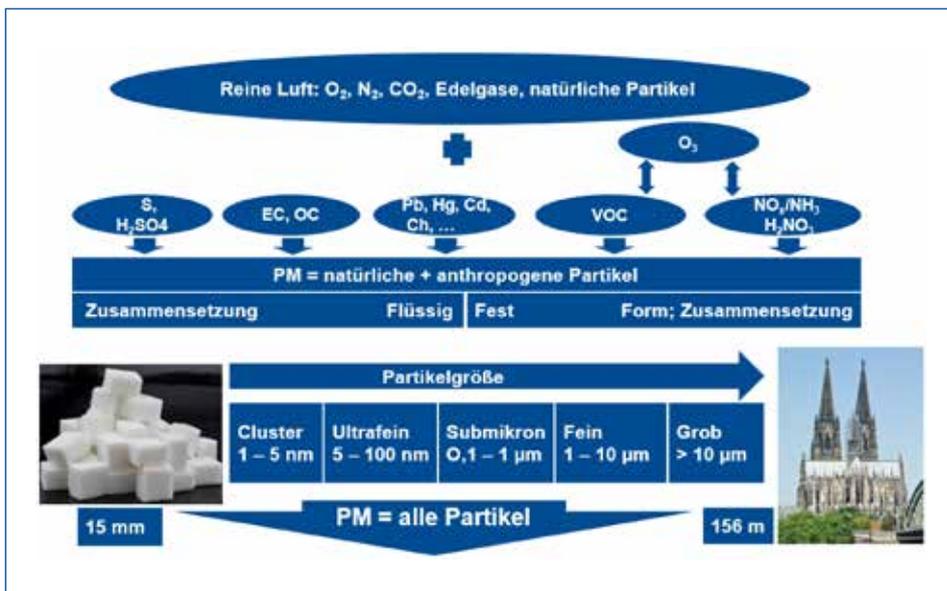


Hotspot der Aerosolforschung

Seit 1974 werden in Duisburg Partikel in Gasen untersucht

von Klaus-Gerhard Schmidt, Gerhard Rapp, Stefan Haep, Dieter Bathen, Heinz Fissan

Das Wort „Aerosol“ ist ein im letzten Jahr und insbesondere im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie sehr häufig benutztes Wort. Physikalisch gesehen handelt es sich um ein in Gasen, häufig in Luft, feinverteiltes Stoffsystem aus kleinen Partikeln im Mikro- und Nanometerbereich. Die aktuelle Berichterstattung in den Medien konzentriert sich auf die Partikelphase in Aerosolen und ihre Bedeutung in der Corona-Pandemie. Die vom Menschen ausgeatmeten Aerosolpartikel sind in Verruf geraten, weil sie als bedeutende Virentransporteur von Mensch zu Mensch angesehen werden. In einem kürzlich erschienenen Positionspapier der deutschen Gesellschaft für Aerosolforschung werden die Transportprozesse und Maßnahmen zur Reduzierung des Transports im Detail beschrieben.



Das Stoffsystem Luft

Die Aerosolforschung hat sich seit den siebziger Jahren über die ganze Welt ausgebreitet. In Europa gibt es inzwischen 14 nationale Aerosolforschungsgesellschaften, zusammengefasst in der „European Aerosol Assembly“ (EAA), deren erster Präsident Heinz Fissan von der Gesamthochschule Duisburg war. Weltweit hat sich die „International Aerosol Research Association“ (IARA) gebildet. In diesem Prozess spielte seit 1974 die damalige Gesamthochschule Duisburg und ab 2003 die heutige Universität Duisburg-Essen (UDE) eine große Rolle. Mehrere Mitarbeiter der UDE hatten Leitungspositionen in den Gesellschaften inne. Zurzeit ist Dr.

Christof Asbach, Institut für Energie und Umwelttechnik (IUTA) der Präsident der GAeF.

Luftreinhaltung und Nanostrukturmateriale als Treiber der Aerosolforschung

Viren in der menschlichen Lunge benutzen die beim Atmen freigesetzten Partikel als Transporter, um in die Außenluft zu gelangen und nachfolgend von einem anderen Menschen eingeatmet zu werden. Das ist ein nicht beabsichtigter Prozess. Aerosole können aber auch künstlich mit einer gewünschten Zusammensetzung produziert werden, um beispielsweise Medikamente gezielt in den menschlichen

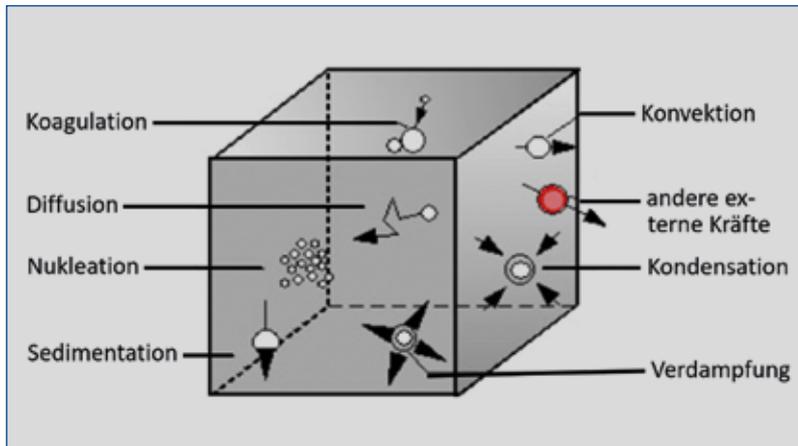
Körper einzubringen. Auch in der Technik spielen Aerosole manchmal eine negative und manchmal eine positive Rolle. Der erste Höhepunkt der Aerosolforschung wurde durch die Smog-Diskussion Ende der sechziger Jahre in Kalifornien ausgelöst, eine zweite Welle folgte, als in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die Vorteile nanostrukturierter Materialien entdeckt wurden. Die sogenannte Nanotechnologie entwickelte sich. Im Rahmen der Corona-Pandemie ist zurzeit die Virenübertragung durch Aerosole von großem Interesse.

Aerosolforschung in Duisburg ab 1974

Für die Aerosolforschung in Duisburg wurden mit der Eröffnung der Gesamthochschule 1972 die Grundlagen gelegt. Prof. Dr. Heinz Luck übernahm die Aufgabe, einen Fachbereich Elektrotechnik aufzubauen. An der RWTH Aachen hatte er in der Forschung das Thema Brandentdeckung bearbeitet, das er in Duisburg fortsetzen wollte. Brandentdeckung erfolgt im Wesentlichen über die Detektion der von Bränden abgegebenen Partikel in den Rauchgasen. Daher wurde eine Professur zum Thema „Aerosolmesstechnik“ ausgeschrieben, die 1974 von Dr. Heinz Fissan übernommen wurde. Das Fachgebiet bekam später den Namen Prozess- und Aerosolmesstechnik. Prof. Fissan hatte sich an der RWTH Aachen in seiner Dissertation mit der Chemie der Verbrennungsprozesse und in seiner Habilitation mit der Bildung von



FAKULTÄT



Physikalische Prozesse in Aerosolen

Partikeln in Verbrennungsprozessen beschäftigt. Angeregt wurde die Ausrichtung seiner Forschung auf Partikel in Abgasen während seines mehrjährigen Postdoc-Aufenthaltes in Amerika.

Die Zusammenarbeit in der Forschung konzentrierte sich in der Aerosolmesstechnik auf die signalrelevanten Eigenschaften von Partikeln im Rauchgas, die dann von der Nachrichtentechnik in elektrische Signale umgewandelt wurden. Um realitätsnahe Untersuchungen durchführen zu können, wurde 1988 das Heinz-Luck-Brandentdeckungslabor gebaut. Inzwischen werden die mit der Industrie zusammen entwickelten Brandmelder verpflichtend in alle Gebäude eingebaut. Gegenwärtig wird daran geforscht, Brandmelder zu entwickeln, die in der Lage sind, den Brandrauch von Partikeln aus anderen Quellen zu unterscheiden, um Fehlalarme zu vermeiden.

Neben der Brandentdeckung war die Luftverschmutzung, insbesondere die Partikelphase in der Luft, ein zentraler Gegenstand der Forschung. Luft ist heute das am meisten untersuchte Stoffsystem in der Welt. Viele Fragestellungen ergeben sich aus der Komplexität der aus unterschiedlichen Quellen eingetragenen gasförmigen und partikulären Schadstoffe und der daraus resultierenden Luft-Zusammensetzung.

Insbesondere Verbrennungsprozesse emittieren gasförmige, aber auch flüssige und feste Partikel mit unterschiedlichen Zusammensetzungen in einem breiten Größenspektrum. Wenn man die kleinsten Partikel im Nanometerbereich vergrößert durch einen Zuckerwürfel darstellt, dann entsprechen die größten Partikel (10 μm) der Höhe des Turms des Kölner Doms. Die Eigenschaften der Partikel verändern sich in der Atmosphäre zusätzlich durch Wechselwirkungen mit den Komponenten der Gasphase in der Luft.

Eine zentrale Aufgabe war die Entwicklung von Aerosolmessgeräten zur Bestimmung der Größenverteilung von Partikeln in Aerosolen als Voraussetzung zum Verständnis des Verhaltens von Partikeln in der Luft.

Grundlagenforschung im DFG-Sonderforschungsbereich 209

Zusätzlich zu den chemischen Reaktionen finden in der Partikelphase eine Reihe physikalischer Prozesse statt. Kleinste Partikel können durch Nukleation aus der Gasphase gebildet werden, vergrößern sich durch Koagulation (Vereinigung von Partikeln) und Kondensation. Sie werden kleiner durch Verdampfung. Bewegt werden sie durch Konvektion, Diffusion, Sedimentation und externe Kräfte. Insgesamt findet ein komplizierter Stoff- und Energietransport statt.

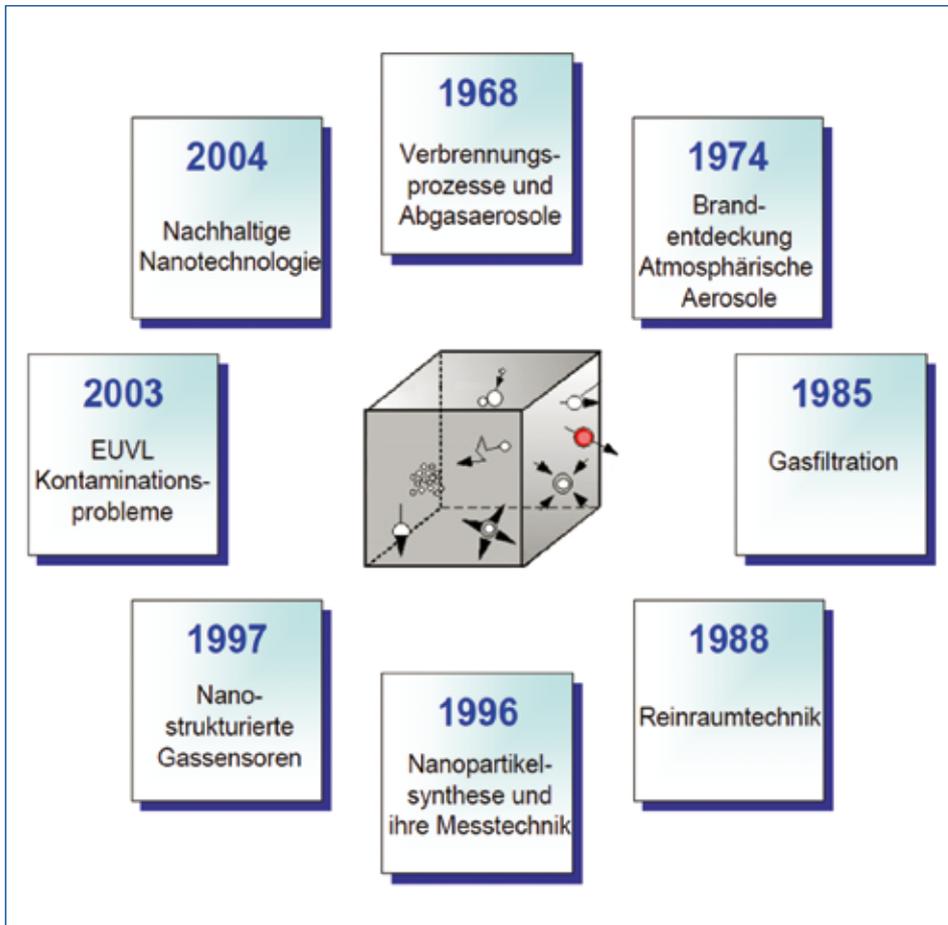
Die physikalischen Grundlagen für jede Anwendung mussten erarbeitet und durch neue Modelle und neue Messtechniken erfassbar gemacht werden. 1983 wurde von der DFG ein Sonderforschungsbereich (SFB 209) mit dem Thema „Stoff- und Energietransport in Aerosolen“ für 15 Jahre genehmigt. Mit seiner Förderung konnte eine Gruppe von Professoren aus dem Maschinenbau, der Elektrotechnik, der Chemie und der Physik die Grundlagenforschung zu Aerosolen wesentlich vorantreiben.

Angewandte Aerosolforschung

1989 ergab sich die Möglichkeit, zusammen mit Kolleg*innen aus der Chemie und dem Maschinenbau ein „An-Institut für Energie- und Umwelttechnik“ (IUTA e.V.) in Duisburg-Rheinhausen zu gründen. Das Institut bot und bietet die Möglichkeit, anwendungsorientierte Forschung mit der Industrie durchzuführen. Bereits damals wurde unter anderem eine Abteilung für Aerosolforschung gegründet, die heute noch existiert. Es entwickelte sich eine sehr gute Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet „Prozess- und Aerosolmesstechnik“ an der Universität Duisburg-Essen (damals noch Universität Duisburg).

Neben den Gebieten der Brandentdeckung und des atmosphärischen Aerosols sind im Laufe der Zeit weitere Anwendungsgebiete im Fachgebiet Aerosolmesstechnik (AMT) an der Fakultät hinzugekommen. Ein in der Corona-Krise besonders relevantes Anwendungsgebiet, das vom IUTA und der Abteilung AMT der Universität Duisburg-Essen gemeinsam bearbeitet wurde, ist die Reinigung von Gasen durch Filtration. Im Mittelpunkt stand und steht die Optimierung der Partikelabscheidung bei möglichst geringem Energieverbrauch.

Besonders reine Bedingungen werden bei der Herstellung von Elektronikkomponenten benötigt, wobei die Anforderungen infolge der abnehmenden Strukturgrößen in der Chipfertigung kontinuierlich



Darstellung der Aerosolforschung im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik der Universität Duisburg-Essen (1974 - 2004)

steigen. Das trifft insbesondere für die hierfür benötigte EUV-Lithografie (Extreme Ultraviolet Lithography) zu, für die Methoden zur Vermeidung der Kontamination durch Partikel mit speziellen Messtechniken und aufwändigen Filtern entwickelt wurden.

In den neunziger Jahren entwickelte sich dann die Nanotechnologie. Basierend auf Beobachtungen in der Natur versuchte man, im Nanometerbereich strukturierte Materialien mit gewünschten Funktionseigenschaften herzustellen. Ein bedeutender Weg der Herstellung ist die Synthese von Aerosolen in der Gasphase. Ein neuer Sonderforschungsbereich „Nanopartikel aus der Gasphase“ wurde hierfür eingerichtet und von der DFG 12 Jahre lang gefördert. Diese Forschungsaktivitäten führ-

ten nach Abschluss des Sonderforschungsbereichs zur Gründung von CENIDE, einem Forschungsverbund an der UDE zum Thema Nanotechnologie.

Im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik wurden nanostrukturierte Gassensoren entwickelt. Eine wichtige Information über nanostrukturierte Materialien ist die Partikelgröße. In Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern von Prof. Dr. David Pui von der Universität von Minnesota wurde ein vorhandenes Messverfahren auf die Bedingungen im Nanometerbereich angepasst. Diese Forschung wurde mit dem Max-Planck-Forschungspreis 1993, dem höchstdotierten Ingenieurpreis in Deutschland, für Prof. Fissan und Prof. Pui ausgezeichnet.

2003 wurde Prof. Dr. Heinz Fissan emeritiert. Er übernahm aber die Position eines Wissenschaftlichen Direktors im IUTA, die er bis 2015 innehatte. Die im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik laufenden Aktivitäten zum Thema „Atmosphärische Aerosole“ mit dem Schwerpunkt „Synthese von Nanopartikeln in der Gasphase“ wurden teilweise ins IUTA verlagert und dort weiterbearbeitet. Im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik führt Prof. Dr. Einar Krus die Aerosolforschung bis heute weiter. 2007 übernahm Prof. Dr. Roland Schmechel das in „Nanostrukturtechnik“ (NST) umbenannte Fachgebiet. Er legte den Schwerpunkt seiner Arbeit auf die Entwicklung und Anwendung nanostrukturierter Materialien für die Elektrotechnik, insbesondere für die druckbare Elektronik, Thermoelektrik und Photovoltaik.

Zusammenfassung

Die Grafik zeigt die vom Fachgebiet Aerosolmesstechnik über die Jahre bis 2003 bearbeiteten Forschungsgebiete (Grundlagenforschung) in den Bereichen „physikalisches Verhalten von Partikeln in Gasen und Aerosolmesstechnik“ umgeben von den Anwendungsgebieten in zeitlicher Reihenfolge. Im Jahr 2004 wurde am IUTA der Bereich „Nachhaltige Nanotechnologie“ eingerichtet, der in den Folgejahren erhebliche Bedeutung erlangte. Die Forschungsprojekte an der Universität wurden von Technischen Mitarbeiter*innen, aber auch insbesondere von Doktorand*innen bearbeitet. Zwischen 1974 und 2004 haben 40 Promovenden ihre Dissertation vollendet.

Die Resonanz der Duisburger Aerosolforschung in Wissenschaft und industrieller Praxis erlaubt es, von einem Hotspot der Aerosolforschung in Duisburg zu sprechen, insbesondere wenn man die weiteren umfangreichen Aktivitäten im Bereich der Aerosolforschung (IUTA, CENIDE), auf die hier nicht im Detail eingegangen wurde, berücksichtigt. ■