ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Direkte Trocknung mit Abgasen aus KWK-Anlagen

www.asue.de

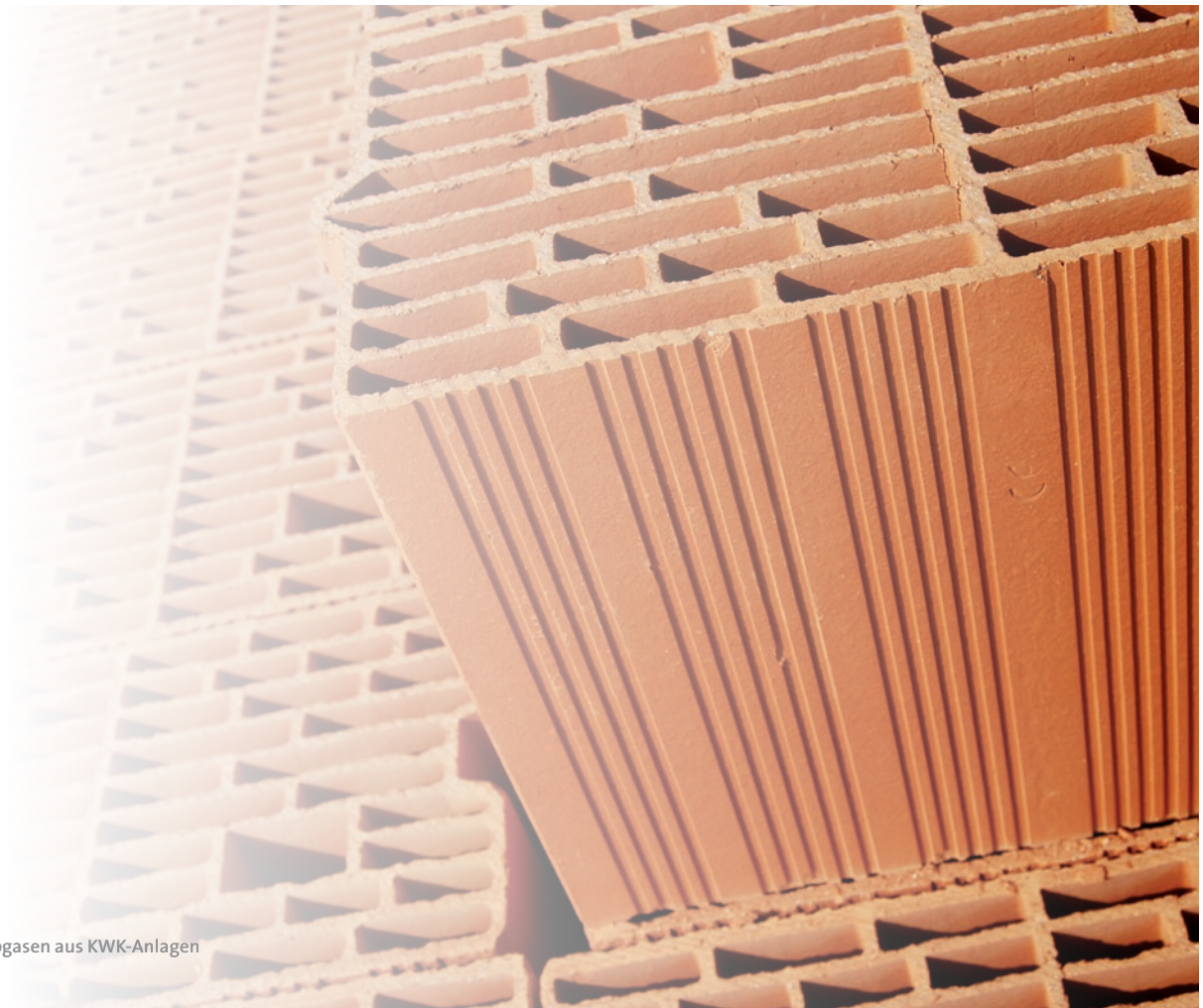
Inhalt

1	Einleitung	02
2	Trocknungsverfahren im Einzelnen	04
3	Einsatzgebiete für direkte und indirekte Trocknung	08
4	Grenzen der KWK-Systeme zur Direkttrocknung	10
5	Bewertung	12
6	Wichtige Planungsgrundsätze	14
7	Zusammenfassung	15
8	Weitere Informationen	15

1 Einleitung

Bei der Herstellung und Verarbeitung vieler Produkte ist es zumeist notwendig, Trocknungsprozesse durchzuführen. Aufgabe des Trocknungsprozesses ist es, aus einem feuchten Feststoff Wasser oder andere Flüssigkeiten zu entfernen. Bei der thermischen Trocknung erfolgt dies durch Verdampfung der Flüssigkeit mittels Wärmezufuhr und Abtransport des Dampfes.

Bei den thermischen Trocknungsverfahren unterscheidet man zwischen **Kontakt-, Konvektions- und Strahlungstrocknen** sowie Mischformen aus diesen Verfahren. Die Strahlungstrockner, wie sie beispielsweise in der Papierindustrie Anwendung finden, werden in dieser Broschüre nicht behandelt.



Bei **Kontakttrocknern** wird das zu trocknende Gut über eine Heizfläche erhitzt. Zu dieser Trocknerbauart zählen z. B.

- Walzentrockner
- Trommeltrockner
- Zylindertrockner
- Schneckentrockner

Bei **Konvektionstrocknern** wird das zu trocknende Gut zum Erhitzen direkt mit der aufgeheizten Trocknungsluft in Kontakt gebracht. Bauarten von Konvektionstrocknern sind z. B.

- Wirbelschichttrockner
- Sprühtrockner
- Düsenturmtrockner
- Bandtrockner
- Stromtrockner
- Hordentrockner
- luftdurchströmte Trommeltrockner

Heiße Abgase aus KWK-Anlagen

Die direkte Trocknung mit heißen Abgasen aus KWK-Anlagen ist besonders für Konvektionstrockner interessant. In aller Regel haben diese Trocknungsprozesse einen erheblichen Primärenergiebedarf und erfordern daher effektive Lösungen, um Betriebskosten und Umweltbelastungen zu reduzieren. Kennzeichnend für eine Vielzahl dieser Trocknungsprozesse ist die hohe, prozessgekoppelte Gleichzeitigkeit von elektrischem und thermischem Energiebedarf. Diese Bedarfsstruktur entspricht somit sehr gut den von KWK-Anlagen angebotenen thermischen und elektrischen Leistungen.

Die für KWK-Prozesse wichtige Grundanforderung nach hohem Primärenergienutzungsgrad hat, besonders bei der direkten Trocknung mit heißen Abgasen aus KWK-Anlagen, gute Perspektiven. Trocknungsprozesse mit Heißgasbedarf findet man unter anderem in der Lebensmittelindustrie, der Textilindustrie, der Keramik- und Ziegelherstellung sowie Kalksandsteinherstellung, der Glasindustrie (z. B. bei GFK-Produkten und Vliesherstellung), der Lackierbeschichtung (z. B. Bahntrocknung und Druckverarbeitung), der Holzverarbeitung und Klärschlammtrocknung etc.

Konvektionstrockner für Getreide (Foto: Crespel & Deiters)

2 Trocknungsverfahren im Einzelnen

Prinzipiell kann die Abwärme aus KWK-Anlagen bei allen thermischen Trocknungsverfahren genutzt werden. Das zu trocknende Material bestimmt die Anforderungen an Trocknerbauart und Prozesstemperatur. Aus der Trocknerbauart ergeben sich die Anforderungen an den Wärmeträger.

KWK-Systeme als Wärmeerzeuger für Kontakttrockner

Wärmeerzeuger: Verbrennungsmotoren

Wärmequellen:
- Kühlwasserwärme (90 – 105 °C)
- Abgaswärme (bis zu 450 °C)

Temperatur: Die spezifischen Temperaturanforderungen an das Motorkühlwasser bestimmen die für den Prozess nutzbaren Warmwassertemperaturen. Der Warmwasserkreislauf als Wärmeträger muss zur Motorkühlung Rücklauftemperaturen zum Motor von max. 70 – 75 °C gewährleisten. Mit normalen Warmwasserkreisläufen sind Vorlauftemperaturen von 90 – 95 °C möglich, mit besonderer Ausrüstung (Heißkühlermotoren) können auch Temperaturen bis ca. 105 °C, nach einem Abgaswärmetauscher, erreicht werden. Erfordert der Kontakttrocknerprozess höhere Wärmeträgertemperaturen, bleibt nur das Motorabgas als nutzbare Wärmequelle. Eine separate Abgaswärmenutzung ist allerdings nur sinnvoll, wenn in einem Parallelprozess auch die Kühlwasserwärme genutzt wird. Die nutzbare Abgaswärme bei Verbrennungsmotoren liegt bei ~ 21 – 22 % (alt. Nutzleistung 36 – 42 %, Kühlwasserwärme 25 – 33 %, Verluste 9 – 12 %) der eingesetzten Brennstoffwärmeleistung.

Fazit: In der Regel ist die Kopplung der Motoranlage mit einer konventionellen Wärmeerzeugung sinnvoller.

Wärmeerzeuger: Gasturbinen

Wärmequelle:
- Abwärme als Heißgas (bis zu 550 °C)

Temperatur: Bei Gasturbinen steht die Abwärme als Heißgas mit hoher Temperatur (450 °C bis zu 550 °C) zur Verfügung. Gegenüber Verbrennungsmotoren ist das Verbrennungsheißgas die einzige verfügbare Wärmequelle. Über einen Abhitzekessel können praktisch alle Wärmeträger auf die erforderlichen Prozesstemperaturen erwärmt werden. Insbesondere die Prozessdampferzeugung ist über eine KWK-Anlage mit Gasturbine und Abhitzekessel eine sehr interessante und oft realisierte Lösung.

Fazit: Einschränkungen bezüglich der Prozess- und Nutztemperaturen bei Kontakttrocknungsprozessen bestehen bei KWK-Systemen mit Gasturbinen praktisch nicht.

Bandtrockner

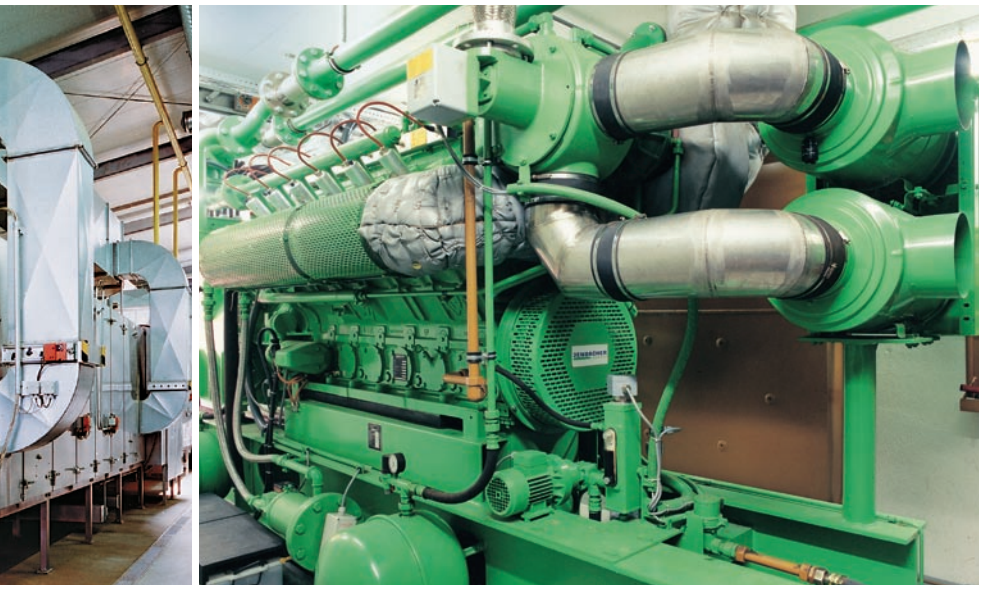
KWK-Systeme als Wärmeerzeuger für Konvektionstrockner

Verbrennungsmotoren als Wärmeerzeuger

Mögliche Wärmeträger (je nach Prozesstemperaturanforderung) für:	Kontakttrockner	Konvektionstrockner
	• Warmwasser (Vorlauf max. 90 – 95 °C) • Heißwasser (Vorlauf > 100 °C) • Dampf (> 100 °C) • Thermoöl (> ca. 140 °C)	• Luft (70 °C) • Abgas (450 °C)

Mit dem Motorkühlwasser ist die Trocknungslufterwärmung über Luft-/Wasserwärmetauscher möglich. Die Abgaswärme kann sowohl direkt als auch über Abgaswärmetauscher, mit Sekundärkreis für Luft-/Wasserwärmetauscher, genutzt werden. Bei der getrennten Kühlwasserwärmenutzung sind unter Berücksichtigung der max. zulässigen Rücklauftemperaturen, Trocknungslufttemperaturen von max. 70 °C zu realisieren. Auch bei der gemeinsamen Nutzung von Kühlwasser und Abgaswärme über einen Warmwasserkreislauf ist die max. zulässige Wasserrücklauftemperatur zum Motor zu beachten. Mit einem solchen Kreislauf sind in der Praxis Trocknungslufttemperaturen bis max. ca. 80 – 85 °C zu erreichen. Diese Trocknungslufttemperaturen sind in der Regel zwar für bestimmte Verdunstungsvorgänge geeignet, für Trocknungsprozesse zur Flüssigkeitsverdampfung aber zu niedrig. Ausreichend hohe Trocknungslufttemperaturen sind nur durch Nutzung der Abgaswärme entweder direkt oder indirekt über einen Abgas-/Luftwärmetauscher zu realisieren.

Bei Konvektionstrocknern mit direktem Kontakt zwischen Trocknungsgut und Trocknungsluft bestimmt das Trocknungsgut auch die Reinheitsanforderungen an die Trocknungsluft (z. B. bei Lebensmitteln). Bei der direkten Abgasnutzung aus Verbrennungsmotoren sind z. B. vorhandene Öl- und Rußpartikel aus mitgerissenem Schmieröl durch den bei Verbrennungsmotoren unvermeidlichen „Ölschlupf“ zu beachten. Dadurch ist die direkte Abgasnutzung aus Verbrennungsmotoren aufgrund der Reinheitsanforderungen bestimmter Prozesse, besonders in der Lebensmittelindustrie und Futterindustrie, nicht geeignet. In vielen Fällen ist der verfügbare Abgasmassenstrom aus Verbrennungsmotoren für die monovalente Versorgung eines Trocknungsprozesses nicht ausreichend. Eine wirtschaftlich gute Lösung ist hier eine bivalente Lösung mit konventioneller Zusatzheizung z. B. über einen Gasbrenner.



Fazit: Die Verwendung von Abwärme aus motorischen KWK-Anlagen beschränkt sich in der großen Wärmemenge auf einen Temperaturbereich von maximal 70 °C; die Wärme aus Abgasen bei bis zu 450 °C kann keinesfalls in der Lebensmittel- oder Futtermittelindustrie eingesetzt werden. Die Vorteile liegen jedoch im hohen elektrischen Wirkungsgrad.

BHKW mit Abgas-Abwärmeauskopplung von Jenbacher

Gasturbinen als Wärmeerzeuger

Wärmequelle:

• Abwärme als Heißgas (bis zu 550 °C)

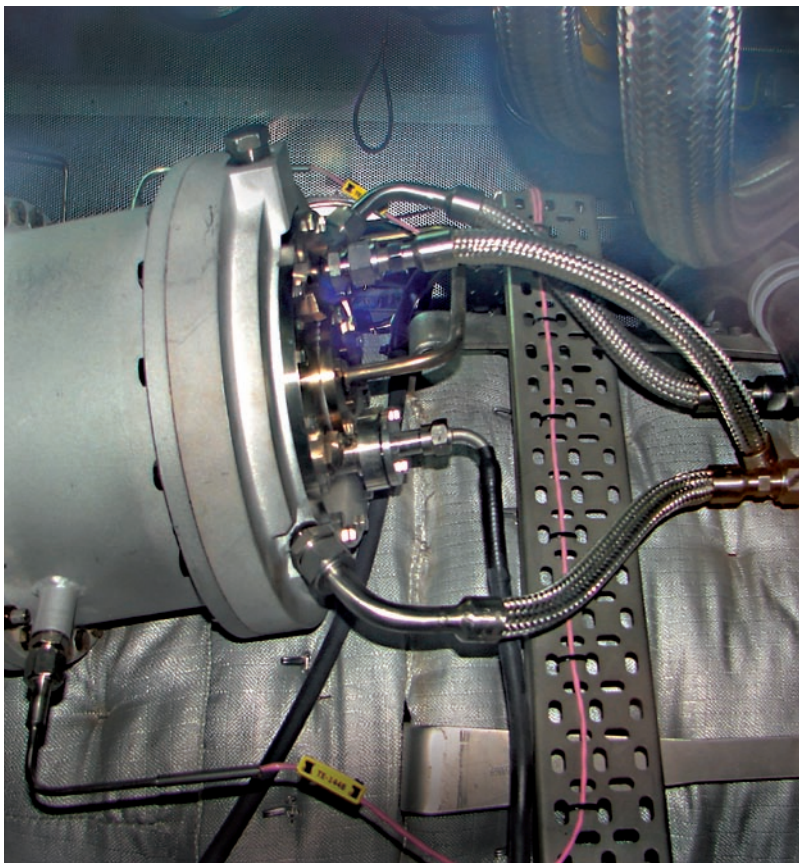
Temperatur: Das Abgas aus Gasturbinen erlaubt wegen seiner hohen Temperatur (bis zu 550 °C) praktisch alle Konvektionstrocknerprozesse direkt oder indirekt (mit Zwischenwärmetauscher) zu versorgen.

Bei der **direkten** Abgaswärmenutzung muss die erforderliche bzw. zulässige Trocknereintrittstemperatur durch „Kaltluftbeimischung" erfolgen. Dieser Mischvorgang erfordert wegen der verfahrens- und sicherheitstechnischen Relevanz eine sehr sorgfältige Planung. Wegen der hohen Abgastemperatur ist auch die Materialauswahl für die heißgasführenden Systemkomponenten von großer Bedeutung. Vorteilhaft bei der direkten Abgasnutzung aus Gasturbinen ist der relativ hohe Abgasdruck der Turbinen. Ein Druckverlust im Heißgasnetz bis ca. 30 mbar kann ohne Zusatzgebläse überwunden werden.

Fazit: Durch die direkte Abgaswärmenutzung sind mit dem KWK-System sehr hohe Gesamtwirkungsgrade bis > 85 % zu erreichen. Die hohe Reinheit und Sterilität der Abgase aus Gasturbinen erlaubt oft auch sensibles Trocknungsgut direkt mit Abgasen aus Gasturbinen zu trocknen.

Abgaskanäle mit Längenkompensator (Foto: Crespel & Deiters)

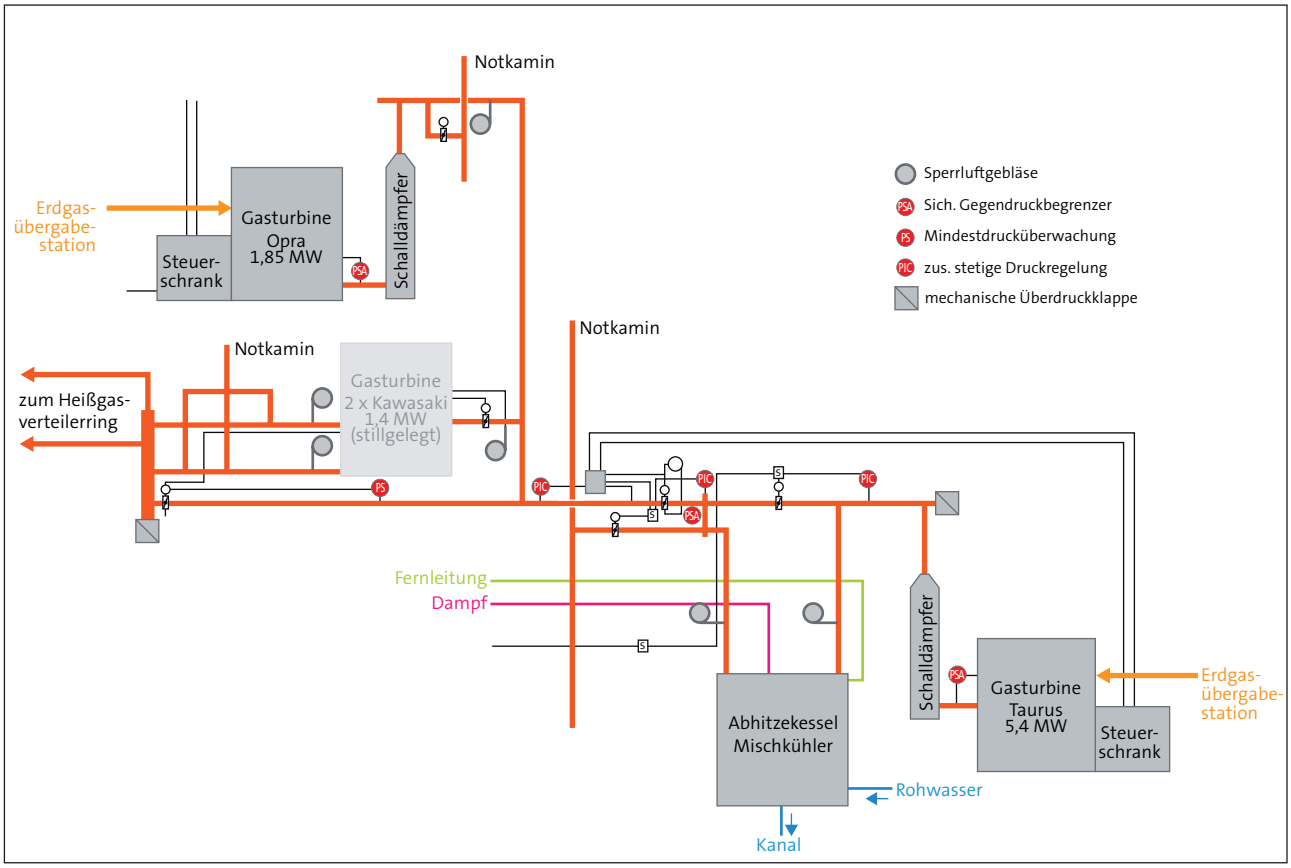
Brennkammer einer Taurus 5,4 MW (Foto: Crespel & Deiters)



Für Anwendungsfälle, in denen der Trocknungsprozess mit Gasturbinenabgas z. B. wegen hoher Anforderungen an die Produktreinheit oder aus Sicherheitsgründen (Explosionsschutz) **keine direkte** Abgaswärmenutzung zulässt, kann auch ein Abgas- /Luftwärmetauscher für die Erwärmung der Trocknerluft eingesetzt werden. Mit dieser Lösung wird die Regelung der Temperatur am Trocknereintritt, bei etwas schlechterem Wirkungsgrad, einfacher. Eine kostengünstigere Alternative zum Abgas-/Luftwärmetauscher (große Abmessungen, sehr materialaufwendig) ist die vielfach angewandte und bewährte „klassische Kombination“ aus Gasturbine und Abhitzekessel. Mit dem Abhitzekessel kann die erforderliche Energie zur Erwärmung der Trocknerluft vorzugsweise in Form von Dampf, Heißwasser oder Thermoöl bereitgestellt werden.

Fazit: Die Gesamtwirkungsgrade der direkten Abgaswärmenutzung werden bei der Kombination Gasturbine/Abhitzekessel nicht erreicht. Verfahrenstechnisch besonders interessant ist die Kombination von direkter Abgasnutzung für Trocknungsprozesse und Abhitzekessel, z. B. zur Dampferzeugung. Diese Kombination bietet ein Höchstmaß an Anwendungsflexibilität, besonders wenn in einem Produktionsprozess sowohl Kontakttrockner als auch Konvektionstrockner zu versorgen sind. Dies ist z. B. bei der Stärkeherstellung aus Getreide der Fall.

Prozessschaubild: Crespel & Deiters

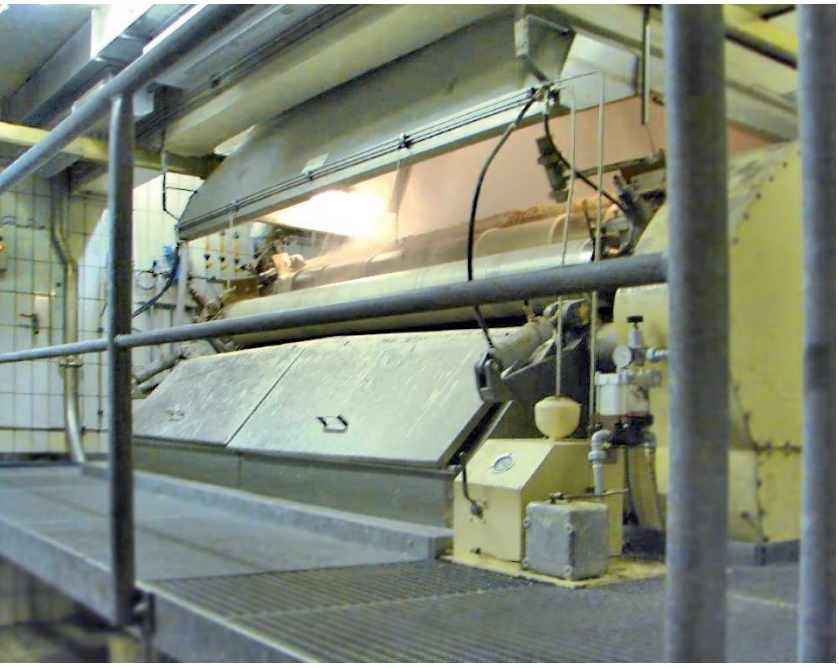


3 Einsatzgebiete für direkte und indirekte Trocknung

Sowohl bei Kontakttrocknern als auch bei indirekt beheizten Konvektionstrocknern ist das Trocknungsgut durch die Wärmetauscherfläche vom Trocknungsmedium getrennt. Ein Stoffaustausch zwischen Trocknungsgut und Trocknungsmedium findet nicht statt.

Anders ist dies bei der direkten konvektiven Trocknung; hier steht das Trocknungsmedium in direktem Kontakt mit dem Trocknungsgut, womit Stoffaustauschvorgänge unvermeidlich sind. Die Anforderungen an das Trocknungsgut bestimmen im Prinzip die Systemvorgabe „direkte" oder „indirekte" Trocknung. Besonders in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie ist diese Frage von hoher Bedeutung. Entscheidend ist, dass der Trocknungsprozess auf das Trocknungsgut keinen nachhaltigen, negativen Einfluss hat. Wenn dies gewährleistet ist, dürfen Lebensmittel grundsätzlich auch direkt mit Heißgas aus offenen Flammen getrocknet werden. Die Erwärmung der Trocknerluft mit offenen Erdgasbrennern direkt im Trocknungsluftstrom wird schon lange praktiziert. Die sehr schadstoffarme und fast rückstandsfreie Verbrennung von Erdgas erlaubt dieses sehr effiziente Verfahren ohne Zwischenwärmetauscher.

Trocknungstrommel mit Heißdampf zum Trocknen einer Emulsion (Foto: Crespel & Deiters)



Wirbelschichttrockner (Foto: E.ON)

Einschränkungen in der direkten Abgas-Wärmenutzung aus KWK-Anlagen

Wenn folgende verfahrenstechnischen Voraussetzungen berücksichtigt und umgesetzt werden können, bietet die direkte Trocknung mit Abgasen aus KWK-Anlagen optimale Voraussetzungen, den Primärenergiebedarf für Trocknungsprozesse maßgeblich zu reduzieren.

Lebensmittel- und Futtermittelverarbeitung

Brennstoffe mit schadstoffbildenden Bestandteilen (z. B. Schwefelverbindungen) wie Heizöl EL aber auch Klär- und Deponiegas dürfen in der Lebensmittel- und Futtermittelverarbeitung zur direkten Abgaswärmenutzung nicht eingesetzt werden.

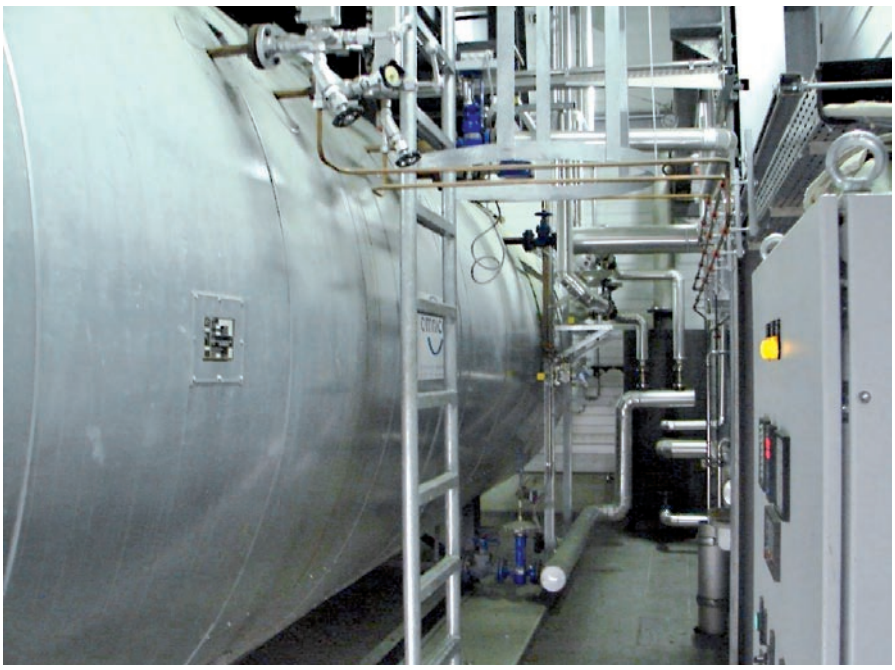
Auch mit Erdgas als Brennstoff sollten Abgase aus Gasmotoren wegen der geringen, aber unvermeidbaren Ölanteile im Abgas (Ölschlupf) in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie, für direkte Abgaswärmenutzung, nicht eingesetzt werden.

Der Einsatz von Erdgas-KWK-Anlagen mit direkter Abgaswärmenutzung ist in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie somit begrenzt auf Gasturbinen, weil dieses im Prinzip nur eine Variante der häufig praktizierten Trockenlufterwärmung mit offenen Erdgasbrennern ist.

Trocknung explosionsfähiger Stoffe

Für Trocknungsprozesse, bei denen explosionsfähige Stoffe, wie zum Beispiel Lösungsmittel anfallen, sind bei der direkten Abgaswärmenutzung hohe Sicherheitsanforderungen zu beachten. Dies gilt insbesondere für den Luftstrom und der Konzentrationsüberwachung. In der Regel darf ein Grenzwert von 20 % UEG (untere Explosionsgrenze des jeweiligen Stoffes) nicht überschritten werden. Bei der indirekten Trocknerbeheizung sind die sicherheitstechnischen Anforderungen zwar geringer, aber der Grenzwert von 20 % des UEG gilt hier genauso.

Abhitzekessel zur Prozessdampferzeugung (Foto: Crespel & Deiters)



Trocknung zündfähiger Lösemittelgemische

Trocknungsprozesse mit zündfähigen Lösemittelgemischen kommen vor allem bei Druckmaschinen und Beschichtungsanlagen vor. Bei Trocknersystemen an Druckmaschinen kennt man die direkte Trockenlufterwärmung mit offenen Gasbrennern. Ein wesentlicher Punkt bei der direkten Trocknung mit heißem Abgas ist die spezifische, vom Trocknungsgut vorgegebene Temperaturanforderung. Da die Abgastemperatur in der Regel zu hoch ist, muss bei der direkten Abgasnutzung kalte Außenluft zur Solltemperatureinstellung beigemischt werden. Sicherheitstechnisch spielt hierbei die Zündfähigkeit bzw. die Zündtemperatur des Trocknungsgutes eine wesentliche Rolle. Die Genauigkeit der Solltemperatureinhaltung ist hier von besonderer Bedeutung, 5 – 8 K sind aber durchaus zu realisieren. Wenn für den Trocknungsprozess Toleranzen der Solltemperatur von weniger als 3 – 4 K gefordert werden, ist die indirekte Trocknung zu bevorzugen.

Bei einer Umgebungsluft-Beimischung zur Solltemperatureinstellung spielt vor allem die optimale Durchmischung von Heiß- und Kaltluft eine wesentliche Rolle. Bei temperatursensiblem Trocknungsgut können sogenannte Kalt- oder Heißluftschlieren aufgrund ungenügender Vermischung erhebliche Probleme verursachen. Heißluftschlieren stellen unter Umständen auch sicherheitstechnisch ein Problem (Zündgefahr) dar.

4 Grenzen der KWK-Systeme zur Direkttrocknung

KWK-System mit Gasturbine

KWK-Systeme mit Gasturbine sind prinzipiell für alle Trocknerbauarten einsetzbar, wenn das zu trocknende Material einen Direktkontakt mit dem Heißgas zulässt.

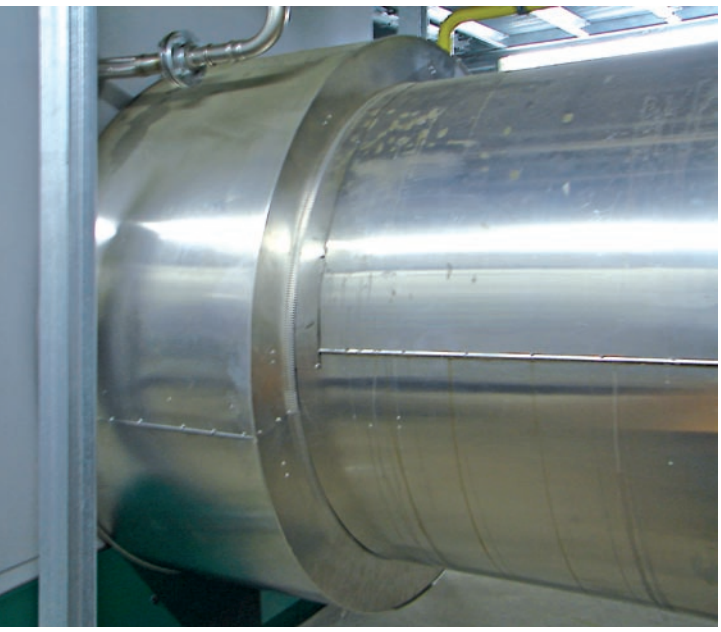
Einschränkungen bestehen hier vor allem bei besonderen Anforderungen bezüglich Lebensmittelreinheit und dem Explosionsschutz. Abgase aus Gasturbinen sind in der Regel gekennzeichnet durch hohe Temperaturen und hohe Massenströme. Die erforderlichen Prozesstemperaturen müssen durch Kaltluftbeimischung eingestellt werden. Besonders bei niedrigen Prozesslufttemperaturen kann dies zu Mischluftvolumenströmen führen, die den Prozessluftbedarf überschreiten. Ein wirtschaftlicher Betrieb der KWK-Anlage ist nur dann möglich, wenn für den Heißgasüberschuss zusätzliche Verbraucher vorhanden sind. Für Gasturbinen mit direkter Heißgasnutzung bietet sich dann der Einsatz eines Teilstrom-Abhitzekessels in einem geregelten Heißgas-Bypass zur Dampf- bzw. Prozesswärmeerzeugung an.

Auch eine Abwärmenutzung zur Kälteerzeugung mit Absorptionskältemaschinen kann eine interessante Nutzungsvariante für Überschusswärme darstellen. Zu bewerten sind hierbei die langfristigen Energiekosteneinsparungen gegenüber den erforderlichen Investitionskosten. Direkt beheizte Absorptionskältemaschinen, deren Prozess auf direkte Heißgasnutzung umgerüstet werden könnte, wären bezüglich der erreichbaren Wärmeverhältnisse interessant, werden aber noch nicht angeboten.

Insbesondere für Bandtrockner, Fliessbetttrockner, Kammertrockner, Schacht- und Flachtrockner können sich beim Gasturbineneinsatz hohe, nicht verwertbare Prozessluftmengen ergeben. In diesen Fällen ist eine zusätzliche Wärmenutzung für einen wirtschaftlichen Betrieb unumgänglich. Beim Einsatz an Sprühtrocknern ist wegen des hohen Prozessluftbedarfes oft eine direkte Heißgasnutzung auch ohne Zusatzverbraucher möglich. Die große Ingenieuraufgabe besteht beim Einsatz von Gasturbinen zur direkten Heißgasnutzung in der Leistungsanpassung an den Energie- bzw. Prozessluftbedarf der Trockner.

Der Leistungsbereich von 0,5 – 1,9 MW_{el} entspricht einer Heißgasmenge von ~4 – 9 kg/s. Sollten für Trocknungszwecke jedoch geringere heiße Gasmengen benötigt werden, finden sich auf dem Markt leider nur wenige Aggregate. Eventuell können Mikrogasturbinen eine Alternative darstellen, deren Leistungsbereich zwischen 30 und 200 kW_{el} liegt, für die es jedoch nur einen Hersteller gibt.

Heißgaskanal im Auslass der Gasturbine (Foto: Crespel & Deiters)



Isolierter Kompensator (Foto: Crespel & Deiters)

KWK-System mit Gasmotor

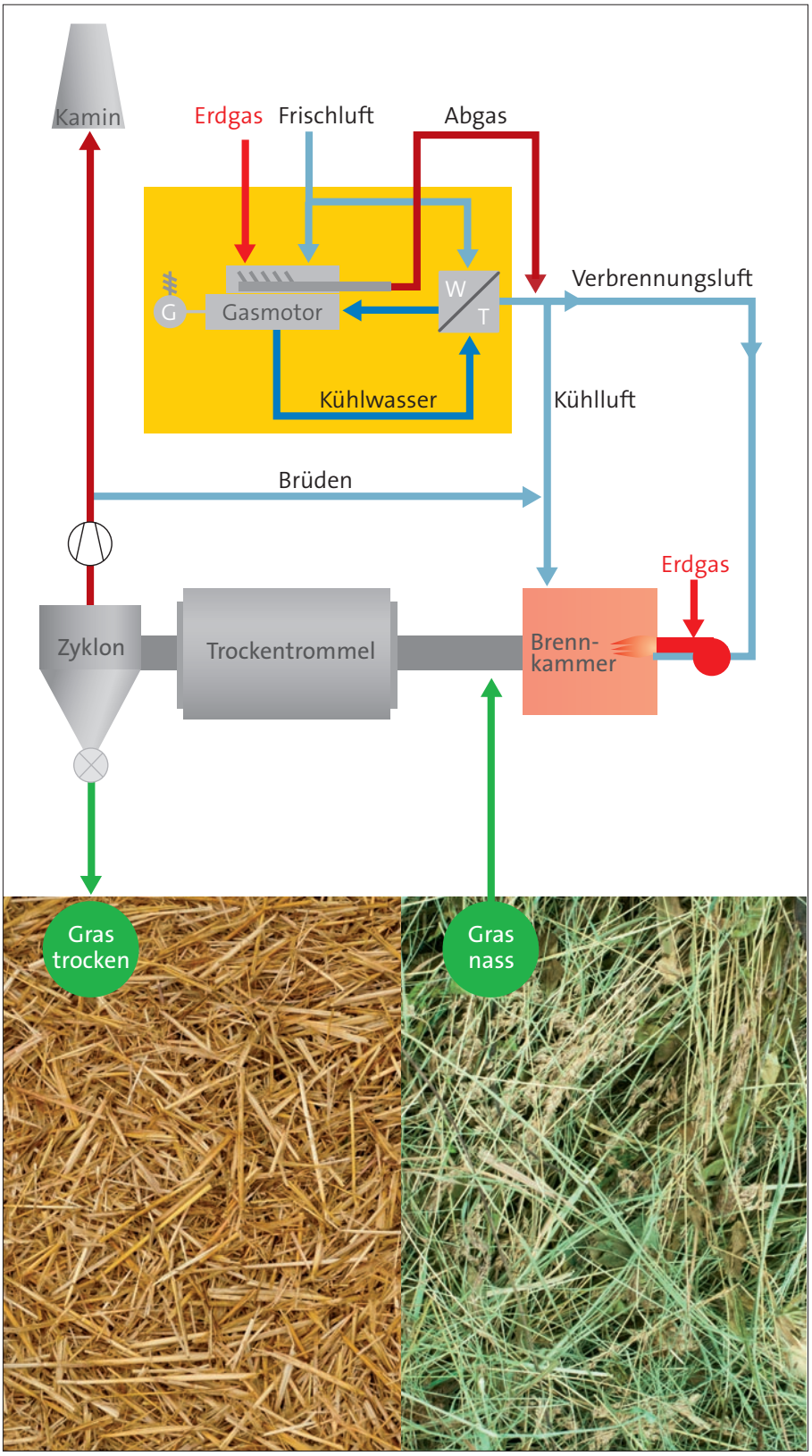
Kennzeichnend für KWK-Anlagen mit Gasmotoren ist die im Vergleich zur elektrischen Leistung relativ niedrige, direkt als Heißgas nutzbare Abgasmenge.

Problematisch für den Einsatz von Gasmotoren zur direkten Trocknung ist das ungünstige Verhältnis von Abgasleistung (Heißgasmenge) zur Niedertemperaturwärme (Kühlwasser) und elektrischer Leistung. Die Motorauslegung nur nach dem erforderlichen Trocknerluftbedarf und dem verfügbaren Abgasmassenstrom würde zu einer unwirtschaftlich hohen Gesamtleistung der KWK-Anlage führen. Der für KWK-Anlagen geforderte Primärenergienutzungsgrad von > 70 % wäre wegen der schlechten Nutzung des Kühlwassers mit einer solchen Anlage kaum zu erreichen. Idealerweise könnte die Kühlwasserwärme am Trockner prozessgekoppelt z. B. zur Außenluft-Vorwärmung genutzt werden.

Im Gegensatz zu Gasturbinen ist eine monovalente Heißluftversorgung von Trocknern durch Einsatz von Gasmotoren in der Regel nicht sinnvoll. Eine Leistungsanpassung über Gaszusatzbrenner ist sinnvoll und bei Systemen mit direkter Trocknung einfach zu realisieren.

Wenn der elektrische Leistungsbedarf im Vordergrund steht und die Abgaswärmenutzung zur direkten Trocknung nur als Zusatzleistung betrachtet wird, kann eine KWK-Anlage mit Gasmotor wegen des hohen elektrischen Wirkungsgrades bis über 45 % eine interessante Variante darstellen. Zum Beispiel werden die neuen Kawasaki-Motoren (> 6 MW) mit Wirkungsgraden von ~ 49 % bereits häufiger eingesetzt.

Einbindung eines motorischen BHKWs in die Trocknungsanlage (Quelle: E.ON)



5 Bewertung

Direkte Trocknung mit Abgasen aus KWK-Anlagen

Trotz hoher regelungstechnischer und sicherheitstechnischer Anforderungen ist die direkte Abwärmenutzung aus dem Abgas von KWK-Anlagen mit Gasturbinen und Verbrennungsmotoren für viele konvektive Trocknungsprozesse eine interessante Variante zur konventionellen Prozesswärmeerzeugung. Fehlende Wärmetauscher, bei direkter Abwärmenutzung, reduzieren nicht nur die Investitionskosten, sondern senken auch, durch fehlende Übertragungsverluste, die Betriebskosten. Die prozessgekoppelte KWK-Strom- und Wärmeerzeugung führt zu deutlichen Reduzierungen der leistungsvergleichbaren CO_2-Emissionen.

Besonders mit Gasturbinen sind bivalente Systeme mit direkter Abwärmenutzung und Prozessdampferzeugung sehr gut zu realisieren.

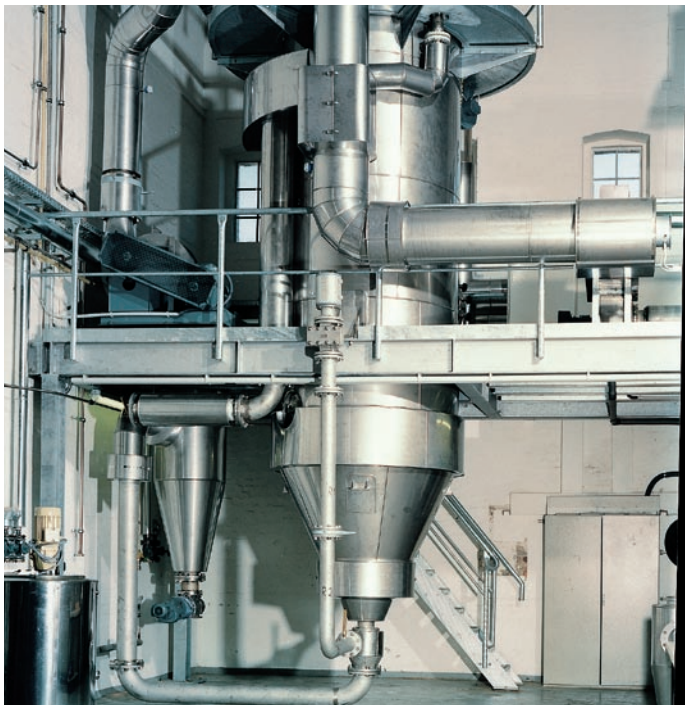
Auch Gasmotoren können für bivalente Systeme mit direkter Heißgasnutzung und Warmwassernutzung für Niedertemperatur-Anwendungen eingesetzt werden. Im Vergleich zu Gasturbinen kann dies bei entsprechenden Prozessanforderungen besonders mit Blick auf die Investitionskosten eine interessante Alternative sein.

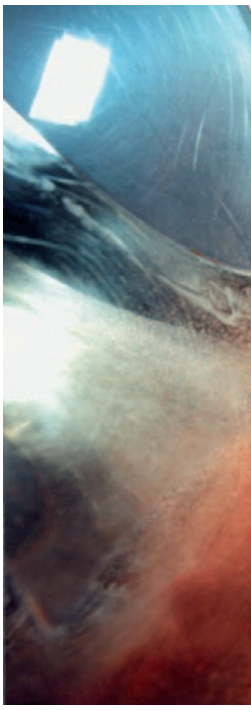
Kennzeichnend für Gasmotoranlagen ist die im Vergleich zur elektrischen Leistung rel. niedrige, direkt als Heißgas nutzbare Abgasmenge und die im Abgas enthaltenen (geringen) Ölpartikel aus dem Motorschmieröl.

Grundvoraussetzung für den KWK-Einsatz ist ein prozessgekoppelter Strom- und Prozesswärmebedarf mit hohem Bedarfsgleichzeitigkeitsfaktor. Gegebenenfalls kann Überschussstrom bei entsprechender Einspeisevergütung in das Netz zurückgespeist werden.

Trommeltrockner

Kombinations-Sprühtrockner





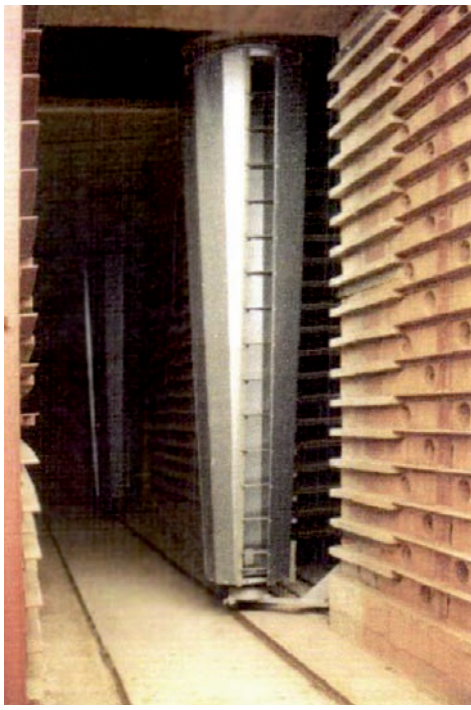
Trocknungsprozesse, die für direkten Heißgaseinsatz aus KWK-Anlagen geeignet sind:

Bauart	Prozesstemperatur
konvektive Trocknung	> 550 °C
Sprühtrockner, vor allem „Ringtrockner“ und „Turmtrockner“	ca. 550 °C
Wirbelschichttrockner auch als Kombinationstrockner (Kombinationssprühtrockner)	ca. 550 °C
Rohrtrockner	ca. 550 °C
Trommeltrockner	ca. 550 °C
Bandtrockner, ähnliches Verfahren Trocknung von bahnförmigen Medien	ca. 250 °C
Fließbetttrockner	ca. 300 °C
Kammertrockner, ähnliches Verfahren Trocken- und Brenntunnel in der in der Ziegel- und Keramikindustrie	> 200 – 250 °C
Schachttrockner	ca. 200 °C
Flachtrockner	ca. 200 °C

Wirbelschichttrockner

Schachttrockner

Kammertrockner



6 Wichtige Planungsgrundsätze

Wenn folgende Grundsätze bereits bei der Planung von direkten Trocknungssystemen mit Abgasen aus KWK-Anlagen beachtet werden, ist die Installation eines zuverlässigen und kostenoptimierten Systems gewährleistet:

Druck	Der Druckverlust des gesamten Heißgassystems sollte deutlich geringer sein als der zulässige Abgasgegendruck der KWK-Anlage, mindestens um 10 – 15 mbar.
Heißluftkanäle	Die Dimensionierung der Heißluftkanäle sollte nach dieser Vorgabe erfolgen.
Heißgasventilatoren	Auf zusätzliche Heißgasventilatoren sollte unbedingt verzichtet werden.
Heißgasregel-klappen	Heißgasregelklappen zur Prozesstemperaturregelung sind sehr genau zu dimensionieren und sorgfältig auszulegen. Bei größeren Dimensionen sollten mehrflügelige Klappen eingesetzt werden. Auch beim Anbau der Antriebe sind die hohen Temperaturen zu beachten. Sicherheitsabsperrklappen sind als Doppelscheibenklappen mit Sperrluft-gebläsen auszuführen.
Heißgas-/ Kaltluftmischung	Die Heißgas-/Kaltluftmischung zur Einstellung der erforderlichen Prozesstemperatur muss, orientiert an den örtlichen Gegebenheiten, sehr sorgfältig projektiert werden. Die Gefahr der Schlierenbildung mit unterschiedlichen Temperaturen, selbst über weite Strecken im Heißluftkanal, darf nicht auftreten, da sie die erforderliche Prozesstempera-turmessung verfälscht. Heißluftschlieren können ein erhebliches Sicherheitsproblem durch ihre Zündgefahr darstellen.
Messpunkte	Die Messpunkte der Prozesslufttemperaturregelung sind besonders sorgfältig zu platzieren, gegebenenfalls sind über Mittelwertbildung mehrere Messpunkte auszuwerten.
Material	Wegen der hohen Heißgastemperaturen, insbesondere bei Gasturbinen, ist die richtige Materialauswahl für die heißgasführenden Komponenten sehr wichtig. Die maximal auftretende Heißgastemperatur ist zu berücksichtigen, nicht etwa die Soll- oder Prozess-temperatur. Bei Gasturbinen wird man die üblichen Materialien wie z. B. 16Mo3 oder 1.4301 nicht immer einsetzen können und z. B. auf das Material 1.4628 zurückgreifen müssen. Auch die Materialstabilität bei den hohen Temperaturen und hohen Dehnungs-kräften ist zu berücksichtigen.
Kompensatoren	Die Auswahl und Auslegung von Kompensatoren ist wegen der hohen Heißgastem-peraturen funktionsentscheidend für den Heißgastransport. Bei der Bewertung der Kompensatorkräfte, Festpunkte und Netzdehnung ist der Netzinnendruck (Kräfte bei Heißgasdruck z. B. 30 mbar) unbedingt zu berücksichtigen.
Weichstoff-kompensatoren	Mehrlagige Weichstoffkompensatoren dürfen keinesfalls isoliert werden. Mit einer Auslegung der Netz- und Komponentenisolierung auf ca. 60 °C Oberflächentemperatur werden sowohl sicherheitstechnische Anforderungen erfüllt als auch wirtschaftliche Isolierstärken erreicht.
Ansaugluftfilterung	Die übliche Ansaugluftfilterung für KWK-Anlagen ist insbesondere bei Gasturbinen für die meisten Trocknungsanwendungen durchaus ausreichend (mind. F5 + F7). Sind zusätzliche Ansaugfiltersysteme (z. B. F 9) erforderlich, ist darauf zu achten, dass der zulässige Ansauggegendruck der KWK-Anlage im zulässigen Bereich bleibt (Leistungs-minderung).
Zusatzbrenner-system	Falls ein Zusatzbrennersystem erforderlich wird, sollten bei Anlagen mit direkter Trock-nung, möglichst Flächenbrenner mit offener Flamme, direkt im Luftstrom eingesetzt werden.
Kamin	Trotz direkter Heißgasnutzung muss ein Kamin mit Absperr- und Regelklappe vor allem für den Anfahrbetrieb, den Notbetrieb sowie bei nicht vermeidbarem Heißgas-überschuss, vorgesehen werden. Besondere zusätzliche Anforderungen vor allem an den Heißgasschalldämpfer des KWK-Packages bestehen bei der direkten Trocknung mit KWK-Heißgas in der Regel nicht. Der Druckverlust des Schalldämpfers muss beim zulässigen Gesamtdruckverlust des Heißgasnetzes berücksichtigt werden.

7 Zusammenfassung

Die direkte Prozesswärmeversorgung mit heißen Abgasen aus KWK-Anlagen ist ein wesentlicher Beitrag, den Primärenergiebedarf von Trocknungsprozessen deutlich zu reduzieren. Bei der direkten Prozesswärmeerzeugung ohne Zwischenwärmetausch und der prozessgekoppelten Stromerzeugung mit KWK-Anlagen sind die Vorteile bezüglich rationeller Primärenergienutzung besonders ausgeprägt. Entsprechend positiv ist auch die CO_2-Bilanz dieser KWK-Nutzung. Das Trocknungsverfahren und das Trocknungsgut sowie der erforderliche Prozess-Heißgasbedarf bestimmen im Wesentlichen die Verfahrens-Entscheidung zum KWK-Prozess (d. h. Gasmotor oder Gasturbine). Die grundsätzlichen Einschränkungen werden durch das Trocknungsgut vorgegeben, sie sind vergleichbar mit denen für Trocknersysteme mit offenen Erdgasbrennern. Dieses sind im Wesentlichen Hygiene- und Ex-Schutz-Anforderungen. Für die Trocknung von Lebens- und Futtermitteln sowie Artikeln des Gesundheitsbedarfs bestehen bezüglich Gasmotor-KWK-Anlagen Einschränkungen wegen der unvermeidbaren Ölpartikel. Auch dem Prozess nachgeschaltete Abluftreinigungsanlagen werden durch die direkte Trocknung mit Abgasen aus KWK-Anlagen in der Regel nicht beeinflusst, wenn sich die Abluftvolumenströme nicht bedeutend ändern. Auch der Feuchteeintrag durch die Erdgasverbrennung hat bei der direkten Trocknung auf viele Trocknungsgüter einen durchaus positiven Einfluss.

8 Weitere Informationen

Gasturbinen-Kenndaten/-Referenzen
Bestellnummer: 11 05 06

BHKW-Kenndaten
Bestellnummer: 05 07 11

Herausgeber
ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e.V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung
ASUE-Arbeitskreis Gasturbinentechnik

Grafik
Kristina Weddeling, Essen

Bezug
energiedruck
Verlag für sparsamen und
umweltfreundlichen Energieverbrauch
Girardetstraße 2-38, Eingang 4
45131 Essen

Telefon 02 01 / 799 89 204
Telefax 02 01 / 799 89 206
www.energiedruck.de
bestellung@energiedruck.de

Direkte Trocknung
mit Abgasen aus KWK-Anlagen
Bestellnummer: 11 01 14
Schutzgebühr: 2,52 € / 2,70 €
(zzgl./inkl. 7 % MwSt.)
Stand: Januar 2014

Überreicht durch:

Hinweis
Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr
für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben.