

Huppmann

Technology paper

Juni 2008



Reduzierung von Geruchsemissionen aus dem Sudhaus

Zwischen Weimar und Jena gelegen, präsentiert sich die Vereinsbrauerei Apolda als traditionsreiches Unternehmen, dessen Geschichte bis zur Gründung im Jahre 1887 zurück reicht. Bekannt wurde die Brauerei aus der Glockengießerstadt Apolda vor allem während der 80er Jahre durch die Biersorte „Dominator“, die bis nach Bulgarien, Rumänien und Ungarn exportiert wurde. Mit dem politischen Umbruch erfolgten seit 1990 zahlreiche Investitionen, wie die Modernisierung des Kesselhauses, der Bau eines neuen Sudhauses (1), eines neuen Flaschenkellers und eines neuen Leergut- und Vollgutlagers mit Versandbüro. Doch strukturelle Veränderungen vollzogen sich auch im Umfeld der Brauerei. Durch umfangreiche Sanierungen benachbarter Großimmobilien und deren späteren Verkauf als Eigentumswohnungen wurde das Brauereiumfeld von neuen Nachbarn bezogen, die nur sehr geringes Verständnis für das Auftreten geruchsintensiver Emissionen aus dem Brauprozess haben. Eine bauliche Veränderung der Dunstkamine, welche durch eine vergrößerte Ableithöhe des Schwadens eine Verbesserung der Situation herbeiführen sollte, brachte aufgrund der Tallage nicht den gewünschten Erfolg. Besonders bei Schlechtwetterlagen und in der kalten Jahreszeit wurden die Schwaden des Sudhauses in Bodennähe gedrückt und zogen in Richtung der Wohnbebauung und des fast angrenzenden Marktplatzes.



Abb. 1: Blick vom Parkdeck eines Einkaufszentrums auf den Sudhausneubau (die Schwadenfahnen der Würzpfanne und der Flaschenwaschmaschine ziehen Richtung Marktplatz)

Zunehmende Beschwerden und Druck auf die Brauerei führten dann zu einem Gemeinschaftsprojekt zwischen der Vereinsbrauerei Apolda, der Luwatec GmbH und der Huppmann GmbH. Im Rahmen einer Versuchsinstallation wurde ein neues Verfahren zur Geruchsreduktion bei den Sudhausschwaden eingebaut, getestet und optimiert.

Verfahren zur Geruchsreduktion:

Alle Systeme zur Geruchsreduktion werden einem vorhandenen Brüdenkondensator (PfaDuKo) nachgeschaltet. Dadurch wird das Brüdenvolumen und somit die Gesamtmasse an organischen Kohlenstoff minimiert, gleichzeitig wird durch den PfaDuKo auch der Abbau der Emissionsspitzen bei der dynamischen Niederdruckkochung gewährleistet.

Bereits 2004 haben die Ingenieure von Huppmann bei der Brauerei Grolsch in Enschede ein Verfahren mit „Null-Emission“ realisiert. Die Brüden und Abluftströme aus den Sudgefäßen und dem PfaDuKo werden in ein gemeinsames Dunstrohr geführt. Über dieses Sammeldunstrohr werden die Brüden zusammen mit Verbrennungsluft einem Kleinkessel zugeführt, der mit Methan aus der brauereieigenen Kläranlage befeuert wird. Bei sauerstoffreicher Verbrennung werden die Aromabestandteile vollständig zu CO₂ und Wasser oxidiert und damit geruchlos gemacht. Die Verbrennungsanlage, das Engineering und die Installation der Sammelrohre sind jedoch aufwändig und kostenintensiv (2). Es stellte sich somit die Aufgabe, eine preiswertere Verfahrensalternative zu entwickeln, die zuverlässig und mit minimalen Wartungsaufwendungen einen Großteil der Gerüche neutralisiert.

Anlagen mit Gaswäschern und Biofiltern bieten heute noch keine ausreichende Betriebssicherheit und Effektivität bei der Geruchsreduktion. Der Wirkungsgrad von Gaswäschern kann durch den Einsatz eines Oxidationsmittels und oberflächenvergrößernder Schaumbildner gesteigert werden. Kann dazu die Ablauge der Flaschenwaschmaschine genutzt werden, lässt sich auch eine zusätzliche Belastung des Abwassers vermeiden. Bei hohen Schwadentemperaturen erfordern Biofilter eine Vorkühlung des zu behandelnden Prozessgases, um die im Filterbett enthaltenen Mikroorganismen nicht abzutöten. Längere Sudpausen stellen für Biofilter, die zur Geruchsreduktion in Sudhausbrüden eingesetzt werden, ein erhebliches Problem dar. Die im Filterbett enthaltenen Mikroorganismen müssen in diesem Fall mit organischem Material und Wärmeenergie versorgt werden, um weiterhin lebensfähig zu bleiben. Ein Neubesatz mit Mikroorganismen erfordert jeweils eine entsprechende Anlaufphase, bis die vollständige Wirksamkeit des Biofilters wieder erreicht wird. Die kontinuierliche Pflege des Filterbettes erfordert sehr viel Sorgfalt und permanente Kontrolle (3).

Die neue Lösung: Geruchsreduktion durch kalte Verbrennung

Ein neues Verfahren zur Reduktion von Geruchsemissionen nutzt Oxidationsreaktionen, bei denen aus Aromastoffen die geruchsneutralen Komponenten Kohlendioxid und Wasser generiert werden.

Dieser Vorgang kann auch als kalte Verbrennung bezeichnet werden:

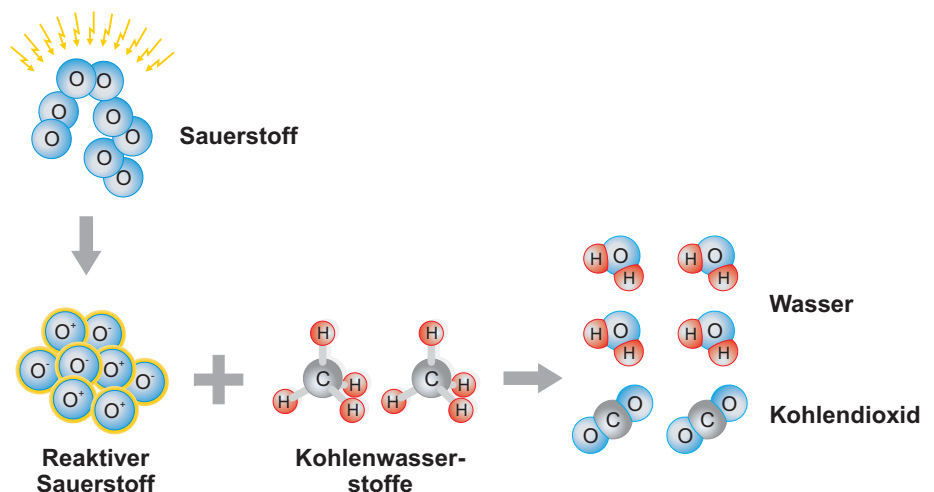


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung der „kalten“ Verbrennung

Durch Zuführung einer wohldosierten Energiemenge werden aus molekularem Sauerstoff Ionen mit Elektronenüberschuss (negative Ladung) und Elektronenmangel (positive Ladung) generiert. Diese geladenen Sauerstoffmoleküle greifen Kohlenwasserstoffe an und oxidieren diese bei ausreichend großer Dosierung vollständig zu Kohlendioxid und Wasser. Ein ähnlicher Vorgang findet in der Natur während eines Gewitters statt. Durch die abrupte Entladung der unterschiedlichen Potentiale aufeinandertreffender Luftmassen werden Blitze erzeugt, die bei ihrem Weg durch die Atmosphäre den in der Luft enthaltenen Sauerstoffmolekülen die nötige Aktivierungsenergie liefern, um geladene Sauerstoffionen zu erzeugen. Diese oxidieren die in der Luft enthaltenen Geruchsstoffmoleküle und führen zu der Wahrnehmung einer „sauberen“ Luft, die nach derartigen Wetterextremen häufig in Erscheinung tritt.

Als Lieferant für eine derartige Luftaufbereitungsanlage wurde die Firma Luwatec GmbH aus Weißenfels ausgewählt. Die Luwatec GmbH setzt dieses Verfahren (4) bereits seit Jahren erfolgreich in der Wasserdesinfektion und Luftentkeimung ein. Die Misch- und Reaktionsstrecken und die Prozessintegration lag in der Verantwortung von Huppmann.

Einsatz der Ionisationsanlage im Sudhaus der Vereinsbrauerei Apolda

Die in der Vereinsbrauerei Apolda bei der Würzekochung (während des Aufheizens und des atmosphärischen Nachkochens) anfallenden, nicht kondensierbaren Schwadenanteile werden in einer zwischengeschalteten Verwirbelungskammer mit den erzeugten Sauerstoffionen (ionisierte Luft) aus der Ionisationsanlage vermischt und über den Dunstkamin an die Umgebung emittiert. Die Ionisationsanlage wird mit Frischluft aus dem Außenbereich des Sudhauses versorgt. Die Leistungsaufnahme der installierten Ionisationsanlage liegt bei 1,5 kW. Seit der Installation der Ionisationsanlage sind keine geruchsbedingten Beschwerden durch die Anwohner mehr eingegangen.



Abb. 4:
Ionisationsanlage im Treppenhaus

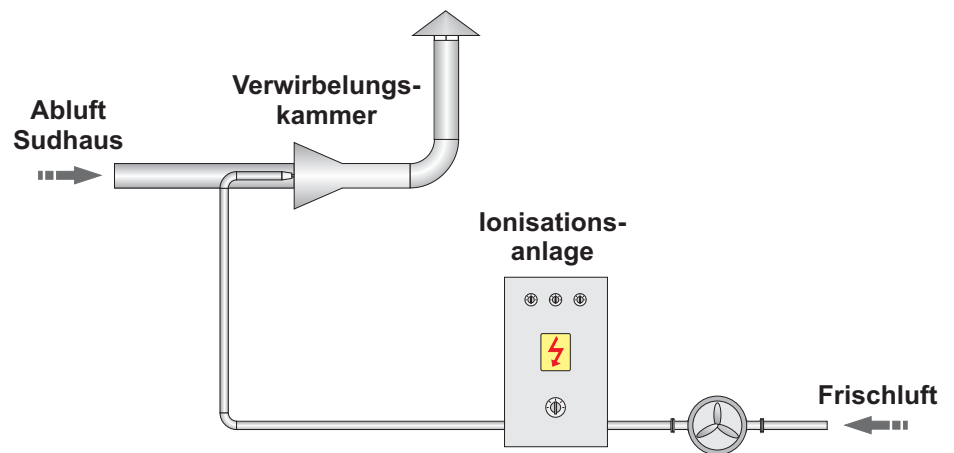


Abb. 3: Übersichtsschema einer Luftionisationsanlage

Um den subjektiven Erfolg der installierten Ionisationsanlage zu bestätigen, wurde der TÜV-Süd mit vergleichenden Emissionsmessungen bei an- und abgeschalteter Ionisationsanlage beauftragt. Bei den Vergleichsmessungen wurde sowohl der Bezug zum menschlichen Geruchsempfinden in Form einer olfaktometrischen Bewertung als auch die mit Hilfe eines Flammenionisationsdetektors (FID) messbare Reduktion an geruchsaktiven organisch gebundenen Kohlenstoffmolekülen (TOC= total organic carbon bzw. Gesamt-C) betrachtet. Für die Bewertung des Geruchseindrucks werden während des Messzeitraums sterile Kunststoffbeutel mit Prozessgas befüllt und im Anschluss über eine definierte Vorverdünnung (mit Sterilluft) zur olfaktometrischen Bewertung herangezogen. Die im Brüden enthaltenen Kohlenwasserstoffverbindungen (TOC) werden während der Messung in die Flamme des FID geleitet und erhöhen in Abhängigkeit ihrer Konzentration den Stromfluss zwischen den beiden in der Flamme befindlichen Elektroden. Eine Erhöhung des Stromflusses wird im zugehörigen Diagramm als Peak dargestellt.

Die Messungen wurden jeweils während des gleichen Sudes durchgeführt, da zwei Dunstkamine identischer Nennweite zur Verfügung standen. Dunstkamin 1 wurde von unbehandeltem Brüden durchströmt, während Dunstkamin 2 das Gemisch aus ionisierter Luft und Würzebrüden in die Umgebung emittierte. Da die Vereinsbrauerei Apolda mit der dynamischen Niederdruckkochung arbeitet, treten die Geruchsemissionen vornehmlich während des Aufheizens des Pfanneninhaltes zu Beginn des Würzekochens und in der Phase der atmosphärischen Nachkochung auf. Für jeden der untersuchten Sude wurden somit 2 Geruchsstoffproben entnommen und von einem qualifizierten Panel des TÜV olfaktometrisch bewertet. Die Ergebnisse der sensorischen Bewertung zeigt Tabelle 1.

Prozess	Geruchsintensität [%]			
	Aufheizen		Atmosphärisches Nachkochen	
	Ionisationsanlage		Ionisationsanlage	
	AUS	EIN	AUS	EIN
Sud 1	100	16,7	100	4,9
Sud 2	-	-	100	3,5
Sud 3	100	14,3	100	10

Tabelle 1: Angabe der Geruchsintensität [%] bei ein- bzw. ausgeschalteter Ionisationsanlage

Die Interpretation des Geruchsempfindens stellt große Herausforderungen an die bewertenden TÜV-Mitarbeiter (Kontinuität der Probeentnahme, Reproduzierbarkeit der Vorverdünnung und hohe Geruchsstoffkonzentrationen). Unter Einbeziehung der Messfehler und der vorhandenen Unsicherheit der Messmethode (die Daten beim Aufheizen bei Sud 2 konnten leider nicht verwertet werden) kann die Aussage getroffen werden, dass durch dieses Verfahren eine Reduktion der Geruchsintensität um mindestens 70 % erreicht wird.

Abb. 5 zeigt den Kurvenverlauf für die TOC-Messungen (Bestimmung Gesamt-C) im unbehandelten Brüden eines Sudes bei der Vereinsbrauerei Apolda:

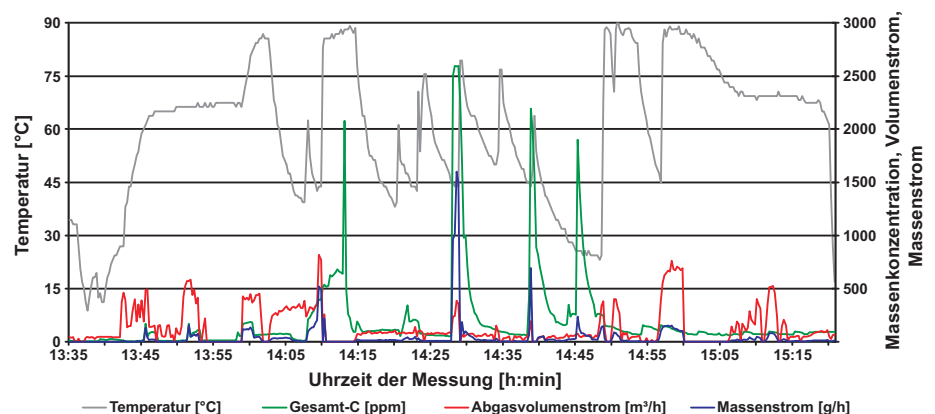


Abb. 5: Kurvenverlauf für Messung des Gesamt-C von Sud 2 (Messungen im unbehandelten Brüden = „Rohgas“)

Der Abgasvolumenstrom (rote Kurve) ist während der Rohgasmessung (unbehandelter Brüden) im Versuchssud 2 größeren Schwankungen unterworfen. Bei den Emissionspeaks wurden Werte zwischen 300 und 2600 g/m³ Gesamt-C (TOC) detektiert. Die höchste Geruchsintensität in Verbindung mit einem geringen Abgasvolumenstrom wurde während der Ankochphase (Zugabe von Hopfen) und der letzten Entspannungsphase gemessen. Die Schwadentemperatur (grau) folgt dem Verlauf der Kurve des Massenstromes an Gesamt-C (blau). Der Höchstwert des Gesamt-C-Massenstromes liegt bei ca. 1580 g/h.

In Abb. 6 ist der Kurvenverlauf für die Messungen des Gesamt-C im mit ionisierter Luft behandelten Brüden dargestellt:

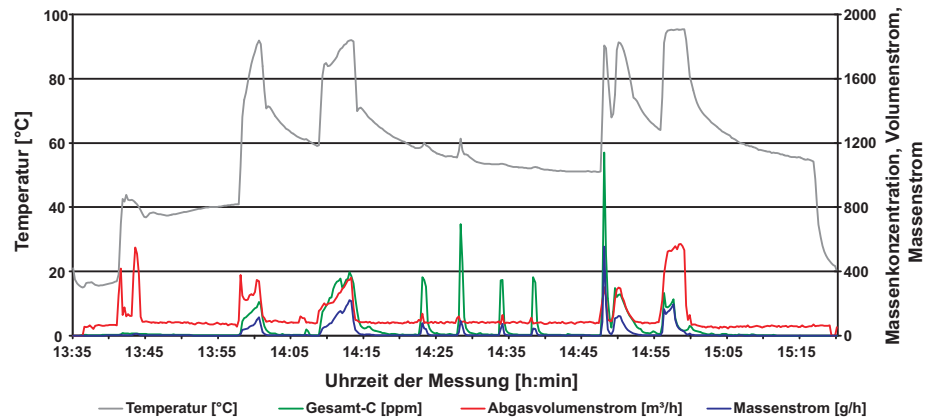


Abb. 6: Kurvenverlauf für Messung des Gesamt-C von Sud 2 (Behandlung mit ionisierter Luft = „Reingas“)

Der Abgasvolumenstrom (rot) steigt bei der Reingasmessung von Versuchssud 2 (mit ionisierter Luft behandelter Brüden) während des Vorkochens des Inhaltes der Würzpfanne (14:10 - 14:15 Uhr) deutlich an, fällt danach stark ab und bleibt während der gesamten Phase der dynamischen Niederdruckkochung nahezu konstant. Mit Beginn der Entspannungsphase auf atmosphärisches Druckniveau kommt es vor Beginn der atmosphärischen Nachkochphase erneut zu einem Anstieg des Abgasvolumenstromes. Während der Nachkochphase sinkt der Wert jedoch wieder auf das Ursprungsniveau („Grundrauschen“) ab, um mit Beginn des Ausschlagens auf den Maximalwert von ca. 550 m³/h kurzzeitig anzusteigen. Der Maximalwert der Gesamt-C-Konzentration wird mit ca. 1150 g/m³ während der Entspannungsphase am Ende der dynamischen Niederdruckkochung (14:47 Uhr) erreicht. Während der verbleibenden Emissionspeaks schwanken die Werte zwischen 200 und 680 g/m³ Gesamt-C. Für den Gesamt-C-Massenstrom wurde ein Maximalwert ca. 500 g/h ermittelt. Die Schwadentemperatur korreliert mit der Kurve des Abgasvolumenstroms (rot) und der des Gesamt-C-Massenstroms (blau).

Der in der TA Luft vorgeschriebene durchschnittliche Massenstrom an TOC (= Gesamt-C) von 500 g/h wird eingehalten. Der ebenfalls geforderte Konzentrationsgrenzwert von 50 mg/m³ TOC (grün, siehe Gesamt-C [ppm]) wird durch dieses Verfahren nicht unterschritten (5). Es sollte also weiter auf politischem Weg versucht werden, eine Anwendung der TA Luft auf die Sudhausemissionen zu verhindern.

Die Reduktion des im Brüden vorhandenen organischen Gesamtkohlenstoffs (Gesamt-C) ist in Tabelle 2 dargestellt:

Prozess	TOC-Gehalt (Gesamt-C) im Würzebrüden [%]			
	Aufheizen		Atmosphärisches Nachkochen	
	Ionisationsanlage		Ionisationsanlage	
	AUS	EIN	AUS	EIN
Sud 1	100	67	100	38
Sud 2	100	45	100	48
Sud 3	100	42,6	100	33

Tabelle 2: Angabe des Gesamt-C im Würzebrüden [%] bei an- und abgeschalteter Ionisationsanlage

Im Gegensatz zur Geruchsstoffkonzentration verringert sich der organisch gebundene Kohlenstoffanteil im Brüden nur um etwa 50 %. Dieses Phänomen ist nach Aussage des

TÜV durch die unterschiedlichen Geruchsschwellenwerte organischer Moleküle in Abhängigkeit von deren Kettenlänge zu erklären. Beim Kontakt von ionisierter Luft mit im Brüden enthaltenen langkettigen Kohlenwasserstoffen entstehen Spaltprodukte unterschiedlicher Kettenlänge, die weiteren Oxidationsreaktionen zugeführt werden. Geruchsintensive kurzkettige Moleküle werden hierbei schneller abgebaut. Der Geruchseindruck wird somit stärker beeinflusst als der analytisch bestimmbare Anteil von organisch gebundenem Kohlenstoff.

Zusammenfassung:

Durch den Einbau einer Ionisationsanlage in der Vereinsbrauerei Apolda konnten die durch die Würzekochung hervorgerufenen Geruchsemissionen um mindestens 70 % in ihrer Ursprungsintensität abgesenkt werden. Eine Begehung des Brauereiumfeldes erbrachte eine subjektiv empfundene Reduktion der Geruchsintensität um mindestens 90 %. Es ist somit gelungen, den seit Jahren schwelenden Konflikt zwischen Brauerei und Anwohnern mit einer vergleichsweise kostengünstigen Applikation zur Geruchsreduktion beizulegen.

Literatur:

- (1) Schneider, J., et al.: The new brewhouse at Vereinsbrauerei Apolda. The Brewer International Vol. 4, No. 12, 19-22, 2004.
- (2) Evers, G.; Bühler, T.: Design and First Practical Experience: The New Grolsch Brewhouse. Techn Quart MBAA Vol. 42, No. 4, 319-323, 2005.
- (3) Reischmann, M.; Warnecke, A.: Minimierung von Sudhausemissionen Brauwelt 134, No. 50, 2676-2678, 1994
- (4) Fischer, F.: Patentschrift WO01/72637 A2, 2001.
- (5) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes - Immissionsschutzgesetz. (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft) Gemeinsames Ministerialblatt 2002, Heft 25 - 29, S. 511 - 605, Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Str. 449, 50939 Köln

Impressum

Huppmann GmbH, 97318 Kitzingen, Deutschland, Tel.: 09321 303-0, Fax: 09321 303-603,
 E-Mail: sales@gea-brewery.com, www.gea-brewery.com, Redaktion: Dr. Thomas Bühler
 Beiträge: Michael Lang, Vereinsbrauerei Apolda, Apolda; Alexander Hofmann und Dr. Rudolf Michel,
 Huppmann GmbH, Kitzingen