



Brände an Blockheizkraftwerken

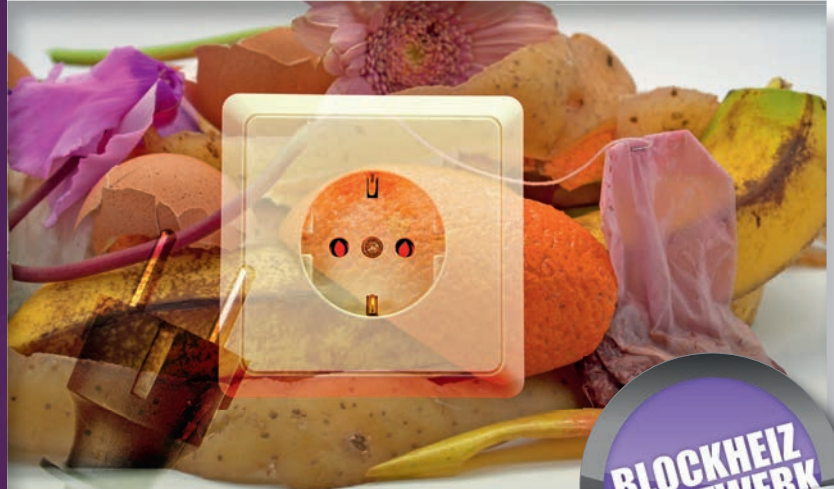
Grundsätzliches zu Blockheizkraftwerken

BLOCKHEIZKRAFTWERKE, auch Motorheizkraftwerke genannt, stellen eine Untergruppe der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) dar. Bei der Kraft-Wärme-Kopplung wird Energie in einer Verbrennungsanlage gleichzeitig in mechanische oder elektrische Energie und nutzbare Wärme umgewandelt. Die thermische Leistung von KWK-Anlagen reicht von wenigen Kilowatt bis zu mehreren hundert Megawatt.

Neben den Blockheizkraftwerken gehören unter anderem auch noch Gasturbinen-Heizkraftwerke, Stirlingmotoren und Brennstoffzellen zu den Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. Da sich Strom leicht, Wärme aber nur deutlich schwieriger transportieren lässt, werden KWK-Anlagen in der Regel an der Stelle aufgebaut, an der die Wärme benötigt wird.

Blockheizkraftwerke (BHKW) sind modular aufgebaut und bestehen im Wesentlichen aus einem Verbrennungsmotor (Otto- oder Dieselmotor) als Antrieb und einem Generator zur Stromerzeugung. Betrieben werden die Verbrennungsmotoren von BHKWs mit Diesel, Pflanzenöl oder Gas.

Beim Betrieb mit Klärgas auf Gaszusammensetzung achten



Vorstellung der beiden Schadenfälle

Nach zwei Brandereignissen im Abstand von nur elf Tagen an zwei Blockheizkraftwerken in einer städtischen Kläranlage wurde der Autor mit der Untersuchung der Schadenstelle und der Ermittlung der Brandursache beauftragt.

Die beiden Brandereignisse fanden in einem Technikraum eines Betriebsgebäudes der Kläranlage statt. In dem Technikraum waren zwei Blockheizkraftwerke aufgestellt, die mit Klärgas betrieben wurden und der Strom- und Wärmeerzeugung dienen. Der in den BHKWs erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die anfallende Wärme dient der Erwärmung der Gebäude der Kläranlage und des angegliederten städtischen Bauhofs. Die BHKWs weisen jeweils eine elektrische Leistung von 65kW und eine thermische Leistung von 97kW auf. Sie verfügen jeweils über einen Sechszylinder-Gasmotor und einen Generator, die gemeinsam mit den Starterbatterien und dem Wärmetauscher in einem Stahlblechgehäuse montiert sind. Die Schaltanlage und die Steuerung befinden sich in einem separaten Schaltschrank.

Der erste Brandschaden

Die Inbetriebnahme der beiden BHKWs fand etwa acht Monate vor dem ersten Brandereignis statt. Etwa zwei Wochen vor dem ersten Brand wurde durch Mitarbeiter des Betreibers der BHKWs ein unruhiger Lauf der Verbrennungsmotoren in den Blockheizkraftwerken festgestellt. Daraufhin führten Mitarbeiter des Herstellers vier Tage vor dem Brand Zwischenwartungen der beiden BHKWs durch. Am Tag des ersten Brandes wurde zunächst eine Überdrehzahl des Motors festgestellt. Daraufhin wurde ein Kundendiensttechniker angefordert. Dieser soll festgestellt haben, dass der Schlauch vom Luftfilter zum ▶



Bild 1 | Außenansicht eines der brandbetroffenen Blockheizkraftwerke



Bild 2 | Darstellung der Brandschäden am zweiten brandbetroffenen BHKW im Bereich des Generators

Mischer abgefallen war. Die Ursache hierfür lag aus Sicht des Autors mit hoher Wahrscheinlichkeit in einer Verpuffung im Ansaugkrümmer. Der Schlauch soll daraufhin wieder befestigt und ein neuer Luftfilter montiert worden sein. Danach soll der Motor in diesem BHKW wieder normal gelaufen sein.

Wenig später dann, um 18:09 Uhr, wurde ein Mitarbeiter der Kläranlage telefonisch von der Leitstelle über einen Ausfall der BHKWs informiert. Beim Eintreffen stellte dieser Mitarbeiter einen Brand in einem der BHKWs fest und löschte diesen mittels Feuerlöschern ab. Das andere BHKW und das Gebäude wurden durch thermische Einwirkungen und Rauchgaskondensatablagerungen in das Brandereignis involviert.

Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist, dass dem Betreiber bereits vor dem ersten Brandschaden Analysenergebnisse des Verbrennungsgases (Klär gas) vorlagen, die viel zu hohe Siloxan-Konzentrationen auswiesen, nämlich 32 mg/m^3 bezogen auf Silizium. Der Hersteller gibt 2 mg/m^3 als Grenzwert an (siehe Kasten). Sowohl der Hersteller als auch das Analysenlabor informierten den Betreiber über die zu erwartenden Schäden am Motor bei zu hohen Siloxan-Konzentrationen.

Der zweite Brandschaden

Das während des ersten Brandschadens betroffene BHKW wurde demontiert und zum Hersteller transportiert. Das Gebäude wurde gereinigt und das nicht direkt brandbetroffene BHKW durch Mitarbeiter der Herstellerfirma vor Ort instand gesetzt und sieben Tage nach dem ersten Brand probeweise in Betrieb genommen. Die endgültige Wiederinbetriebnahme des unbeschädigten BHKWs erfolgte elf Tage nach dem

SILOXANE – zu hohe Konzentrationen sind schädlich für den Motor

Siloxane sind synthetische organische Siliziumverbindungen, die in zahlreichen Alltagsprodukten, unter anderem in Kosmetika, Deodorants, Seifen und Waschmitteln, Verwendung finden. Durch Siedlungs- oder Industrieabwässer gelangen Siloxane in die Kläranlagen und reichern sich dort im Klärschlamm an. Bei der Verbrennung des Klärgases in Gasmotoren verursachen Siloxane siliziumhaltige Ablagerungen (Siliziumdioxid oder auch Sand genannt) auf Motorteilen, was zu einem erhöhten Verschleiß führt. Dabei bilden sich im Motor weiß-graue Ablagerungen, die über das Motoröl im Inneren des Motors weiter verteilt werden. Davon betroffen sind zum Beispiel Ventile, Zylinderköpfe, Turbinenschaukeln und Rohrleitungen. Um Schäden an Gasmotoren zu vermeiden, müssen die Siloxane aus dem Klärgas gefiltert werden. Dies geschieht in der Regel durch Einsatz von Aktivkohlefiltern. In den Mindestanforderungen an die Gasqualität für Gasmotoren gibt der Hersteller einen maximalen Grenzwert von $2 \text{ mg/Nm}^3 \text{ CH}_4$ (Normkubikmeter Methan) für den Siliziumgehalt vor und fordert Rücksprache bei höherer Konzentration.



Bild 3 | Zwischen dem Generator und dem Außengehäuse des BHKW sind das Zündregelgerät und die Starterbatterien eingebaut.

ersten Brandereignis. Doch noch am selben Tag wurde ein Mitarbeiter der Kläranlage um etwa 21:05 Uhr über einen Ausfall des BHKWs informiert. Bei seinem Eintreffen stellte dieser Mitarbeiter einen Brand im BHKW fest und löschte diesen mittels Feuerlöschern ab.

Die Ursachenermittlung

Das beim zweiten Brandereignis brandsursächliche BHKW wurde an der Schadenstelle durch den Autor in Augenschein genommen. Dabei konnte ein markanter Schadensschwerpunkt in dem Bereich oberhalb des Generators sowie zwischen dem Generator und dem Außengehäuse des BHKW lokalisiert werden. Auf dem Generator befindet sich der Generatoranschlusskasten mit dem darauf montierten Luftfilter. Zwischen dem Generator und dem Außengehäuse des BHKW sind die beiden in Reihe geschalteten Starterbatterien und die Zündregelung des Motors montiert. Weiterhin sind im oberen Bereich des Generators und des Motors intensiv ausgeprägte Brandspuren und Spuren thermischer Einwirkungen vorhanden. Dies gilt insbesondere für den Ansaugkrümmer, den Ladeluftkühler, den Turbolader und den Gasmischer. Der Luftfilter, der auf dem Generatoranschlusskasten montiert war, bestand im Wesentlichen aus brennbaren Materialien und verfügte über ein Kunststoffgehäuse. Dieser ist nahezu vollständig verbrannt. Der Ansaugkrümmer am Motor ist intensiv mit Ruß beaufschlagt und zeigt beim Blick auf die Ansaugseite des Motors eine markante Weißbrandstelle im Bereich des zweiten und dritten Zylinders von links (**Bild 1 bis 4**).

Nach der ersten Inaugenscheinnahme des BHKW an der Schadenstelle schien nach Bewertung des Brandspurenbildes eine Brandverursachung im Montagebereich der Starterbatterien und des Zündregelgerätes möglich. Mit der Einschränkung, dass die eigentliche Ursache auch an anderer Stelle im BHKW liegen könne.

Bei dem gemeinsamen Besichtigungstermin wurden durch einen anwesenden Mitarbeiter des Herstellers des Blockheizkraftwerks aus der Steuerung der beiden BHKWs die jeweils letzten 490 gespeicherten Ereignisse ausgelesen und dem Verfasser zur Verfügung gestellt. Die anschließende Auswertung dieser Tabellen ergab, dass die Motoren der beiden betroffenen BHKWs vor den Brandereignissen jeweils mit schwankenden Drehzahlen gelaufen sind und dabei keine oder eine nur sehr geringe elektrische Leistung erzeugt haben. Für das als zweites ▶



Bild 4 | Anblick der Ansaugseite des Gasmotors im zweiten brandbetroffenen BHKW



Bild 5 | Anblick des ersten brandbetroffenen BHKW im Bereich der Starterbatterien

in Brand geratene BHKW gilt dieses für einen Zeitraum von mehr als zwei Stunden, sodass nach Auswertung dieser Unterlagen ein elektrotechnischer Defekt als Brandursache im Bereich der Starterbatterien oder des Zündregelgerätes nicht mehr als plausibel anzusehen war.

Das zuerst in Brand geratene BHKW wurde durch den Verfasser gemeinsam mit einem Mitarbeiter des Herstellers in den Betriebsräumen der Herstellerfirma näher untersucht. Das Brandspurenbild an diesem Blockheizkraftwerk ähnelte dem Brandspurenbild an dem an der Schadenstelle besichtigten BHKW, war allerdings in weiten Teilen deutlich intensiver ausgeprägt (**Bild 5 und 6**). Auch hier zeigte sich beim Blick auf die Ansaugseite des Motors eine markante Weißbrandstelle im Bereich des zweiten und dritten Zylinders von links.

Im Übrigen lagen intensiv ausgeprägte Brandschäden und Spuren thermischer Einwirkungen an allen Komponenten im oberen Bereich innerhalb des Gehäuses des BHKW vor und es zeigte sich ein Schadensschwerpunkt am Montageplatz der Starterbatterien und des Zündregelgerätes zwischen dem Generator und dem äußeren Gehäuse des BHKW.

Bei der Demontage des Gasmischers, des Turboladers, des Ladeluftkrümmers, der Drosselklappe und des Ansaugkrümmers zeigten sich im Inneren dieser Bauteile jeweils intensive Rußbeaufschlagungen (**Bild 7 bis 9**). Diese Bauteile wiesen zudem markante Spuren intensiver thermischer Einwirkungen auf. Der Turbolader war teilweise zerstört. Bei der Demontage des Zylinderkopfes der ersten beiden Zylinder wurden an den Ventilen und im Brennraum ausgeprägte weiß-graue Ablagerungen festgestellt. Auch im Bereich der Ventilsitze der Zuluftventile waren umfangreiche Ablagerungen vorhanden. Von diesen Ablagerungen wurden Proben genommen, die im Labor des IFS mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (englisch: energy dispersive X-ray spectroscopy, EDX) untersucht wurden. Auf diese Weise konnte die Elementzusammensetzung der Materialprobe bestimmt werden. Es wurde festgestellt, dass die untersuchten Proben im Wesentlichen aus Silizium und Sauerstoff bestanden. Dies ist ein Hinweis auf Siliziumdioxid, welches bei der Verbrennung von Siloxanen entsteht.



Bild 6 | Übersichtsaufnahme des Generators im ersten brandbetroffenen BHKW

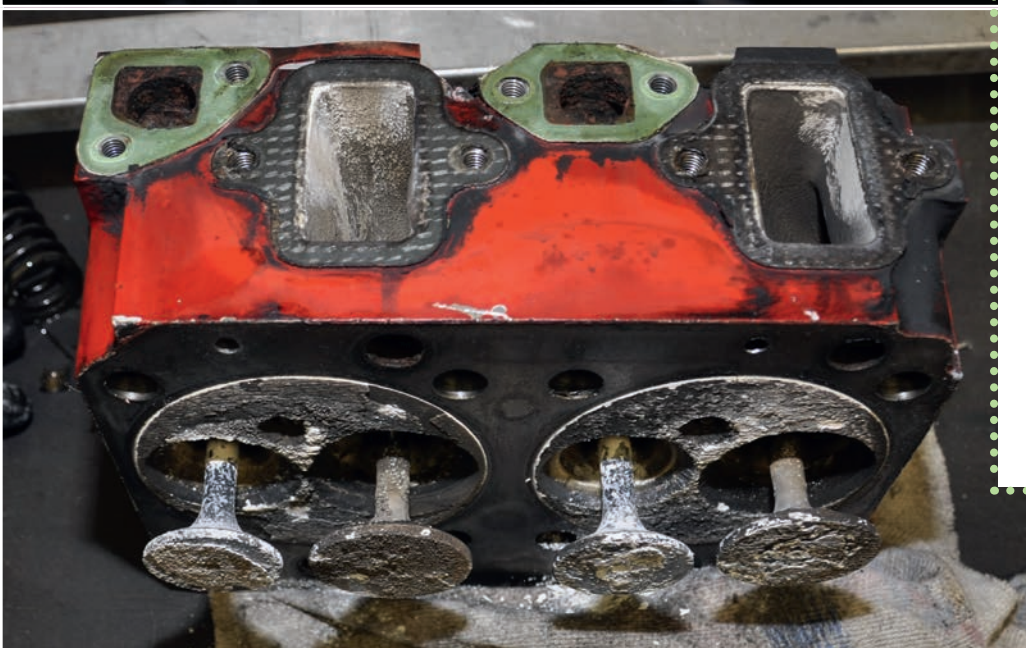
Bild 9 | Blick auf den demontierten ersten Zylinderkopf mit umfangreichen weiß-grauen Ablagerungen



Bild 7 | Der demontierte Gasmischer zeigt innen starke Verruungen.



Bild 8 | Im Inneren des Turboladers mit beschädigten Schaufellamellen liegen intensive Rußablagerungen vor.



Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen führten unter Berücksichtigung der im Laufe der Bearbeitung der Schadenfälle gesammelten Angaben und Informationen zu der Erkenntnis, dass beide Brandschäden durch Ablagerungen an den Ventilen und im Brennraum der Motoren verursacht wurden. Die Ablagerungen stammen aus dem Klärgas und sind durch die erhöhten Siloxanwerte verursacht worden. Durch die Ablagerungen kam es zu Undichtigkeiten an den Ventilen, wodurch es zu Rückzündungen in den Ansaugkrümmer kommen konnte. Da dort ein zündfähiges Gas-Luft-Gemisch vorhanden ist, konnte es dort zur Zündung und zum Rückbrand durch den Turbolader und den Gasmischer bis in den Luftfilter kommen. Der Luftfilter besteht nahezu vollständig aus brennbaren Materialien und wurde durch den Rückbrand entzündet. Es ist davon auszugehen, dass das Kunststoffgehäuse des Luftfilters brennend in den Bereich der Starterbatterien abtropfte oder herunterfiel und somit jeweils sekundär zu dem Brandschwerpunkt im Bereich der Starterbatterien führte.

Werden Blockheizkraftwerke mit Klärgasen betrieben, so ist die genaue Kenntnis über die Gaszusammensetzung sehr wichtig. Zu hohe Siloxanwerte führen zu Motorschäden und können, wie in diesen Beispielen gezeigt, sogar zum Brand führen. ■

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Hoyer,
Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V.,
Wiesbaden