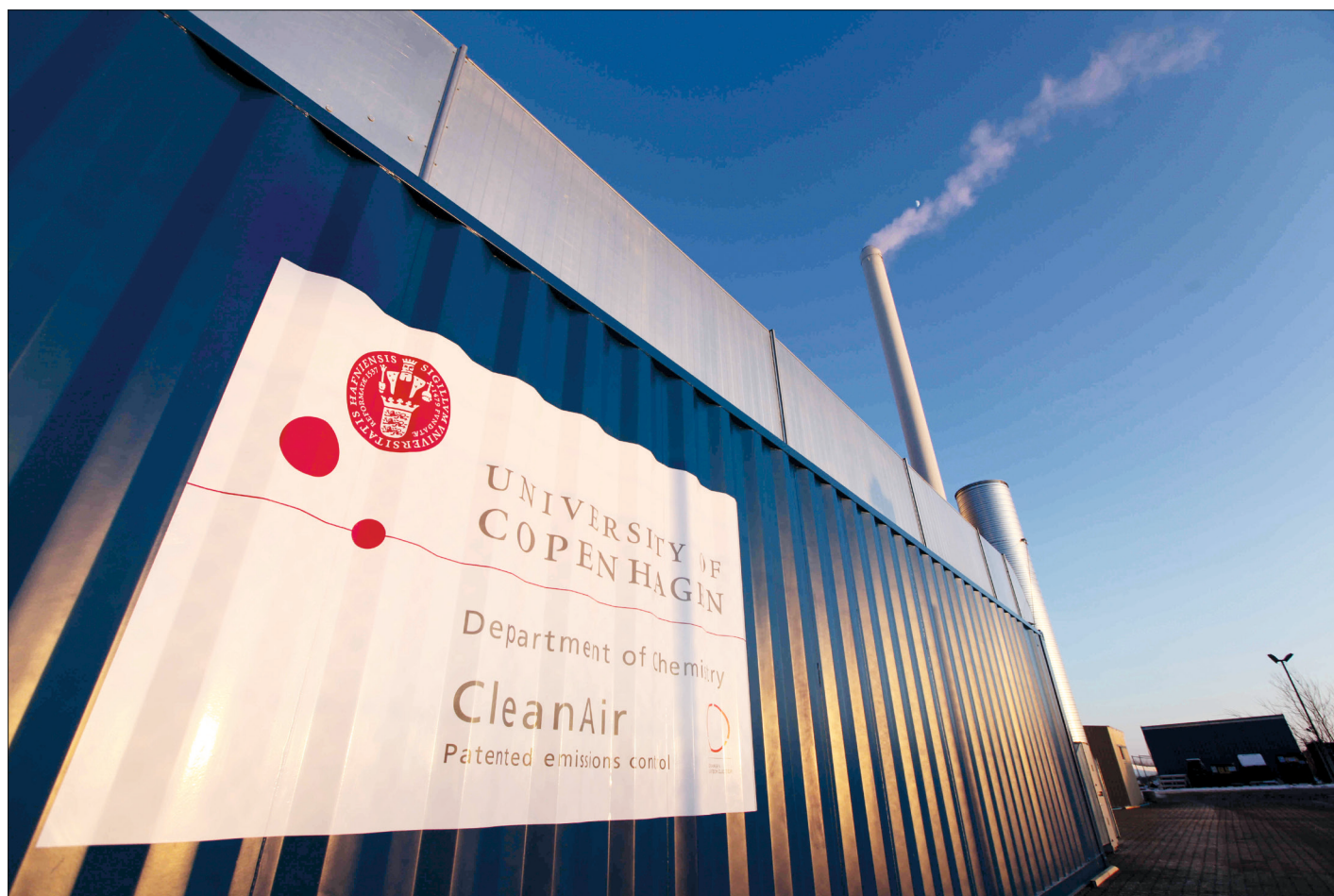




Gasfase forureningskontrol

Fotokemisk luftrensning til støberier

En ny metode til emissionsbegrænsning ved hjælp af gasfase-kemi gør det muligt at fjerne partikler og aromatiske carbonhydrider såsom benzen fra udsugningsluften fra støberier.

Af Carl Meusinger¹, Andrew C. Butcher¹, Nicolai Bork², Kristoffer Nannerup², Thomas Rosenørn^{1,2} og Matthew S. Johnson¹

¹ Kemisk Institut, Københavns Universitet

² Infuser ApS

Omkostningerne ved installation, drift og vedligeholdelse af metoden er betydeligt lavere end traditionelle rengøringsmetoder. Metoden er baseret på de naturlige atmosfæriske renselsesprocesser, hvor luftforurenende stoffer omdannes til partikler, som derefter fjernes elektrostatiske. En række test på et større tysk støberi og et dansk olierensningsanlæg har påvist, at benzen, carbonhydrider og svovlmolekyler kan fjernes med mere end 80-90% effektivitet.

Problemet

Støberibranchen beskæftiger tusindvis af mennesker og leverer råvarer til mange andre industrier og kan derfor ses som en hjørnesten i den europæiske økonomi. Støberier har dog en betydelig negativ påvirkning på miljøet, særligt i form af emissioner af partikler og støv samt flygtige carbonhydrider (Volatile Organic Compounds, VOC). Samlet set udgør emissionerne en kompleks blanding af forurenende luftarter, som tillige varierer betydeligt i både sammensætning og koncentration gennem en produktionscyklus. Adskillige af de flygtige stoffer, f.eks. benzen, er underlagt skrappe emissionskrav. Konventionelle rensningssystemer kan ikke løbende tilpasses typen og graden af forurening. Systemerne har et højt energiforbrug. Effektiv rensning af afkastluften i gasfasen,

uden brug af tætpakkede filtre, er derfor en potentiel kilde til betydelige energibesparelser.

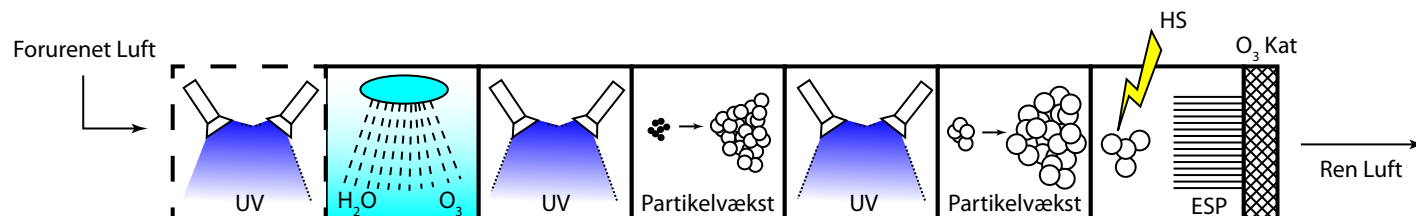
Rensning efter naturens model

Det funktionelle princip bag gasfase-avanceret oxidation (på engelsk Gas Phase Advanced Oxidation) GPAO-teknologien er inspireret af atmosfærens selv-rensningsegenskaber. Kombinationen af ozon, vand og UV-lys skaber OH-radikaler, der er et ekstremt reaktivt molekyle, som kan oxidere de fleste carbonhydrider ved en hydrogen overførselsreaktion. Dette efterlader carbonhydriden radikaliseret og dermed åben for yderligere oxidation, f.eks. af O_2 eller andre oxidanter. De dannede oxidationsprodukter er typisk kendetegnet ved en højere vandopløselighed og lavere damptryk end det respektive udgangsmateriale [1]. Disse oxidationsprodukter vil da kondensere på eksisterende partikler eller danne nye partikler ved nukleation. Disse partikler kan herefter fjernes fra gasfasen med et elektrostatiske

” ” Luftforurening er skyld i hvert ottende dødsfald i verden og en lang række lande er nu på vej med strammere regler for virksomheders udledning af forurenede luft.

filter, der yder et markant mindre modtryk end konventionelle filtre af aktivt kul [2].

Sammenlignet med atmosfæren er disse processer i GPAO-rensprocessen massivt fremskyndede af højere ozonkoncentrationer og meget intenst UV-lys, så uønskede stoffer kan oxideres i løbet af sekunder og opfanges i partikelform [3,4]. Figur 1 viser strukturen af en typisk GPAO-behandling og illustrerer ►



Figur 1. Struktur af GPAO-prototypen. I rækkefølge fra venstre mod højre: Forurenede luft føres gennem en scrubber. Vanddyser adskiller vandopløselige komponenter, og støv og ozon tilsættes. Det efterfølges af UV-lamper i to eksemplarer og plads til partikelvækst. Et elektrostatiske filter (ESP) fjerner de dannede partikler ved hjælp af høj spænding (HS). Efter en ozonkatalysator efterlades en luftstrøm, der er fri for forureninger, og som kun har små partikler tilbage. UV-intensitet, scrubber, vandstrømningshastighed og ozonkoncentrationer kan reguleres.

Reach your target – and beyond!



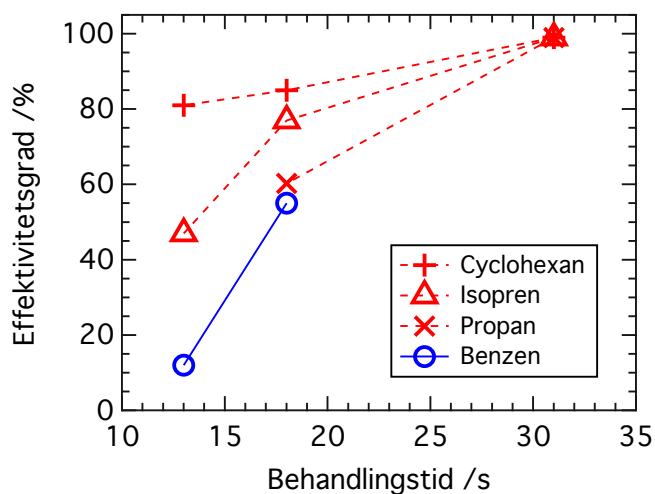
COBIS A/S
Ole Maaløes Vej 3
DK - 2200 Copenhagen N
+45 70 70 29 80
info@cobis.dk | www.cobis.dk



**More than 55 companies
have already joined the
fastest growing biopark
in Scandinavia**

And we are honored to have them here in Copenhagen Bio Science Park, offering them our 12.000 m² of exceptional office and lab space, network & services etc.

So why not join the most vibrant life science community in Denmark and start your adventure. Give us a call today and learn more or check out www.cobis.dk for more information.



Figur 2. GPAO-rengøring af forskellige forurenende stoffer i laboratoriet uden scrubber (Energiforbrug $\approx 3 \text{ kJ/m}^3$). Ved længere opholdstider er højere effektivitet af rengøring for alle de prøvede stoffer mulig. De forskellige rengøringseffektiviteter for forskellige komponenter med lav oxidationstid skyldes forskellige reaktionshastigheder med OH-radikaler.

trinnene i fremgangsmåden. Figur 2 viser, hvordan typiske forurenende stoffer er blevet behandlet i laboratoriet. Generelt kan det sammenfattes, at ved tilstrækkelig høj eksponeringstid af OH-radikaler kan man opnå meget høje rensningsgrader for langt de fleste stoffer.

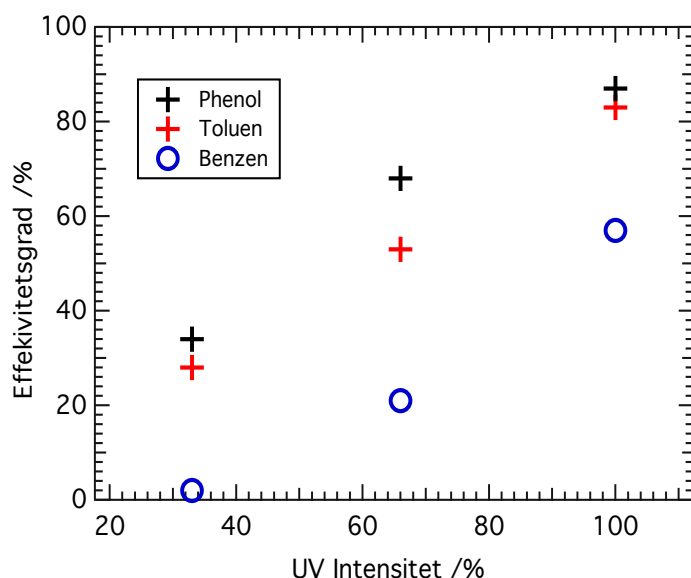
Idet forskellige industrielle anlæg har vidt forskellige emissionsprofiler er en række faktorer afgørende for dimensionering af et anlæg. Dette er typisk den samlede luftstrømningshastighed af udstødningen, den tilgængelige plads, typen og koncen-

Carl Meusinger modtager Science erhvervspris

Carl Meusinger modtog den 12. maj "Science erhvervspris for yngre forskere 2015" for sit arbejde med forskningsbaserede luftrensningssystemer fra Københavns Universitet. Det er første gang, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet uddeler prisen, der, foruden æren, er på 75.000 kr. der skal gå til faglige formål.



Carl Meusinger arbejder som erhvervs-post.doc. på Kemisk Institut, Københavns Universitet (KU). Her deler han sin tid mellem industriel problemløsning i erhvervsvirksomheden Infuser A/S, forskning for Copenhagen Center for Atmospheric Research (CCAR) og undervisning for Kemisk Institut.



Figur 3. Rensning af forskellige forurenende stoffer med GPAO. Rengøring af alle komponenter skaleret med UV-intensitet.

trationen af forurening, samt den ønskede rensningsgrad. En afgørende fordel ved GPAO-metoden er den store fleksibilitet, der ligger i, at de fundamentale behandlingstrin, vist i figur 1, kan gentages, ombyttes eller helt udelades for at opnå den ønskede effektivitet til den bedst mulige pris. En anden stor fordel er en hurtig og effektiv kontrollerbarhed af systemet.

Både UV-intensitet samt ozon-kapacitet er dimensioneret til den maksimale belastning, men kan reguleres under drift via et styresystem med få sekunders responstid. Det kan betyde store besparelser af energi i forhold til konventionel filtrering, som giver et konstant energitab.

■ Et givtigt partnerskab

Partnerskabet mellem Infuser og KU har foreløbig ført til luftrensningsanlæg til Jysk Miljørens i Århus, en snack-producent i den svenske by Torekov og en foderfabrikant i Jelling. Alle tre installationer har formået at nedbringe luftforureningen betragteligt. Da Infuser's samarbejde med KU begyndte i 2012, havde forskerne på Kemisk Institut vist, at GPAO-metoden kunne fjerne benzen, toluen, xylene og ethylbenzen. Siden Carl Meusinger kom til i 2013 har han været en drivende kraft i at udvide virkningsområdet for metoden. Blandt andet ved at vise, at metoden kan hjælpe autolakererere, jernstøberier og polystyrenfabrikker. Resultaterne er i færd med at åbne døre hos større industrivirksomheder i både Tyskland og Kina.

Infuser modtager støtte fra "Fornyelsesfonden", et officielt initiativ under Erhvervs- og Vækstministeriet i Danmark. Virksomheden ejes i fællesskab af ledelsen og investerings- og udviklingsselskabet Capnova A/S. Carl Meusingers forskning for Infuser og KU har fået støtte fra Innovationsfonden.

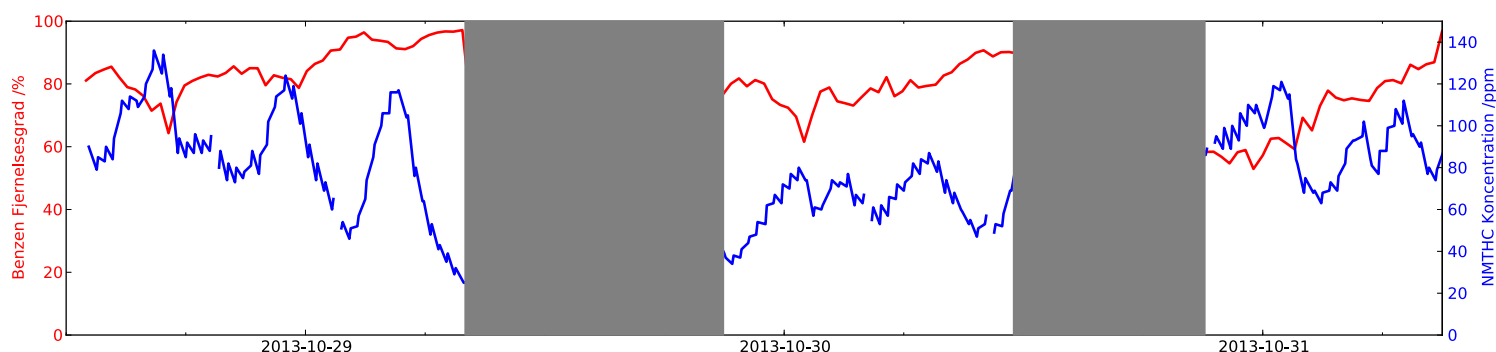


DHI inviterer i samarbejde
med Miljøstyrelsen og
Dansk Industri til

NORDIC REACH CONFERENCE 2015

23. - 24. SEPTEMBER
I KØBENHAVN

Læs mere og tilmeld dig på: worldwide.dhigroup.com/dk/nordic-reach



Figur 4. Benzenrensning (rød, venstre akse) med GPAO og koncentration af total ikke-methan kulbrinter (NMTHC, blå, højre akse) fra udstødningen af et stort støberi i Saarbrücken i løbet af en tre-dages test. De typiske store variationer i koncentrationerne af forurenende stoffer i luften ses i NMTHC-kurven. Benzenrensningseffektiviteten svinger i forhold til andre komponenter, som reagerer med OH-radikaler. Et UV-trin foran systemet afgrænser andre komponenters påvirkning af benzenoxidation.

Tests på et støberi

GPAO-prototypen, vist i figur 1, blev forbundet til forskellige dele af afkast fra et stort støberi i Saarbrücken for at teste systemets effektivitet under virkelige forhold. De primære komponenter var aromatiske carbonhydrider, såsom benzen, toluen, xylener og ethylbenzen. Disse blev målt individuelt ved gaschromatografi og koncentrationen af methan og total ikke-methan carbonhydrider (non-methane total hydrocarbon, NMTHC) blev målt med en flammeioniseringsdetektor.

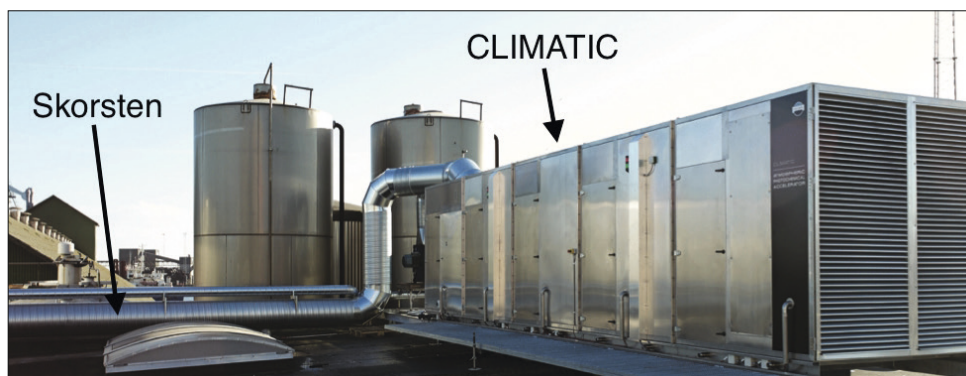
Figur 3 viser, at rensning af benzen og andre forurenende stoffer fra udsugningsluften fra støberiet skalerer ligefremt med UV-intensiteten. Figur 4 viser tidsserier for benzen og NMTHC-rensningseffekt ved tre dages kontinuerlig kørsel af GPAO-prototypen, figur 1, i Saarbrücken. Som følge af forskellige stadier af den igangværende produktion af støbeemner ses store svingninger i NMTHC-forurening (blå kurve). Det kunne yderligere konstateres, at benzenudledningen følger samme variation (ikke vist). Det ses af figuren, at effektiviteten af benzenrensningen er antikorreleret med NMTHC. Det indikerer, at benzens rensningseffektivitet afhænger af sammensætningen af de øvrige forurenende stoffer i udstødningen. Mens det er af stor interesse at fjerne benzen, er det ofte af sekundær interesse at fjerne andre mindre problematiske VOC'er. Disse VOC'er kan derfor virke som en u hensigtsmæssig sink for OH-radikaler, der dermed har betydeligt mindre sandsynlighed for at ramme og bortoxidere benzen. Man har dog opdaget, at forbehandling med højenergi UV-lys kan nedbryde en del VOC. Ved denne forbehandling undgår man derved de problemer, der er associeret til den høje stabilitet af aromatiske molekyler.

Dokumenteret anvendelse i andre industrier

GPAO-systemet er allerede afprøvet i en række andre industrier. Et eksempel er, at produktion i glasfiber giver høje styren-emissioner. Styrenkoncentrationer omkring 2-10 ppm blev fundet i afkastet fra et dansk glasfiber-forarbejdningsanlæg. På grund af den store luftcirkulation er det yderst omkostningsfuldt at holde udstødningen under den tilladte grænseværdi ved normale filterløsninger. Til oprensning af dette afkast blev en GPAO installeret i en 40-fods container og forbundet til skorstenen. GPAO kunne fuldstændig fjerne styren fra udstødningen.

Climatic er det kommercielle produkt baseret på GPAO-teknologien, der markedsføres af virksomheden Infuser ApS. Den første kommercielle installation [4] er placeret i lokalerne hos selskabet Jysk Miljørens på industrihavnen i Århus, Danmark, figur 5. Virksomheden har specialiseret sig i behandling af spildevand og restolie fra skibe, hvorfor der i afkastluften er tunge marine dieseloliedampe med højt svovlindhold. Kemisk er dette en kompleks blanding af aromatiske kulbrinter og partikler. Den dårlige lugt kunne fjernes ved hjælp af den første Climatic-enhed. Jysk Miljørens fik derefter den nødvendige godkendelse af miljømyndighederne for at kunne holde forretningen kørende.

Forfatterne ønsker at takke Florian Hartung (Infuser Ger-



Figur 5. Climatic-installation på Jysk Miljørens i Århus.

many GmbH, Mannheim, Tyskland) og Elna JK Nilsson (Department Combustion Physics, Lunds Universitet, Sverige) for deres bidrag til disse resultater.

E-mail:

Carl Meusinger: came@kiku.dk

Matthew S. Johnson: msj@kiku.dk

Litteratur

1. J.L. Jimenez, et al., "Evolution of Organic Aerosols in the Atmosphere", Science, vol. 326, nr. 5959, s. 1525-1529, 2009.
2. M. Kulmala, "How Particles Nucleate and Grow", Science, vol. 302, nr. 5647, s. 1000-1001, november 2003.
3. M.S. Johnson og J. Arlemark, "A method and device for cleaning air", European Patent Agency 08388017.9; International Patent Cooperation Treaty PCT/EP2009/055849, 2009; US patent 8.318.084 B2, 2011.
4. M.S. Johnson, E.J.K. Nilsson, E.A. Svensson, S. Langer, Gas Phase Advanced Oxidation for Effective, Efficient In Situ Control of Pollution, Environmental Science & Technology 48(15), 8768-8776, 2014.
5. www.nachrichten.net/details/142722/Luftreiniger_34_Climatic_34_beseitigt_Belastungen_in_der_Industrie_auf_klimafreundliche_Art.html.