



Verein zur Durchführung der ETH-Nanopartikel-Konferenz
HR-Eintrag CHE-456.865.592;

Bericht zur 23.ETH-Nanopartikel-Konferenz

17.- 20.Juni 2019

www.nanoparticles.ethz.ch

Die diesjährige „ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles“, wurde, angesichts der hohen Aktualität des Themas zeitgerecht und mit grosser internationaler Beteiligung von Physik und Chemie zu den Ingenieurwissenschaften, über viele Sparten von Medizin und Biologie, bis zu den Luftreinhaltebehörden, mit bedeutenden wissenschaftlichen und technischen Inhalten in einer Atmosphäre offener Diskussion wieder einmal mit Erfolg durchgeführt; es bleibt zu hoffen, dass auch die wichtigen Themen dieses Jahres in die Breite der Luftreinhaltepolitik wirkt, wie diese Konferenz das seit Jahren geleistet hat.

Die Zahlen: auch in diesem Jahr hielt sich die Konferenz mit 380 angemeldeten Teilnehmern aus 34 Ländern auf dem seit 2006 gewohnten Niveau. Der Anteil der Schweiz mit 39% zeigt die Internationalität. Etwa ein Drittel der Teilnehmer kam zum ersten Mal. Der Altersdurchschnitt liegt mit vielen jungen Forschern augenfällig tief.

Achtundvierzig Themen zu neuen Ergebnissen aus 9 überlappenden Fachgebieten wurden im Plenum vorgetragen, zusätzlich waren 88 Poster in eindrucksvoller Qualität ausgestellt, die in den 3 ausführlichen Poster-Sessions diskutiert und auch bewertet wurden. Damit umfasst die Bibliothek der Konferenz inzwischen etwa 2200 Dokumente, die alle online zugänglich sind und in mehreren grossen Bibliotheken, über ISBN 978-3-033-07379-1 gekennzeichnet, verfügbar sind. Die Grundthemen der Konferenzsessions passen sich der Aktualität an:

- Aircraft, marine and other non-road sources
- Ambient air particles
- Biomass combustion and biofuels
- Emission control of diesel and gasoline vehicles
- Emission upgrade for in-use vehicles
- Enforcement and post Euro 6 legislation
- Environmental impact and global warming
- Health effects
- Nanoparticle formation and transformation
- Particle filters and deNOx technologies
- Particle metrology and chemical characterization
- Secondary emissions

Dabei nimmt die Bedeutung der health-impacts mit einer Doppelsession stetig zu; zur Evidenz von kardiovaskulären und cerebrovasculären Mortalitätsursachen und Kanzerogenität kommen vermehrt auch neurotoxischen Fragestellungen, wie die Ursachen von Parkinson und Alzheimer und ganz neu auch Auswirkungen über den Magen-Darm-Trakt und über die Haut.

Der seit Dieselgate bekanntgewordenen Brisanz der bewussten Beschädigung von Partikelfiltern und Entstickungskatalysatoren in Fahrzeugen durch Software- und Hardware-Manipulationen der Hersteller und Betreiber wurden zahlreiche Beiträge gewidmet und in einer Ausstellung zu neuen Messgeräten und

neuen Emissions-Minderungstechnologien wurde gezeigt, dass diese Konferenz sich nicht im Glashaus der Wissenschaften abspielt, sondern unmittelbare und unverzögerte Auswirkung auf die Technologie hat, so dass man ohne Übertreibung sagen kann, dass an diesem Ort die wissenschaftliche Forschung und die Entwicklung technischer Lösungen eng gekoppelt und der Umweltpolitik immer weit voraus sind.

Die Tagespresse nimmt übrigens, obwohl im Vorfeld informiert, von dieser Konferenz kaum Notiz und versteht daher auch in aller Regel nicht, wo Grundlagen gelegt und Risiken frühzeitig erkannt werden; das hat sich ja in peinlicher Deutlichkeit in der Zeitungsliteratur der letzten Jahre nach dem Dieselskandal gezeigt, in dem eine sensationslüsterne Presse technisch-wissenschaftlichen Laien Tür und Tor und eine Fülle von Talkshows gewidmet hat, die – vielleicht bewusst – zur Verwirrung und zu einer grossen Zahl folgenschwerer Fehlbeurteilungen geführt hat. Auch damit hat sich diese 23. ETH-NPC auseinandergesetzt. Für die Fachpresse wird die Konferenz allerdings immer wichtiger, und Gesundheitsfragen durch Auspuffemissionen werden ebenso wie Klimawirkungen ganz allmählich als ökonomische Faktoren anerkannt und daher ernst genommen.

1997 war die ETH-NPC als eintägiger Workshop mit 26 Teilnehmenden gestartet worden, um brennende Fragen der Entwicklung und Bewertung von Partikelfiltern in einem interdisziplinären Expertenkreis zu diskutieren - Fragen, die für die Nachrüstung von Baumaschinen mit Partikelfiltern im NEAT-Tunnelbau wichtig geworden waren, wo man der Elimination von alveolengängigen Feststoff-Partikeln Vorrang gegeben hatte. Heute ist sie das weltweit zentrale Meeting verantwortlich denkender Wissenschaftler und Ingenieure in den Fachgebieten der Entstehung, der Messung, der Elimination und Kontrolle von Schadstoffen aus der Verbrennung und hat im Wesentlichen zwei entscheidende Fakten in die allgemeine Diskussion und die Formulierung der Abgasvorschriften eingeführt, nämlich die Partikelgrösse – daher sprechen wir schon im Titel von Nanopartikeln – und die Partikelanzahl als Mass für die Dosis und als empfindliche Metrik für die Bewertung der technischen Massnahmen. Heute beurteilen EU, China und Indien die Emissionen nach der Partikelanzahl wie sie in dieser Konferenz erarbeitet wurde und nur deshalb haben wir nun Partikelfilter weltweit bereits in über 100 Millionen Fahrzeugen auf der Strasse.

Es ist eine besondere Konferenz, kaum vergleichbar mit anderen: sie ist akademisch, und zugleich transdisziplinär; frei von kommerziellen oder fachspezifischen Interessen, aber hochfokussiert auf das Ziel der Eliminierung von Abgasschadstoffen; sie repräsentiert die Verantwortung von Wissenschaft und Technik für die Gesamtgesellschaft ohne sich den zuweilen verengenden behördlichen Einschränkungen zu unterwerfen; sie ist zukunftsorientiert im Sinne „best available technology“; sie ist pragmatisch ohne die Stenge der Wissenschaft zu verlieren und sie ist kostenfrei für die Teilnehmer, ein Beispiel schweizerischer Gastfreundschaft, eingebettet in die sinnbildlich offene Architektur des ehrwürdigen ETH Hauptgebäudes.

Prof. Dr. Gian-Luca Bona, CEO der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, EMPA hat die Konferenz mit einem Plädoyer für nachhaltige Mobilitätstechnologie eröffnet mit dem Appell, sich von den nicht durchdachten, ja fast populistisch gebrauchten Scheinlockungen der Elektromobilität zu lösen und wieder einmal gründlich „über die Bücher zu gehen“, um Lösungen zu erarbeiten, die allen wichtigen Kriterien genügen.

Prof. em. Dr. theol. Wolfgang Lienemann, Ethiker der Universität Bern hat mit einer Keynote zu „Environmental Ethics in the High Risk Society“ die richtige Tonart getroffen, um die Arbeit dieser Konferenz zu charakterisieren und gleichzeitig auf die Probleme hingewiesen, die bei Verletzung ethischer Kriterien entstehen, Probleme nämlich, die in unserer technisch und ökonomisch dominierten Welt schnell globale Ausmasse annehmen können.

Prof. Dr. Nino Künzli, als Vorsitzender der Eidgenössischen Kommission für Luftreinhaltung verantwortlich für die öffentliche Gesundheit, sowie als stellvertretender Direktor des Swiss TPH (Tropical and Public Health Institute) Basel und als Mitglied der Medizinischen Fakultät der Universität Basel spezialisiert auf Umwelt-Epidemiologie hat sich in einem „open word“ am Beispiel Dieselgate mit der Rolle der Wissenschaft auseinandergesetzt, die sich nicht in die Studierstuben und Labors zurückziehen darf, sondern der Gesellschaft Rede und Antwort zu stehen hat und Verantwortung übernehmen muss, weil „Professor“ eben von (lat) profiteri = bekennen kommt und nicht etwa von (ital) profittare. Er verwies im Übrigen auf Bemerkungen im vorangehenden Referat von Prof. Lienemann.

Dr. Imad Khalek, Senior Program Manager Emissions R&D des Southwest Research Institutes, SWRI in San Antonio, Texas, der die Konferenz von Anfang an mit wichtigen Beiträgen bereichert hat,

war der Dinner-Speaker und hat die Gelegenheit genutzt, der entspannten ETH-NPC Community eine Zukunftsaufgabe mit einer Dringlichkeit zu stellen, die sicher vielen „unter die Haut“ ging: „es geht nicht mehr alleine um Emissionsminderung neuer Motoren, es geht vielmehr um nachhaltige emissionsfreie Mobilität. Und auch das dürfen wir nicht den Laienpredigern in politischen Ämtern überlassen sondern die Ingenieurzunft und die Forschung müssen die besten Lösungen in ihrer Vielfalt und optimalen Adaptierung umsetzen, und das ist nicht die Elektromobilität“. Auch das gehöre ins Konzept dieser Konferenz, die die Zukunft mitgestalten will.

Die Fülle der Beiträge hier auch nur kurzgefasst wiedergeben zu wollen, würde den Rahmen sprengen oder zu unzulässiger Selektivität führen. Generell wurde sichtbar, dass die Forschung an vielen Orten „gezündet“ hat und überall weiter in die Tiefe dringt, womit auch verständlich wird, dass alle guten wissenschaftlichen Beiträge mit der Forderung „more research is needed“ schliessen. Wie gut, dass es die Ingenieure schon immer verstanden haben, darauf nicht zu warten, sondern auf dem Boden des jeweils gesicherten Wissens funktionsfähige und kostengerechte Lösungen zu entwickeln.

So sehen wir die folgenden **highlights** in diesem Jahr:

- alle neuen Dieselmotoren in Europa sind heute mit höchst leistungsfähigen Filtern und DeNOx-Anlagen ausgerüstet d.h. die Nanopartikelemission ist um den Faktor 1000 vermindert und die NOx-Emission gegenüber den 90er Jahren um den Faktor >100. Das betrifft heute etwa 100 Millionen Fahrzeuge auf europäischen Strassen – und das nur dank dem Grundsatz dieser Konferenz, ultrafeine Feststoff-Partikel zu zählen; diese Prinzipien sind inzwischen von Korea, China und einigen lateinamerikanischen Ländern übernommen und werden ab Januar 2020 auch in Indien gültig sein – jedoch immer noch nicht in den USA und noch immer nicht für alle Benzinmotoren, geschweige denn für CNG-Motoren, die noch kleinere Partikel emittieren.
- auch für die Nachrüstung, das Upgrade der bestehenden Flotte, wurden kombinierte Systeme entwickelt, im Prinzip für Dieselmotoren aller Art bis hinunter zu Personenwagen und eines dieser Systeme hat einen hochdotierten Preis von 1.5 Mio Euro von der EU-Kommission erhalten, wobei gezeigt werden konnte, dass die Abgasminderung sogar effizienter war als bei den meisten OE-Systemen. Es geht also technisch mit der Nachrüstung resp. mit dem Upgrade der Flotte voran. Aber dieses Upgrade, das wir so dringend brauchen würden, um die Verbesserung der Luftqualität voranzutreiben, wird nicht in erforderlicher Breite kommen, weil die Regierungen sich zwar mit der Sperrung von Innenstädten und einem Dirigismus, der an Planwirtschaft grenzt, gegenseitig überbieten, aber keiner die Gelegenheit wahrnimmt, diese Technologien konsequent zu nutzen.
- Aber funktionieren diese Systeme in der Praxis auch so perfekt? Verschiedene Gruppen des Nanopartikel-Netzwerkes haben in den Niederlanden, in Belgien, in Spanien und der Schweiz gezeigt, dass über 10% der Filter und vermutlich noch mehr DeNOx Systeme nicht gut funktionieren. Das bemerkt man nicht, denn die Gesetzgebung hat seit 2013 auf periodische Kontrollen verzichtet im Glauben an elektronische Selbstkontrolle. Eine Initiative aus dem ETH-NPC-Netzwerk hat unter dem Begriff NPTI = new periodic technical inspection diese Herausforderung aufgenommen und innerhalb von 2 Jahren einen neuen Gerätestandard für Anzahl-messende Werkstattgeräte entwickelt und schon haben 5 Aussteller solche Geräte präsentiert. Eine Session war diesem Thema gewidmet. Damit wurde ein weiteres Mal gezeigt, dass sachbezogene Fragestellungen aus diesem Kreis rasch und nachhaltig Lösungen zugeführt werden können.
- Die Bedeutung der „solid ultrafine particles“ ist gesteigert durch die Erkenntnis, dass deren Oberflächen durch physikalische, chemische und biologische Effekte unterschiedlichster Art aktiviert werden können, dass sich auf der Oberfläche dieser Russpartikel (200 m²/g), krebserzeugende PAH und Metalloxide ablagern, bei Benzinmotoren mehr als bei Dieselmotoren, und damit in Zellen eindringen wo sie sich von den Partikeln ablösen und schädigende Effekte verursachen, Dieses Phänomen. „trojan horse“-Effekt genannt, erklärt die unmittelbare Wirkung auf Zellen, ja sogar Zellkerne und die DNA im gesamten Organismus, ja, dass diese Bedrohung sogar epigenetisch wirkt. Neue analytische Methoden ermöglichen neue Einsichten und neue Methoden zur gezielten Erzeugung von Aerosolen mit definierten Beschichtungen und ermöglichen in vitro Forschung an menschlichen Zellkulturen – ein eindrucksvolles Exponat der Universitäten Bern und Windisch. Schlimm, dass die offiziellen Luftreinhaltekonzepte das keineswegs

wahrzunehmen scheinen oder wahrhaben wollen, sondern auf den überkommenen Prinzipien der Summenparameter PM2.5, NO_x, THC und dergleichen verharren und damit die möglichen technischen Massnahmen fehlleiten oder ausbremsen.

- Die schizophrene öffentliche Debatte zur Verteufelung des Diesels ist entlarvt und die Schieflage der Grenzwerte, die NO₂ überbewerten und die Nanopartikel weit unterbewerten, ist erkannt. Zu spät, muss man hinzufügen, denn der Scherbenhaufen ist nicht rückgängig zu machen, so wenig wie die völlig überflüssige Vernichtung an Vermögenswerten und der Vertrauensverlust in Zuverlässigkeit der Technik und Administration.
- Partikelemissionen von Flugtriebwerken sind erkannt und messbar; eine Schweizer Initiative des BAZL, gestützt auf umfangreiche Forschungsarbeiten der EMPA, der DLR und amerikanischer Forschungsgruppen hat im März 2019 bei der ICAO eine Zertifizierung neuer Triebwerke durchgesetzt, die ab 2023 in Kraft treten wird.
- Partikelemissionen von Schiffen sind endlich im Fokus und die IMO startet einen Anlauf, über die Entschwefelung und Entstickung endlich hinauszugehen und Black Carbon ins Visier zu nehmen. Die dramatischen Effekte des Abschmelzens von Polareis durch Russablagerungen können offenbar nicht mehr übersehen werden. Aber wie lange wird das dauern, wenn nicht überzeugende technische Massnahmen vorgelegt werden – die Ingenieure sind gefordert. Die Durchsetzung solcher Sondermassnahmen wird leichter in Schutzzonen wie Ostsee, Nordsee und vielleicht bald im Mittelmeer. Überall dort können Anrainer schärfere Forderungen mit empfindlichen Sanktionen durchbringen.
- Der Kontakt mit der Welt der biologisch-medizinischen Forschung, der zwei Sessions gewidmet sind und die für die Interaktion der Ingenieure mit den Medizinern und Biologen eine wichtige Rolle spielt, kann kaum mehr abgebildet werden, da sie unglaublich schnell expandiert. Die Vorträge waren sehr sorgfältig ausgewählt, um einerseits die Fortschritte in der Gesamtbewertung zu erkennen, aber auch einige vertiefende Einblicke in faszinierende Einzelprojekte zu ermöglichen wie den verblüffend kausalen Zusammenhang zwischen ultrafeinen Partikeln und Diabetes über Wirkungen im Darmtrakt – wir sprachen doch bisher nur von der Lunge, oder die Erforschung eines Zugangsweges über die Follikel in der Haut, die wir bisher, in intakter Form, als impermeabel angesehen hatten. Und zum ersten Mal kommt eine sehr grosse epidemiologische Studie in Kanada mit >1Mio Teilnehmern über den Zeitraum 1996-2012 zu dem Ergebnis, dass ultrafeine Partikel unabhängig von PM2.5 und NO₂ bedeutenden Einfluss auf die Gesundheit haben. Das Risiko wird bei Herzinfarkten mit 2-5% für einen Anstieg von 10'000 P/cm³ beziffert. Subsummiert man das alles, wo liegen dann die Gesamtkosten durch die Exposition in der urbanen Atmosphäre oder umgekehrt gefragt, was dürfen wir aufwenden, um alle diese Probleme zu vermeiden.
- Im Focus-Event versuchten 6 Mitglieder der Führungsgruppe dieser Konferenz ihre Sorgen in Worte zu fassen, zu zeigen, welche Lücken in Forschung und Gesetzgebung geschlossen werden müssten und könnten und damit Hinweise zu liefern, die in einem grossen neuen Anlauf, wie ihn die post Euro6-Gesetzgebung darstellt, genutzt und umgesetzt werden könnten.

Im Laufe der 22 Jahre haben wir gelernt, dass Pausen häufig und lange sein müssen und dass diese Gelegenheiten die Kommunikation fördern, besonders, wenn durch das ETH-Mensa-Team Kaffee und kulinarische Energiehäppchen gereicht werden – ein Dank dem SV, der auch das Konferenz-Dinner in der Mensa ausgerichtet hat.

Alle Autoren stellen ihre Arbeiten für die Konferenz-Homepage zeitlich unbegrenzt zur Verfügung; das ist eine der Bedingungen der Konferenz; auch der Download ist jederzeit kostenfrei möglich. Auf diese Weise enthält diese Internetseite mittlerweile eine elektronisch nach Stichworten navigierbare Bibliothek mit fast 2200 Fachbeiträgen. Auf dieser Website befindet sich auch eine Fotostrecke und ein Video, mit dem versucht wurde, die besondere Atmosphäre der Konferenz für diejenigen einzufangen, die diesmal nicht teilnehmen konnten.

Nach jeder Konferenz wird auch eine CD mit allen Beiträgen produziert, für die sich inzwischen mehrere grosse Bibliotheken interessieren. Die CD trägt eine ISDN-Kennung und die Beiträge sind damit auch wissenschaftlich zitierbar. Darüber hinaus bietet die Springer-Zeitschrift „Emission Control Science and

Technology“ allen Autoren nach einem peer-review Verfahren auch die Publikation ihrer Beiträge als „full papers“ an.

Fünf Preise wurden gesponsert

- Preise für die drei besten Poster (600, 400, 200 Fr) wurden gestiftet von Dr. med. O. Brändli von der Swiss Lung Foundation/Wald. Der erste Preis ging an G.A. Kelesidis und A. Bruun von der ETH Zürich für Ihren Beitrag zu „*Impact of Organic Carbon on Soot Light Absorption*“. Der zweite Preis ging an Frau S. Jain vom CSIR National Physical Laboratory in New Delhi für ihren Beitrag zu „*Seasonal Variability of PM 2.5 Composition and its Sources over Delhi, India*“ und der dritte Preis ging an T.N. Jensen und S. Koust vom Danisch Technological Institute Aarhus für ihren Beitrag zu „*Real Time Measurements of Cost efficient Filter Solutions for Small Construction Machines*“, wobei hinzuzufügen ist, dass es angesichts des hohen Qualitätsniveaus der Poster zunehmend schwieriger wird, die drei besten aus 88 Postern auszusuchen.
- Der Trojan Horse Preis für herausragende Beiträge zur Toxizität auf Zellebene (2000 Fr), gestiftet von Dr. med. J. Schiltknecht von den Ärztinnen und Ärzten für Umweltschutz, wurde in diesem Jahr gesplittet und ging an Dr. S. Katsumi von der ESAR in Japan für sein Poster zum Thema „*Characteristics of Chemical Composition for Ultrafine Particles Collected at Narita International Airport*“ und an D. Dumitru von der University of Lille für seinen Vortrag zu „*a Novel Methodology for the Analysis of the Particulate/Gas Phase Partitioning in Combustion Emissions*“

Die ETH-NPC erhebt keine Teilnehmergebühren; dies ist einerseits ihrem Ruf als akademische Konferenz, dem Patronat der ETH und des BAFU geschuldet, andererseits dient es dazu, dass möglichst viele junge Wissenschaftler und Ingenieure die Konferenz besuchen und ihre Ergebnisse mitteilen und diskutieren können. So bleibt die Konferenz jung und ambitionierte junge Doktoranden werden in absehbarer Zeit die Entscheidungsträger sein; aber die „alten Hasen“ sind ebenso wichtig und kennzeichnend ist die bunte Durchmischung der Disziplinen und Sparten.

Sind 23 Konferenzen nicht genug?

Die ETH-NPC hat mit dieser grossen interdisziplinären Fachgruppe (über 2600 korrespondierende Fachleute) viel erreicht, sie hat die Argumente geliefert, um den Partikel-Anzahlgrenzwert für die Homologation der europäischen Fahrzeuge gesetzlich zu verankern, und nur dadurch haben wir heute in Europa über 100 Millionen hocheffizienter Partikelfilter auf der Strasse. Vor uns aber stehen zahlreiche bedeutende Aufgaben, selbst wenn wir uns bei der ETH-NPC nur auf die ultrafeinen Partikel konzentrieren, ihre Entstehung, ihre biologischen Wirkungen, technische Massnahmen zu ihrer Elimination, Gesetzgebung und Kontrolle und zwar bei allen Arten von thermischen Antrieben – nicht nur bei neuen Fahrzeugen und nicht nur bei Dieselmotoren, sondern auch bei Benzinmotoren, Flugzeugtriebwerken, bei Lokomotiven und bei Hochseeschiffen. Viele dieser Aufgaben sind für die Gesundheit der Menschen prioritär oder sollten es wenigstens sein, aber leider ist das in den meisten Fällen noch lange nicht auf das Niveau der Umweltpolitik „durchgesickert“ – erinnern wir uns nur daran, dass die Erkenntnis der Kanzerogenität von Verbrennungsruss von Percivall Pott aus dem Jahre 1775 stammt, dass die Weltgesundheitsorganisation WHO das Abgas von Verbrennungsmotoren 2012 als krebserzeugend nach Klasse 1 (wie Asbest) erklärt hat, und dass bis heute weltweit erst eine einzige Behörde, nämlich der niederländische Gezondheidsraad darauf mit einem Vorschlag zur Verschärfung der Grenzwerte reagiert hat.

Es bleibt also viel zu tun.

Und damit laden wir ein zur 24. ETH-Nanopartikelkonferenz am 22.-25. Juni 2020 im Hauptgebäude der ETH Zürich.

Last but not least:

nur durch die Unterstützung zahlreicher Sponsoren, Behörden, Firmen und Private können wir dieser Aufgabe gerecht werden und daher möchten wir uns ganz besonders bei der ETH und dem BAFU für das Patronat, bei den 33 Sponsoren, den 19 Ausstellern der 23.ETH-NPC, dem VERT-Verein und den Kollegen des ETH-NPC-Vereins an dieser Stelle im Sinne unserer Aufgabenstellung und im Bewusstsein, dass durch diese Arbeit die Mobilität weltweit nachhaltig und frei von Schadstoffen werden kann, sehr herzlich bedanken.

25.Juni 2019

Andreas Mayer
Mitglied des OK