

Luftqualität und Klima – Herausforderungen für die Chemie

Bereits vor etwa zweieinhalb Jahrzehnten entschied sich die GDCh, zusammen mit Dechema und DBG einen gemeinsamen Arbeitsausschuss „Atmosphärenchemie“ zu gründen. Dieser sollte damals dazu beitragen, die Diskussion um FCKW und die Ursachen des Ozonlochs erheblich zu versachlichen. Heute heißt der Arbeitsausschuss „Chemie, Luftqualität und Klima (CLK)“. Mit der Gründung von Process-Net ist die Mitträgerschaft der Dechema an diese übergegangen; seit neuestem ist auch der VDI beteiligt. Mit der Namensänderung ist auch eine Schärfung des thematischen Fokus entsprechend der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Bedeutung von Luftqualität und Klima vorgenommen worden.

■ Der Arbeitsausschuss „Chemie, Luftqualität und Klima (CLK)“ versteht sich als Expertenkreis für chemische und chemisch-technische Aspekte von Atmosphärenchemie, Luftqualität und Klimawandel. Im Zusammenhang mit wissenschaftlichen Fragen sowie umweltpolitischen und regulatorischen Maßnahmen gehört die Durchführung von öffentlichen Informations- und Diskussionsveranstaltungen (Sonderkolloquien, Expertenforen) zu den wichtigen Aufgaben von CLK. Im Rahmen eines Sonderkolloquiums im Januar 2016 bei der Dechema befasste sich die CLK etwa mit der Frage: „Ist der Diesel noch zu retten?“ Mit Beteiligung von sechs eingeladenen Fachkollegen wurden dabei die Bedeutung, aber auch die Irrwege und Versäumnisse der Abgasnachbehandlung von Dieselmotoren sowie deren zukünftige Anforderungen im Kontext einer nachhaltigen fossilen Kraftstoffnutzung intensiv diskutiert. Ebenfalls 2016 wurde ein Expertenforum zum Thema „New and Emerging Technologies: Impact on Air Quality and Climate“ veranstaltet. In diesem wurden alternative Kraftstoffe und deren Emissionen, ausgewählte kurzlebige Klimagase (SLCFs) sowie die Kohlenstoffdioxidsequestrierung diskutiert. Ein weiteres Forum in Planung ist dem Thema „Agriculture and Livestock Farming“ gewidmet und wird die Art, Menge und Wirkung der atmosphärischen Emissionen an Klimagasen und sonstigen Spurenstoffen

aus Landwirtschaft und Viehhaltung in Deutschland bilanzieren.

Der Arbeitsausschuss ist interdisziplinär besetzt; allerdings besteht ein Schwerpunkt bei den Atmosphärenwissenschaftlern. Er ist nicht selbst forschend tätig, sondern diskutiert und bewertet Forschung. Seine Mitglieder kommen aus Universitätsinstituten und anderen Forschungseinrichtungen, aus der Industrie und aus Umweltbehörden. Sie werden durch die tragenden Gesellschaften berufen. Der Arbeitsausschuss bündelt die Kenntnisse und Interessen mehrerer wissenschaftlicher Gesellschaften und ist deshalb integrativ und nicht in Konkurrenz zu anderen Gremien dieser Gesellschaften, etwa dem Arbeitskreis „Atmosphärenchemie“ innerhalb der GDCh-Fachgruppe „Umweltchemie und Ökotoxikologie, zu sehen. Ein besonderes Anliegen des Ausschusses ist die Bearbeitung von Themenfeldern, die von allgemein gesellschaftlicher und/oder industrieller Bedeutung sind. Der Kernpunkt der Arbeit ist die enge Verzahnung von Grundlagen- und angewandter Forschung. Das rein akademische Interesse steht dabei nicht im Vordergrund.

Atmosphärenchemie, Klima und Klimawandel

■ Der nach wie vor vielleicht wichtigste Themenkreis der Atmosphärenchemie ist

die Oxidationskapazität der unteren Atmosphäre, vornehmlich die Konzentration an OH-Radikalen. Sie bestimmt die Lebensdauer einer Vielzahl von natürlichen und anthropogenen Emissionen und hat damit auch Einfluss auf die Klimawirksamkeit von Substanzen wie Methan. Die Oxidationskapazität hängt äußerst komplex von Parametern ab wie Sonnenintensität, Bewölkung, Wasserdampf, Ozon, CO, VOCs und NOx. Aus diesem Grund sind selbst die besten Modellrechnungen nur unter bestimmten Bedingungen im Einklang mit den Beobachtungen. Es fehlt weitgehend immer noch unser Verständnis, wie Oxidationskapazität in Form von HO₂-Radikalen in den Oxidationsmechanismen von höheren VOCs, einschließlich der biogenen Analogen (BVOCs), entsteht. Hinzu kommt, dass die Oxidationskapazität auch durch Klimawandel infolge der Zunahme von Wasserdampf und/oder biogenen Emissionen beeinflusst wird. In neuerer Zeit wurde gefunden, dass die Oxidationskapazität der Troposphäre sogar durch Aerosole und Wolken beeinflusst werden kann.

Das Thema Klimawandel hat eine Vielzahl von Facetten, von der Strahlungsphysik über die anthropogenen und biogenen Emissionen bis zu den Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Ozean; von den verschiedenen Rückkopplungsmechanismen bis zu Wolken und Aerosolen und deren Mikrophysik. CLK

konzentriert sich vornehmlich auf chemische und chemisch-technische Aspekte des Klimawandels. Hierzu gehören:

- Die äußerst langlebigen perfluorierten Industriechemikalien wie CF_4 , C_2F_6 , SF_6 , die von manchen als die wichtigsten Nicht- CO_2 -Treibhausgase jenseits der fossilen Nutzungsperiode gesehen werden und deren Konzentrationen derzeit stark ansteigen.
- Das N_2O , dessen anthropogene Emission im Wesentlichen auf die Verwendung von Düngemitteln zurückgeht und deshalb auch durch die energetische und stoffliche Nutzung von Biomasse sowie durch die Intensivlandwirtschaft weiter ansteigen könnte. N_2O ist nicht nur ein bedeutendes Klimagas; es wird auch in der Post-FCKW-Zeit (also etwa jenseits des Jahres 2050) der wichtigste Ozonerstörer sein.
- Das global und regional bedeutendste Klimagas neben dem CO_2 ist das Methan. Es hat seine Quellen in den anaeroben terrestrischen und maritimen Kompartimenten der Erdoberfläche, aber auch in der pflanzlichen und tierischen Nahrungsmittelproduktion. Seine klimawirksame Konzentration wird auch durch die Stärke des atmosphärischen Photooxidationssystems festgelegt.
- Die kurzlebigen Spurenstoffe der unteren Atmosphäre, wie CO , NMVOC, troposphärisches Ozon, NO_x sowie Ruß und anorganische und organische Aerosole, tragen indirekt oder direkt zur Strahlungsbilanz bei. Sie werden im Fachjargon „Short Lived Climate Forcers (SLCFs)“ genannt. Ihre Quellen sind im Wesentlichen anthropogen und damit der lokalen und regionalen Luftverschmutzung zuzuordnen.

Urbane Luftqualität

■ Unter Luftqualität versteht man generell die Beschaffenheit der Luft bezogen auf den Anteil der in ihr enthaltenen Luftverunreinigungen. Die Überwachung der Luftqualität erfolgt mit Immissionsmessnetzen, deren Stationen unter anderem an viel befahrenen Straßen (den Hot Spots), im städtischen Hintergrund oder

auch in ländlichen Reinluftgebieten wie Wäldern oder auf Mittelgebirgen liegen können. Viele Richt- und Grenzwerte beziehen sich ausschließlich auf spezifische Probleme wie zum Beispiel den Vegetationsschutz oder das Krebsrisiko beim Menschen. Richt- und Grenzwerte sind grundsätzlich dynamisch; neue wissenschaftliche Erkenntnisse erfordern eine Neubewertung und Änderung der Bewertungsgrundlagen.

Die Messung und Kontrolle der Luftqualität erfolgt an einigen wenigen, objektiv messbaren und objektiv bewertbaren Luftschadstoffen wie SO_2 , Ozon, CO , NO_x , NO_2 , NMVOC, Schwebstaub PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ etc. Auf Grund der in den letzten Jahrzehnten konsequent verschärften gesetzlichen Rahmenbedingungen, hat sich die Luftqualität in den EU-Mitgliedsländern und hier insbesondere in Deutschland kontinuierlich verbessert. So stellen heute CO - und SO_2 -Emissionen keinerlei Problem mehr dar. Dagegen gibt es insbesondere bei Feinstaub, Stickoxiden und Photooxidantien wie Ozon noch einen erheblichen Handlungs- und Forschungsbedarf. Hier sind beispielsweise zu nennen:

- Die Stagnation oder Zunahme der NO_2 -Konzentration in der Stadtluft bei gleichzeitig deutlich abnehmender NO_x -Emission als Ergebnis der Abgasnachbehandlung von Diesel-Motoren. NO_2 ist derzeit der vielleicht bedeutendste lokale Luftschadstoff in Deutschland, dessen Konzentration an vielen städtischen Messstellen den Grenzwert für den Gesundheitsschutz von $200 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ im Einstundenmittel (Überschreitungshäufigkeit <18 mal im Kalenderjahr) oder $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ im Jahresmittel übersteigt.
- Der Einsatz neuer technischer Verfahren zur Umwandlung von Schadstoffen durch Photokatalyse (TiO_2 -dotierte Materialien). TiO_2 ist ein photochemischer Halbleiter, der im Licht der Sonne Oberflächen adsorbiertes Wasser in Hydroxylradikale oxidieren kann, die ihrerseits effiziente Oxidantien für adsorbierte Schadstoffe darstellen.
- Obwohl die Spitzenkonzentrationen des bodennahen Ozons in belasteten Regionen in Deutschland seit Jahren abnehmend sind, nimmt die Ozon-Jahresmittelkonzentration dennoch zu.

Dies deutet daraufhin, dass der NO -Titrationseffekt wegen der Rückläufigkeit der NO_x -Emissionen ebenfalls rückläufig ist.

- Das Thema „Luftqualität im Innenraum“ ist unter gesundheitlichen Aspekten ebenfalls ein thematischer Gegenstand von CLK. Schließlich sind die qualitätsbestimmenden Prozesse der Oxidation von räumlichen organischen Emissionen durch HO_x und NO_x sowie der direkten Partikelemissionen ähnlich wie in der Außenluft.

Bewertung neuer Technologien

■ Kohle, Öl, Gas und Kernkraft sind Primärenergieträger, die für einen größeren Teil der Weltbevölkerung zugänglich sind. Die regenerativen Energiequellen wie Biomasse, Solar- und Windenergie dagegen stehen erst in einigen der Industrieländer zur Verfügung. Ihre weltweite Akzeptanz und Einführung, vor allem in den Entwicklungsländern, ist nach wie vor eine Frage der Kosten und daher wahrscheinlich in vielen Regionen der Welt kurz- und mittelfristig kaum erschwinglich.

Eines der prominentesten Kriterien neuer und aufkommender Technologien ist ein geringerer Energiebedarf und ein wirksamer Beitrag zur Dämpfung des Klimawandels. Dies kann durch eine effektivere Nutzung von Katalyse und/oder CO_2 -freien oder CO_2 -neutralen Technologien sowie durch Umwandlung regenerativ erzeugter elektrischer Energie in energieintensive Chemieprodukte erreicht werden. Oft vergessen wird allerdings, dass Klimaschutz – mit Ausnahme der direkten Einsparungen bei den CO_2 -Emissionen – eng mit der Luftqualität zusammenhängt und umgekehrt. Die Wechselwirkung von Luftverschmutzung, menschlicher Gesundheit und Klimawandel steht weltweit zunehmend im öffentlichen Interesse und spielt eine zentrale Rolle in den Atmosphärenwissenschaften. Die Intention des Gemeinschaftsausschusses CLK in diesem Themenfeld ist daher eine kritische Bewertung neu eingeführter technischer Maßnahmen zum Schutze des Klimas in Bezug auf ihre ungewollten Folgen für die Luftqualität. Bei

spiele sind:

- Die unerwünschten Effekte von Abgaskatalysatoren bei Dieselmotoren. Hier gilt es nicht nur das Reizgas NO_2 , sondern auch andere stickstoffhaltige Komponenten (N_2O , NH_3 , HONO, HNCO), die eine Auswirkung auf das Klima, die Aerosolbildung und das Oxidationssystem haben, im Auge zu behalten. In neuerer Zeit kommen Emissionen von ultrafeinen und gesundheitsschädlichen Partikeln aus direkt einspritzenden Otto-Motoren hinzu.
- Emissionen aus der Nutzung von Kraftstoffen auf biologischer Grundlage aus nachwachsenden Rohstoffen der 1. Generation (Ethanol, Bio-Diesel) und 2. Generation (BTL-Kraftstoffe auf der Basis von Zellulose und Lignozellulose

haltigen Rohstoffen wie Grünabfälle, Stroh oder Holz) im Hinblick auf die Bildung gesundheitsgefährdender Stoffe wie Acetaldehyd oder PAN sowie sekundäre organische Aerosole (SOA).

- Die häuslichen Holzpellet-Heizungen mit den Emissionen von Staub und polzyklischen Aromaten (PAHs), insbesondere Benzo(a)pyren (BaP). Diese waren allein im Jahre 2012 für 50% der $\text{PM}_{2.5}$, 64% der PAH bzw. 82% der BaP-Emissionen der EU-28 verantwortlich und sind in der letzten Dekade um ca. 30% angewachsen.
- Carbon Capture and Storage/Use (CCS/U) ist eine neuere Technik der CO_2 -Abtrennung aus Gasen mit den nachgeschalteten Optionen der CO_2 -Speicherung in Aquiferen oder der

stofflichen Nutzung in Form der katalysierten Methanolsynthese (Power-to-Gas). Die Abscheidung erfolgt meist durch reversible katalytische Absorption in aminhaltigen Lösungen wie Monoethanolamin (MEA). Der Desorptionsschritt ist mit einer nicht unerheblichen Amin-Emission verknüpft, deren atmosphärische Transformation zur Bildung von toxischen Nitrosaminen führt. CCS wird diskutiert als Übergangslösung für konventionelle Kraftwerke, aber auch für die Abtrennung von CO_2 aus Biogas und aus der Luft.

Peter Wiesen, Wuppertal,

Reinhard Zellner, Essen

Vorsitzende des CLK-Ausschusses

Die Autoren danken den Mitgliedern des Ausschusses für wertvolle Beiträge und Kommentare zu die-

Jungchemikerforum

JCF setzt Industrietour fort

■ Das GDCh-JungChemikerForum schlägt eine Brücke zwischen Universität und Industrie. Aus diesem Grund setzte der JCF-Bundesvorstand seine im Januar begonnene Industrietour fort [s. *Nachr. Chem.* 2017, 65, 505]. Ziele waren nun Bayer in Leverkusen und BASF in Ludwigshafen. Während der Besuche im April wurden laufende Projekte besprochen und neue Ideen für künftige Veranstal-

tungen entwickelt. Außerdem erhielten die Teilnehmer Einblicke hinter die Kulissen der Unternehmen. Bei der Besichtigung eines Technikums und der Labore präsentierte BASF moderne Verfahrenstechnik und Computerchemie. Höhepunkt war der Besuch des Baykomm Communication Center, der Ausstellungen zur Geschichte, zu Produkten und Innovationen von Bayer beherbergt.

Marie-Therese Oehmichen

oehmichen@jungchemikerforum.de

Braunschweig

8. Braunschweiger Jungchemikertagung

■ Am 9. Mai richtete das JCF Braunschweig die 8. Braunschweiger Jungchemikertagung für Studierende und Doktoranden aus. Die englischsprachige Veranstaltung fand in der Aula der TU Braunschweig im Haus der Wissenschaft statt.

Den etwa 180 Teilnehmern wurde die chemische Forschung an der TU Braunschweig und den anliegenden Forschungsinstituten in neun Kurzvorträgen und 33 Postern präsentiert. Eröffnet wurde die Veranstaltung durch den GDCh-Ortsverbandsvorsitzenden Daniel B. Werz und den JCF-Regionalsprecher Miguel Silva Valverde.

Jörn Rösner aus dem Arbeitskreis von Martin Bröring berichtete in der ersten von drei Sessions über die Magnetochemie von Eisenthiaacorrolen. Es folgte ein Vortrag André U. Augustin aus der Gruppe von Daniel B. Werz. Er referierte über die Reaktivität von Donor-Akzeptor-Cyclopropanen. Mit dem Vortrag von Carolin Vietz aus der Arbeitsgruppe Philip Tinnefelds über eine einzelmolekülfloreszenzbasierte Methode zur Detektion des Zika-Virus endete die erste von drei Vortragsessions.



Auf Industrietour in Ludwigshafen: Barbara Jessel (BASF, links) und der JCF-Bundesvorstand (v.l.) Marie-Therese Oehmichen, Torsten John, André Augustin, Sebastian Sobottka, Sebastian Beil.

Foto: Marie-Therese Oehmichen