Foto: SaveEnergy AG

Mit einer solchen Abgaskondensationsanlage lässt sich bei der Reinigung der Rauchgase auch Heizenergie gewinnen.

Holzenergie – Wärmerückgewinnung durch Abgaskondensation

Reinigung mit Energiegewinn

Mittels Wärmerückgewinnung aus Abgas lässt sich die Effizienz bei Holzfeuerungen um 15 bis 30% steigern. Dies bedeutet 15 bis 30% mehr Energie bei identischen Primärenergieressourcen. In Skandinavien haben sich sogenannte Abgaskondensationsanlagen flächendeckend durchgesetzt. In der Schweiz hat die IS SaveEnergy AG aus Nürensdorf über zehn Anlagen mit kombinierter Abgasreinigung und Wärmerückgewinnung realisiert. Die Anwendung dieser Techniken wird in der Schweiz in Zukunft die Regel sein, denn für den Energiestandort Mitteleuropa ist es entscheidend, möglichst viel Wärme aus den verfügbaren Ressourcen der Wälder zu gewinnen.

Von Roger Stahel. Die Verfügbarkeit von Holz wird in Fachkreisen kontrovers diskutiert. Neben der Energiebranche erhebt auch die holzverarbeitende Industrie Ansprüche auf Holzressourcen. Besonders in Regionen mit vielen Grossheizkraftwerken warnen Fachleute vor einer Übernutzung des Waldes. Veränderte Rahmenbedingungen wie die Verknappung von fossilen Energieträgern werden den Ausbau der energetischen Nutzung von Biomasse jedoch noch stärker vorantreiben.

Um so effizienter müssen daher die vorhandenen Ressourcen genutzt werden. Ein hohes Potenzial für die Effizienzsteigerung bei der Wärmeerzeugung durch Holz bietet die Abgaskondensation. Mit ihr ist eine Verbesserung des Wirkungsgrades von bis zu 30% realisierbar.

Mit bis zu 50% ihres Gesamtgewichts weisen Waldhackschnitzel einen hohen Wassergehalt auf. Dies bedeutet bei 1 kg Waldhackschnitzeln einen Wasseranteil von 500 g.

Bei der Verbrennung verdampft das Wasser. Der Phasenwechsel vom flüssigen in den dampfförmigen Zustand ist energetisch aufwendig. Die für den Phasenwechsel aufgewendete Wärme bezeichnet man als latente Wärme. Wird der Wasserdampf im Abgas durch Kondensation wieder verflüssigt, wird die latente Wärme wieder frei und kann genutzt werden.

Um den Wasserdampf von Abgasen zu kondensieren, muss deren Taupunkt unterschritten werden. Der Taupunkt

liegt zwischen ~57 und 60° C und variiert in Abhängigkeit von Faktoren wie dem Standort (m ü. M.), dem Wassergehalt im Abgas und dem Luftüberschuss.

Bei Wärmenetzen wird die Kondensationswärme häufig zur Erwärmung des Netzrücklaufs (vom Wärmenutzer zurück zur Heizanlage) genutzt. Dafür darf die durchschnittliche Rücklauftemperatur jedoch nicht zu hoch sein: 50° C sind das Maximum.

Skandinavien als Vorbild für die Schweiz

Besonders ältere Wärmeverbunde weisen hohe Rücklauftemperaturen von teilweise über 60° C auf. Ursachen dafür sind beispielsweise hydraulische Kurzschlüsse (wenn heisses Wasser ungekühlt in den Rücklauf gelangt) oder schlecht regulierte Netzpumpen. Neben den hohen Rücklauftemperaturen führen die schlecht ausgelegten Wärmenetze zu grossen Wärmverlusten und zu übermässigem elektrischem Bedarf.

Im Rahmen der Studie «Systemoptimierung automatischer Holzfeuerungen» (1995) wurden 25 Holzfeuerungen in der Schweiz untersucht. Die Wärmeverluste bei der Wärmeverteilung betrugen bei über der Hälfte dieser Anlagen mehr als 15%; bei den schlechtesten Anlagen sogar bis 35%.

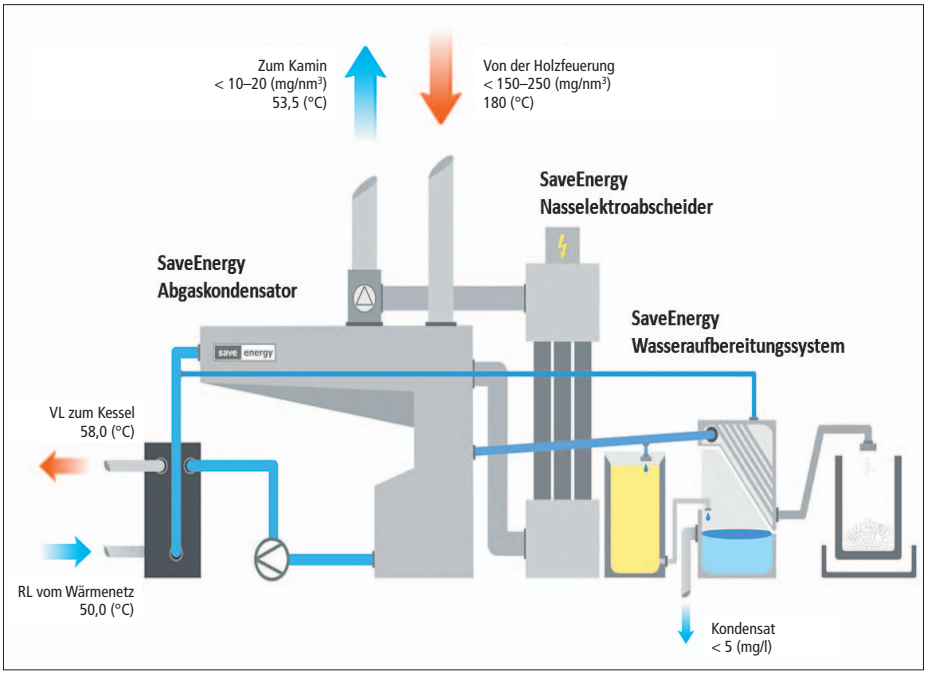
In Skandinavien werden Wärmenetze seit Jahren konsequent und mit Erfolg optimiert. Im Rahmen einer gross angelegten Studie wurden 129 Wärmenetze hinsichtlich ihrer durchschnittlichen Vor- und Rücklauftemperaturen untersucht. Die durchschnittlichen Rücklauftemperaturen liegen gemäss dieser Studie bei 48,2° C.

Im Zuge fortschreitender Optimierung der Anlagen werden aber auch in der Schweiz die durchschnittlichen Rücklauftemperaturen in Bereiche kommen, wie sie bei skandinavischen Wärmenetzen gemessen wurden.

Hohe Wirkungsgrade, niedrige Kosten

Im Rahmen der verschärften Luftreinhalteverordnung in der Schweiz müssen bestehende Holzheizwerke für die Feststoffabscheidung nachgerüstet werden. Häufig ist dies ein idealer Zeitpunkt, die Effizienz der gesamten Anlage zu verbessern.

Mit Hilfe strukturierter Analysen lassen sich in der Regel die Rücklauftemperaturen im Wärmenetz mit vertretbaren Sanierungsarbeiten auf durchschnittlich 50° C senken, bei denen die Wärmerückgewinnung aus dem Abgas möglich ist.



Schema einer standardisierten Lösung für Abgasreinigung mit Wärmerückgewinnung. Die zentralen Einheiten sind der Abgaskondensator zur Wärmegewinnung aus Rauchgas sowie der Nasselektroabscheider und das Wasseraufbereitungssystem für die Reinigung des Kondens- und Prozesswassers.

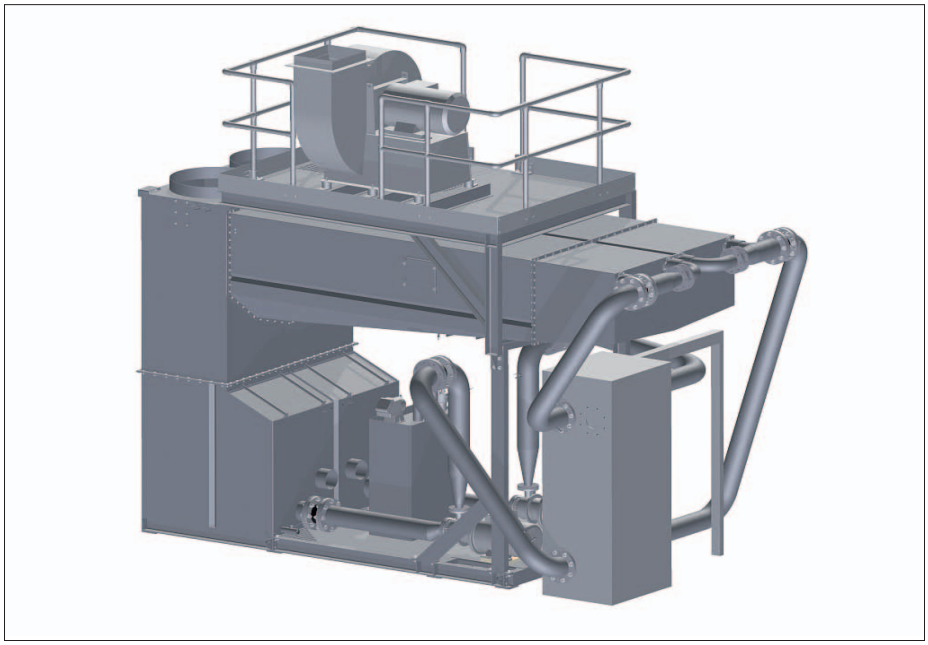
Zudem werden durch Sanierungen die Wärmeverluste im Netz gesenkt und die höhere Temperaturspreizung (Wärmedifferenz zwischen Vorlauf- und Rücklauftemperatur) ermöglicht es, mehr Wärme durch das bestehende Netz zu transportieren.

Durch Sanierungen können Betreiber daher mit dem gleichen Wärmenetz, der identischen Holzfeuerung und derselben Brennstoffmenge 20 bis 30% mehr Wärme verkaufen.

Effizienzsteigernde Massnahmen zahlen sich auch beim Bau neuer Holzheizwerke aus. Häufig lässt sich die Hydraulik bereits in einer frühen Planungsphase effizient auslegen.

Die damit erreichte Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads um 20 bis 30% erlaubt den Einsatz einer kleineren Holzfeuerung bei gleichbleibender Wärmemenge. Ein Teil der anfallenden Anschaffungskosten für die Abgaskondensation wird so bereits durch die geringere Investitionskosten bei der Holzfeuerung kompensiert.

SaveEnergy-Anlage zur Abgasreinigung im Holzheizwerk der AGRO Energie Schwyz AG



CAD-Bild eines SaveEnergy-Kondensators, in dem Prozesswasser die Wärme aus dem Rauchgas ableitet und einer weiteren Nutzung zuführt.

Investitionen für effizienzsteigernde Massnahmen zahlen sich bei Betrachtung aller Kosten bereits nach wenigen Jahren aus, besonders bei steigenden Brennstoffpreisen.

Direkt und indirekt

Mit dem SaveEnergy-System lässt sich die Wärmerückgewinnung mit der Abgasreinigung wie folgt kombinieren: Einmal wird im Abgaskondensator die sensible und latente Wärme* aus dem Abgas zurückgewonnen. Gleichzeitig findet dort eine Grobabscheidung der Feststoffe statt.

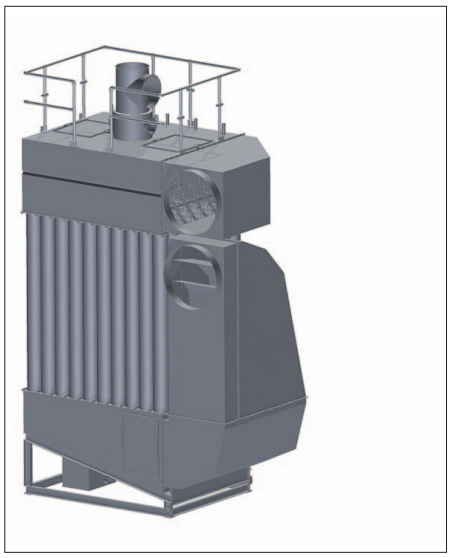
Abgaskondensatoren lassen sich in direkte und indirekte Kondensatoren unterteilen. Bei der direkten Kondensation wird das Abgas mit dem eigenen Kondensat in Kontakt gebracht, während beim indirekten Verfahren das Kühlmedium durch eine Kühlfläche vom Gasstrom getrennt ist.

Der SaveEnergy-Kondensator basiert auf dem direkten Kondensationsverfahren, das heisst, die Wärme aus dem Abgas wird über «eingedüstes» Prozesswasser abgeleitet. Dabei übernimmt die Oberfläche der vielen kleinen Wassertropfen die Funktion eines mechanischen Wärmetauschers.

Die so vom Prozesswasser aus den Abgasen geleitete Wärme wird anschliessend über einen Plattenwärmetauscher an den Wärmeabnehmer (z. B. Rücklauf Wärmenetz) abgegeben.

Die grosse Wärmetauscheroberfläche (Summe sämtlicher Tropfenoberflächen) bei der direkten Kondensation garantiert eine hohe Effizienz: Das Abgas wird so ausgekühlt, dass es 2–3° C) über der Temperatur des Wärmeabnehmers liegt.

Der SaveEnergy-Kondensator ist übrigens sehr robust gegen Verschmutzung, da sich kein mechanischer Wärmetauscher im Abgas befindet.



Der SaveEnergy-Nasselektroabscheider.

Die Reinigung

Die Konzentration der Russpartikel im Prozesswasser wird auf einem konstant tiefen Niveau gehalten. Ein Teilstrom des Prozesswassers wird kontinuierlich in einem Wasserbehandlungssystem aufbereitet und dann wieder ins System zurückgeführt.

Der SaveEnergy-Nasselektroabscheider scheidet die Feststoffe über ein elektrostatisches Feld ab. Er ist als sogenannter Rohrelektroabscheider aufgebaut. Über eine untere Kammer tritt das Abgas in den Nasselektroabscheider ein, wird dann durch die Niederschlagsröhren geführt und tritt über eine obere Kammer wieder aus.

Innerhalb jedes Rohres befindet sich eine Sprühelektrode. Die Sprühelektrode steht unter Hochspannung (U = 50–70 kV). Die Niederschlagsröhren sind mit dem Massenpotenzial verbunden. Die Feststoffe werden über die Sprühelektrode elektrisch geladen und schlagen sich an den Niederschlagsröhren nieder.

Da der Nasselektroabscheider konstant «nass» betrieben wird, funktioniert die Reinigung des Wassers auch beim Unterschreiten des Taupunkts, wenn die Heizanlage im Teillastbetrieb läuft.

Die Abscheideröhren sind zu jeder Zeit nass. Die Feststoffe haften daher nicht an den Niederschlagsröhren an und können durch zyklisches Absprühen mit Wasser gereinigt werden.

Das Wasserbehandlungssystem baut auf einem zweistufigen Prozess auf. In der ersten Stufe wird das verschmutzte Kondensat über einen Lamellenabscheider geleitet, wo der Grossteil der Feststoffe in einem Abscheidebecken sedimentiert und das Sediment abgepumpt wird.

In der zweiten Stufe sickert das vorgereinigte Kondensat durch einen Sandfilter, der die verbliebenen Feststoffe aus dem Kondensat ausfiltert. Das gereinigte Kondensat wird über den Klarwassertank in die Kanalisation geleitet.

*Sensible und latente Wärme

Die **sensible Wärme** führt zu fühl- und messbaren Temperaturänderungen.
Die **latente Wärme** wird beim Übergang von der flüssigen in die gasförmige Phase aufgenommen und beim umgekehrten Phasenübergang wieder abgegeben. Die latente Wärme ist weder fühl- noch messbar.

DI (FH) Roger Stahel
Geschäftsführer der IS SaveEnergy AG.

Weitere Informationen
www.saveenergy.ch
roger.stahel@saveenergy.ch