizöl, wobei für Holz die Fälle mit und ohne Feinstaubabscheider unterschieden sind. Die Kosten gelten inklusive Gebäude, jedoch ohne Wärmeverteilung für ein allfälliges Wärmenetz. Bei Brennstoffpreisen

von 5 Rp./kWh für Holz und von 8 Rp./kWh für Heizöl ist Wärme aus einer automatischen Holzheizung ohne Feinstaubabscheider zwischen 100 kW und 500 kW rund 3 Rp./kWh teurer als Wärme aus Heizöl. Bei 1 MW Leistung sinken die Mehrkosten auf rund 0,3 Rp./kWh, so dass Holz und Heizöl wirtschaftlich annähernd gleichwertig sind. Bild 6 zeigt die Erhöhung der Wärmekosten für Holz durch den Einsatz eines Feinstaubabscheiders unterteilt nach Kapital- und Betriebskosten. Der Elektroabscheider verursacht höhere Kapital- und geringere Betriebskosten als das Gewebefilter, welches insgesamt geringfügig tiefere Gesamtkosten verursacht. Wie Bild 6 zeigt, verteuert ein Elektroabscheider die Wärme aus Holz für eine 200-kW-Heizanlage um rund 3,6 Rp./kWh. Wärme aus einer Anlage mit 500 kW wird durch einen Elektroabscheider um rund 1,8 Rp./kWh verteuert. Für 1 MW Leistung sinken die Zusatzkosten auf rund 1 Rp./kWh. Sofern die Anlage für den Einsatz eines Gewebefilters geeignet ist, verursacht das Gewebefilter im gesamten Leistungsbereich rund

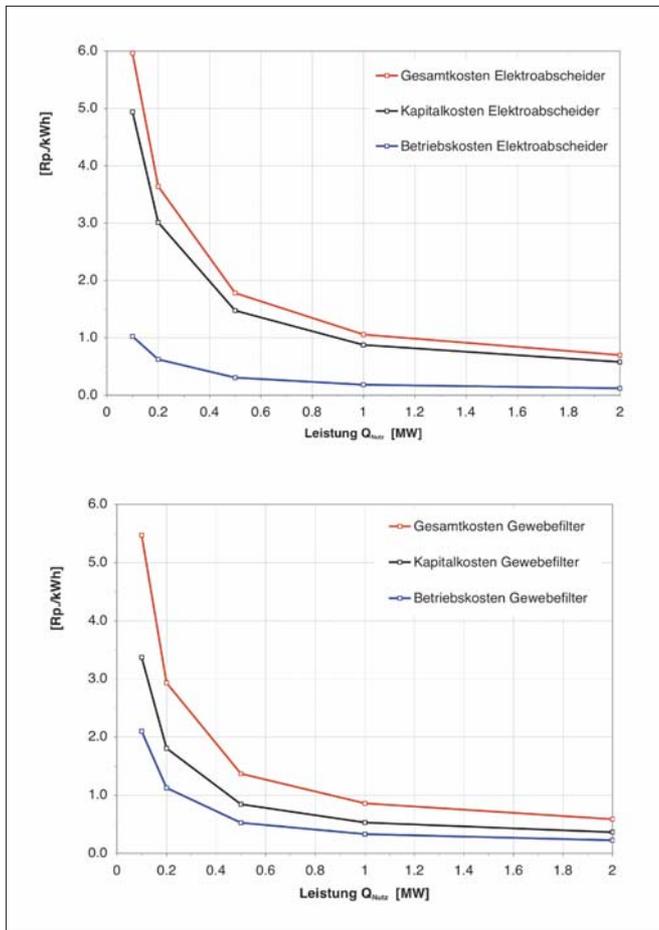


Bild 6: Erhöhung der Wärmegestehungskosten einer automatischen Holzheizung durch Einsatz eines Elektroabscheiders (oben) und eines Gewebefilters (unten) mit Aufteilung der Kosten nach Kapital- und Betriebskosten.

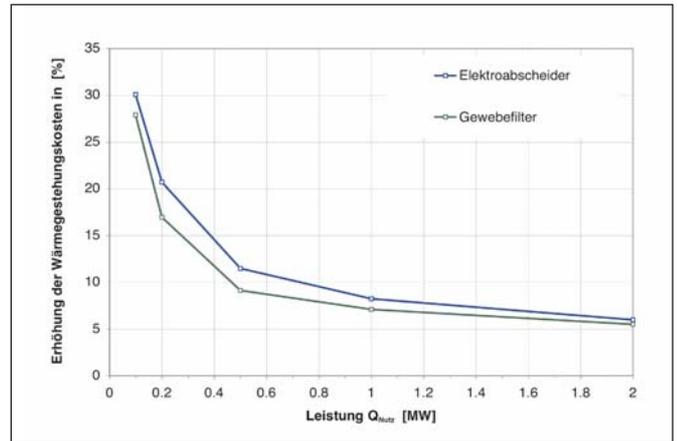


Bild 7: Prozentuale Erhöhung der Wärmegestehungskosten einer automatischen Holzheizung durch Einsatz eines Elektroabscheiders oder eines Gewebefilters nach Tabelle 1.

15% bis 20% geringere Gesamtkosten als ein Elektroabscheider. Dabei ist allerdings nicht berücksichtigt, dass für das Gewebefilter höhere Anforderungen bezüglich Brennstoff und Betrieb einzuhalten sind. Die ausgewiesene Differenz ist deshalb sowie aufgrund der Kostenschätzungen und des Einflusses der Finanzierungsart als gering zu bewerten, so dass beide Abscheidertypen je nach Anwendungsfall wirtschaftlich vorteilhaft sein können. In Tabelle 1 und Bild 7 sind die Kostenerrhöhungen durch die Feinstaubabscheidung in Prozent der Basiskosten angegeben.

Fazit zur Feinstaubabscheidung

Zur Feinstaubabscheidung bei Holzfeuerungen zwischen 100 kW und 2 MW kommen sowohl Trocken-Elektroabscheider als auch Gewebefilter

zum Einsatz. Beide Verfahren sind von etablierten Herstellern verfügbar und zu beiden Anlagen existieren positive Betriebserfahrungen von Referenzanlagen, wenn auch erst mit einzelnen Anlagen und erst über wenige Heizperioden.

Beide Systeme weisen spezifische Vor- und Nachteile auf. So erzielen Gewebefilter bei regulärem und stationärem Betrieb eine sehr effiziente Staubabscheidung mit Reingaswerten unter 5 mg/m³ (alle Angaben bis 1 MW bei 13 Vol.-% O₂, ab 1 MW bei 11 Vol.-% O₂). Demgegenüber kann zwar auch mit Elektroabscheidern eine hohe Abscheideleistung erreicht werden. Bis anhin wurden Elektroabscheider allerdings oft auf 50 mg/m³ Reingaswert ausgelegt. Die in der vorliegenden Studie geforderte Abscheidung auf 20 mg/m³ kann jedoch auch mit Elektroabscheidern bei geeigneter Auslegung garantiert

und bei guten Bedingungen zum Teil deutlich unterschritten werden. Um die Feinstaubemissionen möglichst effizient zu vermindern und gleichzeitig auch den Einsatz optimierter Elektroabscheider zu ermöglichen, wird deshalb ein Grenzwert von 20 mg/m³ als sinnvoll bewertet. Bei deutlich höheren Emissionsgrenzwerten besteht die Gefahr, dass die Feuerungen ohne Abscheider ausgelegt und für die Abnahmemessung mit idealem Brennstoff betrieben werden, im Praxisbetrieb jedoch keine ausreichende Verbesserung im Vergleich zur heutigen Situation erzielt wird. Ein Grenzwert von zum Beispiel 5 mg/m³ würde dagegen unter Umständen nur für Gewebefilter garantiert werden, welche jedoch nur bedingt geeignet sind beim Einsatz von nassen Brennstoffen.

Bei Einführung eines Grenzwerts von 20 mg/m³ ist davon auszugehen, dass die mit Feinstaubabscheidern ausgerüsteten Anlagen bei regulärem Betrieb Reingasemissionen deutlich unter dem Grenzwert aufweisen werden. So weisen drei Anlagen mit Elektroabscheidern oder Gewebefilter bei Abnahmemessungen Reingaswerte unter 5 mg/m³ auf.

Unter den heutigen Referenzanlagen sind Gewebefilter für kleine Leistungen wesentlich kostengünstiger als Elektroabscheider, verursachen jedoch höhere Betriebskosten infolge des Druckverlusts, des Bedarfs an

Leistung	Heizöl	Holz		Holz mit Elektroabscheider		Holz mit Gewebefilter	
	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[Rp./kWh]	[%]	[Rp./kWh]	[%]
100 kW	15.5	19.6	25.5	30	25.1	28	
200 kW	13.9	17.3	20.9	21	20.3	17	
500 kW	12.4	15.0	16.8	11	16.3	9	
1 MW	11.8	12.1	13.1	8	13.0	7	
2 MW	11.2	10.7	11.3	6	11.3	5	

Tabelle 1: Wärmegestehungskosten für Heizöl sowie für Holz mit und ohne Feinstaubabscheider sowie prozentuale Kostenerrhöhung durch Feinstaubabscheider. Angaben gelten inklusive Gebäude und exklusive Wärmeverteilung für allfälliges Wärmenetz sowie für Brennstoffpreise von 5 Rp./kWh für Holz und 8 Rp./kWh für Heizöl und einen Kapitalzins von 5% p.a.

Druckluft und der beschränkten Lebensdauer der Filter. Für Leistungen bis 1 MW resultieren für das Gewebefilter 15% bis 20% tiefere Gesamtkosten als für Elektroabscheider. Diese Differenz ist mit den Unsicherheiten der Betriebskosten allerdings als gering zu bewerten und sie berücksichtigt nicht, dass Gewebefilter höhere Anforderungen an die Feuerung und den Betrieb stellt.

Für eine einwandfreie Feinstaubabscheidung ist generell ein korrekter Betrieb der Feuerungsanlagen mit einem für die Feuerung zugelassenen Brennstoff. Gewebefilter sind besonders heikel in Bezug auf Taupunktunterschreitung, da dies Verklebungen und Schäden verursachen kann. Aus diesem Grund werden Gewebefilter in der Regel nur für den Einsatz von trockenen Brennstoffen und bei möglichst stationärem Betrieb der Feuerung empfohlen. Im Weiteren sind strengere Anforderungen an die Ausbrandqualität der abzuschheidenden Stäube zu erfüllen. Während für Elektroabscheider ein Gehalt von maximal 10 Gewichtsprozent zulässig ist, ist für Gewebefilter ein Gehalt von maximal 2 Gewichtsprozent einzuhalten, was für Heizanlagen als strenge Anforderung bewertet wird.

Bei beiden Verfahren besteht die Gefahr, dass die Staubemissionen im Praxisbetrieb durch die periodische Abreinigung sowie durch den Bypass-Betrieb oder die Abschaltung der Hochspannung bei Unterschreitung der Mindesttemperatur erhöht werden. Betriebszustände mit zu tiefen Abgastemperaturen treten vor allem beim Anfahren und bei Schwachlastbetrieb auf. Bei einer breiten Praxiseinführung von Feinstaubabscheidern ist deshalb sicher zu stellen, dass unwirksame Zustände auf ein Minimum reduziert und geeignet überwacht sowie eine Mindestverfügbarkeit des Abscheiders verlangt werden. Im Weiteren sollten auch die Abreinigung der Feinstaubabscheidung und die allfällig vorhandene automatische Kesselabreinigung erfasst werden.

Mit diesen Einschränkungen wird die Technik zur Feinstaubabscheidung bei automatischen Holzfeuerungen im Bereich ab rund 200 kW, sicher jedoch ab rund 400 kW als für eine breite Praxiseinführung verfügbar beurteilt. Sowohl Elektroabscheider als auch Gewebefilter sind als etablierte Technik auf dem Markt verfügbar, können einen Staubgrenzwert von 20 mg/m³ bei 13 Vol.-% O₂ garantieren und in der Praxis deutlich unterschreiten. Selbst für Anlagen von 100 kW können entsprechende Abscheider eingesetzt werden. Die meisten derzeit

angebotenen Systeme sind allerdings für grössere Leistungen ausgelegt und für Anlagen mit lediglich 100 kW Leistung entsprechend teuer.

Sofern nur Produkte etablierter Hersteller berücksichtigt werden, weist das Gewebefilter im Leistungsbereich unter 1 MW geringfügig tiefere Gesamtkosten auf als ein Elektroabscheider. Die Investitionskosten der Technik werden für eine 200-kW-Anlage durch ein Gewebefilter um rund 24% und durch einen Elektroabscheider um rund 34% erhöht. Für eine 1-MW-Anlage beträgt die Kostenerhöhung rund 15% für ein Gewebefilter und rund 22% für einen Elektroabscheider.

Für eine 200-kW-Heizanlage verursacht ein Gewebefilter Zusatzkosten von 3 Rp./kWh, ein Elektroabscheider von 3,6 Rp./kWh. Wärme aus einer 200-kW-Ölheizung ist im Vergleich zu einer Holzheizung ohne Feinstaubabscheider rund 3,4 Rp./kWh kostengünstiger. Die Feinstaubabscheidung führt somit zu rund einer Verdopplung der Mehrkosten für Wärme aus Holz im Vergleich zu Heizöl. Für Anlagen mit 500 kW verteuert ein Feinstaubabscheider die Wärme um rund 1,3 bis 1,8 Rp./kWh, für Anlagen mit 1 MW um rund 1 Rp./kWh.

Die meisten von etablierten Herstellern auf dem Markt angebotenen Systeme sind für Leistungen ab 300 kW bis 500 kW konzipiert. Vor allem für Leistungen unter 500 kW besteht deshalb voraussichtlich noch ein Potenzial zur Kostenreduktion, welches für Elektroabscheider bis zu 50% betragen kann. Als Alternative ist zudem die Entwicklung von Metallgewebefiltern denkbar, welche im Vergleich zu Gewebefiltern deutlich unempfindlicher und kostengünstiger sein könnten. Zu beiden Techniken sind Entwicklungen im Gang (z.B. [7 bis 10]).

Die Einführung verschärfter Staubgrenzwerte wird teilweise auch zu erhöhten Anforderungen bezüglich Feuerungstechnik und Anlagenregelung führen, da eine hohe Ausbrandqualität und ein möglichst stabiler Betrieb gewährleistet werden müssen. Bei Anlagen unter 1 MW liegen dazu bis anhin erst einzelne und bis anhin weitgehend positive Erfahrungen vor, während Erfahrungen von grösseren Anlagen aus der Praxis zum Teil auch aufzeigen, dass die Anforderungen an Feuerung und Betrieb in der Praxis heute teilweise nicht eingehalten werden. Parallel zur Einführung verschärfter Grenzwerte wird deshalb eine systematische Untersuchung zum Praxiseinsatz und zur Erfassung der Anforderungen für die Feuerungsanlagen empfohlen. ●

Literatur

- [1] Nussbaumer, Th.: Stand der Technik und Kosten der Feinstaubabscheidung für automatische Holzfeuerungen von 100 kW bis 2 MW, Bericht zu Händen Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Amt für Umwelt Kanton Thurgau, Bezugsquelle Verenum Zürich, www.verenum.ch, Zürich 2006, ISBN 3-908705-13-4
- [2] Fritz, W.; Kern, H.: Reinigung von Abgasen, Vogel, 2. Auflage, Würzburg 1990, ISBN 3-8023-0244-3
- [3] von Turegg, R.: Richtige und effiziente Staubabscheidung – Technologien und Potentiale, VDI-Bericht 1319, Thermische Biomassenutzung, Tagung Salzburg 23./24.4.1997, Düsseldorf 1997, 167 – 198
- [4] Jirkowsky, C., Pretzl, R., Malzer, Th., Sihorsch, K.: Verfahren zur Staubabscheidung bei Biomassefeuerungen ab 100 kW, 7. Holzenergie-Symposium, 18. Oktober 2002, Zürich, ISBN 3-908705-01-0, 53–72
- [5] Good, J.; Nussbaumer, Th.; Jenni, A.; Bühler, R.: Systemoptimierung automatischer Holzheizungen, Bundesamt für Energie, Schlussbericht Projekt 44278, Bern 2005
- [6] Good, J. et al.: Planungshandbuch, Schriftenreihe QM Holzheizwerke, Band 4, C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing, Bezugsquelle Holzenergie Schweiz oder www.qmholzheizwerke.ch, 2004, ISBN 3-937441-94-8
- [7] Forsthuber, P.: Vorstellung eines Rohr-Elektrofilters, Fachgespräch Filtertechniken für Biomasseheizanlagen im kleinen und mittleren Leistungsbereich, C.A.R.M.E.N., Straubing, 30. November 2005, ISBN 3-937441-11-5, 39–43
- [8] Beer, S.: Entwicklung und Test einer Elektrofilteranlage für kleine Biomasseheizkessel, Fachgespräch Filtertechniken für Biomasseheizanlagen im kleinen und mittleren Leistungsbereich, C.A.R.M.E.N., Straubing, 30. November 2005, ISBN 3-937441-11-5, 17–26
- [9] Heidenreich, R.: Abscheidung von Feinstäuben durch Ionisation und elektrostatische Abscheidung bei der thermischen Nutzung von Pflanzen in Kleinkesseln, Fachgespräch Filtertechniken für Biomasseheizanlagen im kleinen und mittleren Leistungsbereich, C.A.R.M.E.N., Straubing, 30. November 2005, ISBN 3-937441-11-5, 27–38
- [10] Winkel, O.: Der praxisgerechte Filter für Rauchgase aus kleinen und mittleren Biomasseverbrennungen, Fachgespräch Filtertechniken für Biomasseheizanlagen im kleinen und mittleren Leistungsbereich, C.A.R.M.E.N., Straubing, 30. November 2005, ISBN 3-937441-11-5, 45–59