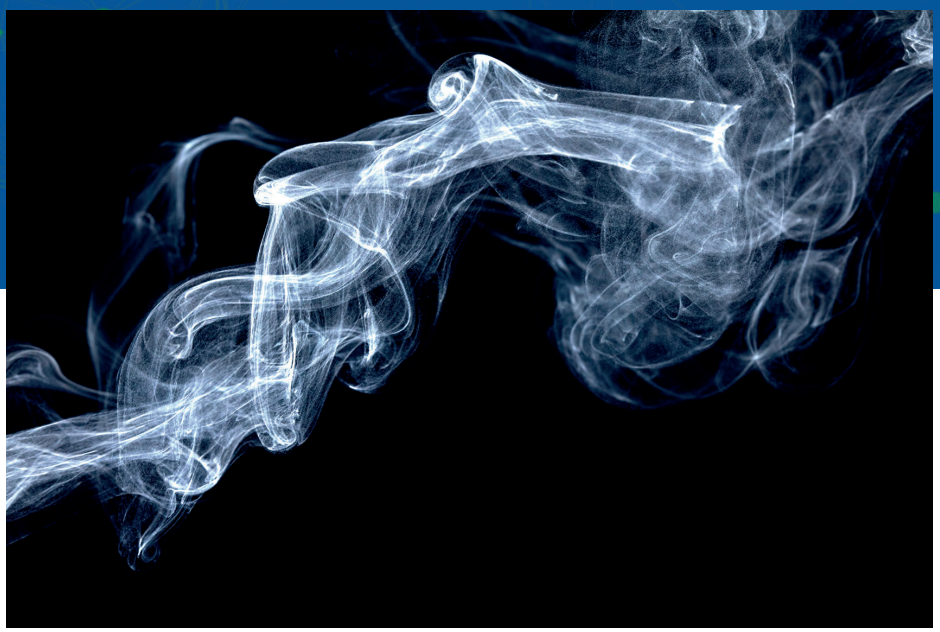
forschen.
vernetzen.
anwenden.

iuta *aktuell*

Mitteilungen aus dem Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.



Sonderausgabe

Geschichte der Aerosolforschung an der Universität Duisburg-Essen und am IUTA (Teil 1)

Prof. Dr.-Ing. Heinz Fissan

Einleitung

Das Wort „Aerosol“ ist ein im letzten Jahr und insbesondere im Zusammenhang mit der Corona-Epidemie sehr häufig benutztes Wort. Physikalisch gesehen handelt es sich um ein Stoffsystem aus kleinen Partikeln im Mikro- und Nanometerbereich feinverteilt in Gasen (häufig Luft). 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 Virentransporteure von Mensch zu Mensch angesehen werden. In einem kürzlich erschienenen Positionspapier der deutschen Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF), der ersten weltweiten Aerosolforschungsgesellschaft (Gründung 1972), werden die Transportprozesse und Maßnahmen zur Reduzierung des Transports im Detail beschrieben.

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 und 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 haben Leitungspositionen übernommen, zum Beispiel Dr. Christof Asbach, IUTA, der aktuelle Präsident der GAeF.

Aber auch die Aerosolforschung hat sich in Duisburg zunächst an der Gesamthochschule (ab 1974), dann an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg (ab 1994) und schließlich an der Universität Duisburg-Essen (ab 2003) entwickelt. Zusätzlich wurde sie einer der Forschungsschwerpunkte des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) in Duisburg-Rheinhausen, das 1989 gegründet wurde.

Im Folgenden wird zunächst über die Entwicklung der Aerosolforschung an der Universität berichtet. In einem späteren Bericht wird die Entwicklung der Aerosolforschung im IUTA beschrieben. Das schließt auch die Forschungsaktivitäten mit Bezug zur Corona-Pandemie ein.

Luftreinhaltung und nanostrukturierte Materialien als Antreiber 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 sechzi-

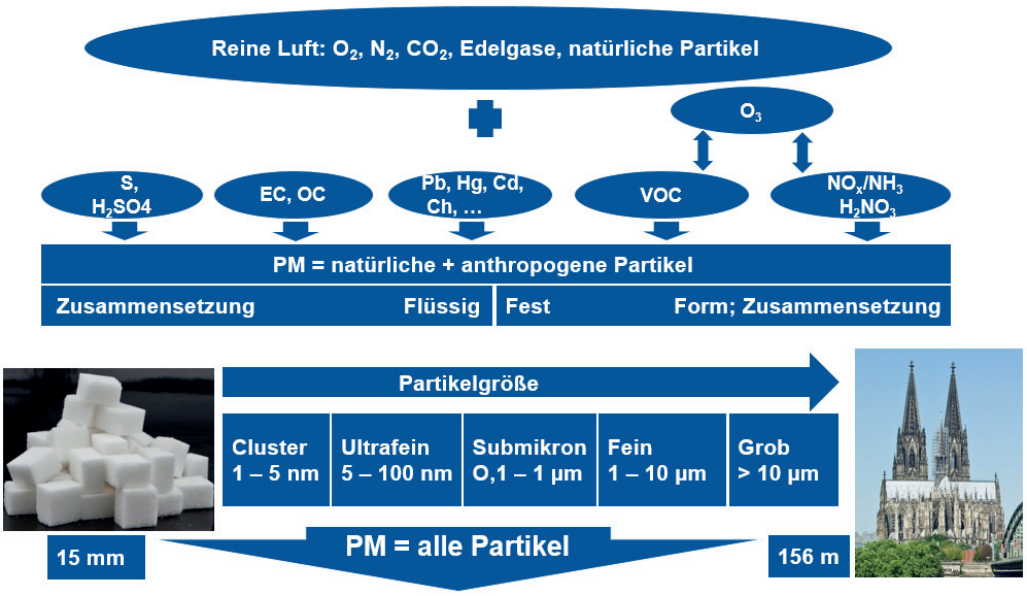


Abb. 1: das Stoffsystem Luft

ger 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. Zurzeit ist die Virenübertragung durch Aerosole von großem Interesse im Rahmen der Corona-Pandemie.

Aerosolforschung in Duisburg ab 1974

Die Aerosolforschung in Duisburg startete mit der Eröffnung der Gesamthochschule 1972 per Gesetz. 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 (Aerosol). 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 Partikeln (Ruß) in Verbrennungsprozessen beschäftigt. Angeregt wurde die Ausrichtung seiner Forschung auf Partikel in Abgasen während seines mehrjährigen Aufenthaltes in Amerika nach der Dissertation.
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 der Welt. Viele Fragestellungen ergeben sich aus der Komplexität der aus unterschiedlichen Quellen eingetragenen gasförmigen und partikulären Schadstoffe und der daraus resultierenden Luft-Zusammensetzung (Abb. 1). 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.

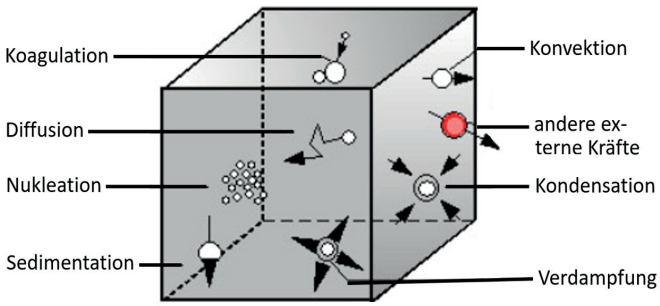


Abb. 2: physikalische Prozesse in Aerosolen

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 KollegInnen 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 und über die in einem weiteren Bericht noch berichtet werden soll. Es entwickelte sich eine sehr gute Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet „Prozess- und Aerosolmesstechnik“ an der Universität Duisburg-Essen (damals Universität – Gesamthochschule Duisburg).

Neben den Gebieten der Brandentdeckung und des atmosphärischen Aerosols sind im Laufe der Zeit weitere Anwendungsgebiete im Fachgebiet Aerosolmesstechnik (AMT) an der Universität 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 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 führten 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. 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 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 der Universität Duisburg-Essen führte Prof. Dr. Einar Kruis 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

In Abb. 3 sind die vom Fachgebiet Aerosolmesstechnik über die Jahre bis 2003 bearbeiteten Forschungsgebiete (Grundlagenforschung) in den Bereichen „physikalisches Verhalten von Partikeln in Gasen und Aerosolmesstechnik“ im Würfel umgeben von den

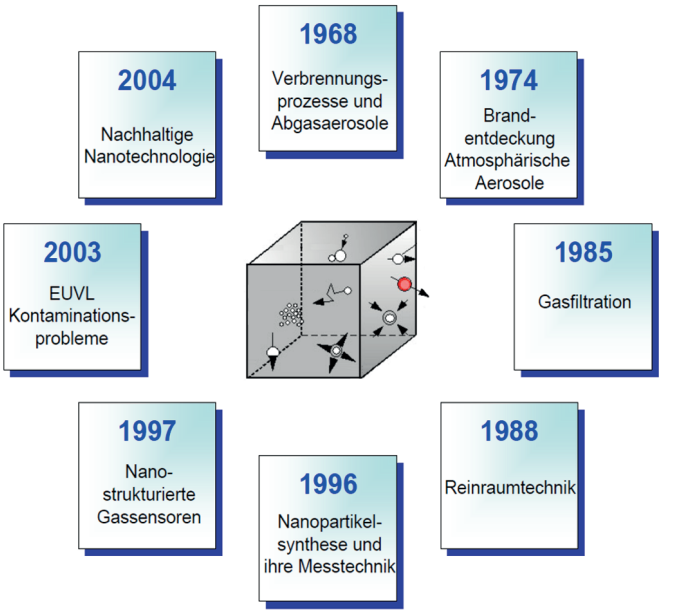


Abb. 3: Darstellung der Aerosolforschung im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik der Universität Duisburg-Essen (1974 – 2004)

Anwendungsgebieten in zeitlicher Reihenfolge dargestellt. 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 MitarbeiterInnen, aber auch insbesondere von DoktorandInnen 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 Hot Spot 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 wird, berücksichtigt.

IMPRESSUM

Redaktion: H. Fissan (Autor), K. G. Schmidt, S. Haep, D. Bathen
Herausgeber: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Bliersheimer Str. 58 – 60, 47229 Duisburg
Vorstand:
Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen (Wissenschaftlicher Leiter)
Vertretungsberechtigt gemäß § 26 BGB:
Dr.-Ing. Stefan Haep (Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer)
Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (Stellv. Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer)

IUTA ist An-Institut der Universität Duisburg-Essen, Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) sowie Mitglied der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft e.V. (JRF).

Abbildung auf dem Titelblatt: Bildrechte: Panther Media GmbH, Foto-Nr. 29264203; Fotos in Abbildung 1: Wikimedia Commons.
Druck: August 2021
Weitere Informationen und Projektberichte zum Thema Aerosolforschung finden Sie auf der Website www.iuta.de

---

FÖRDERHINWEIS

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) erhält vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft eine Zuwendung des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen der institutionellen Förderung.

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen