

# Rosen und Nanopartikel

## Aktivitäten in der Aerosolforschung nach der Pensionierung

von Heinz Fissan

Nach Start des Fachgebiets „Prozess- und Aerosolmesstechnik“ 1974 an der kurz zuvor gegründeten Gesamthochschule Duisburg, der Einführung einer Reihe von Lehrveranstaltungen und der Durchführung vieler Forschungsprojekte zum Thema Aerosole wurde ich nach 29 Jahren im Jahr 2003 von der heutigen Universität Duisburg-Essen pensioniert. Wie wollte ich mein weiteres Leben ohne berufliche Anforderungen gestalten?



*Unser Garten – reicht die Rosenzucht wirklich für einen erfüllten Ruhestand?*

Ich liebe Rosen. Sie sehen schön aus, sind vielfältig und haben viel Energie, um zahlreiche Angriffe der Natur zu überstehen. Einige duften auch noch angenehm. Sie erfordern aber auch viel Aufmerksamkeit und regelmäßige Pflege. Es gibt noch weitere gewünschte Aktivitäten, wie Pflege der Familie und die Welt auf vielfältige Weise zu erkennen. All das ist ausreichend für ein erfülltes Leben.

Aber mein Schwerpunkt war über 33 Jahre die Aerosolforschung. Ich konnte mir nicht vorstellen, dies ganz aufzugeben. Wie konnte ich die oben genannten Ruhestandsaktivitäten mit einer angepassten Aerosolforschung verbinden?

2003 wurde die UDE gegründet. Dies verzögerte die Berufung eines gewünschten Nachfolgers für das in *Nanotechnik* umbenannte Fachgebiet *Prozess- und Aerosolmesstechnik*. Die Universität bot mir an, die Stelle vertretungsweise bis zur Berufung des Nachfolgers zu übernehmen. Das bedeutete aber auch Verwaltungsaufgaben und regelmäßige Lehrveranstaltungen mit dem Ergebnis eines zeitlich festgelegten Arbeitsplanes, der spontane, persönliche Entscheidungen einschränken würde. Dadurch war auch die Konzentration auf die Aerosolforschung begrenzt.

Die am Anfang aufgeführten schönen Bereiche des Lebens konnten nicht mehr die gewünschte Beachtung finden. Außer-

dem war die Position in unbekannter Weise zeitlich begrenzt. Seniorprofessuren wie in Amerika mit Konzentration auf Forschung gab es noch nicht. Ich musste also eine neue Basis finden. Ich überlegte, mich selbstständig zu machen.

Die längsten und besten Kooperationen hatte ich mit dem von mir mitgegründeten Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) und insbesondere auch mit Prof. Dr. Dave Pui an der University of Minnesota. Ich wurde bald nach der Pensionierung selbständiger Berater bei beiden Einrichtungen. Im IUTA wurde ich 2007 zum Wissenschaftlichen Direktor benannt. Beide Positionen habe ich bis zu meinem 2. Ruhestand 2018 behalten.

Im IUTA war seit der Gründung 1989 die Aerosolforschung immer ein zentrales Thema. Mehrere Aerosolforschungsprojekte wurden gemeinsam durchgeführt. Eine Reihe von Mitarbeitern des Fachgebiets Prozess- und Aerosolmesstechnik wechselten nach der Promotion ins IUTA.

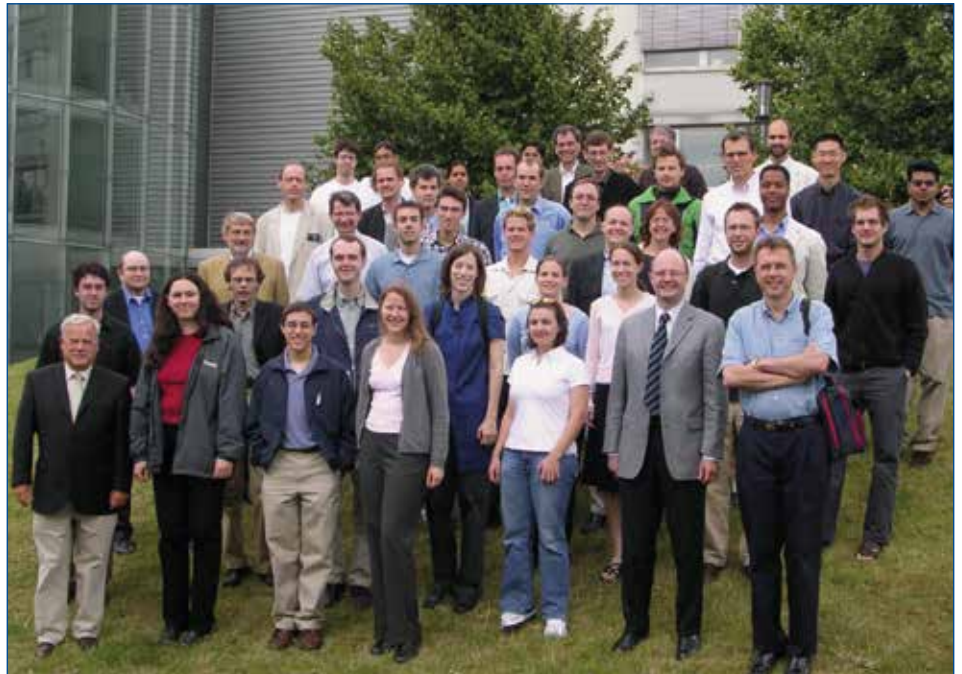
In Minneapolis arbeitet mein Kollege und Freund Prof. Dr. Dave Pui seit vielen Jahren und hat heute noch ein gut ausgestattetes aktives Aerosollabor. Wir haben uns 1972 während meines Aufenthaltes als Postdoc in Minneapolis kennengelernt und gemeinsam eine größere Zahl von Forschungsprojekten und entsprechenden Veröffentlichungen durchgeführt. 1993 erhielten wir den Max-Planck-Forschungspreis. Wir wurden geehrt als Starter der Nanotechnologie, insbesondere für die Entwicklung eines Messgerätes, das die Bestimmung der Größenverteilung von Partikeln im Nanometerbereich erlaubt. Darüber hinaus haben wir den Fissan-Pui-



TSI-Award in der „International Aerosol Research Assembly“ (IARA) 2006 eingerichtet. Der gut dotierte Preis erkennt die Leistungen von Kooperationen in der Aerosolforschung zwischen Wissenschaftlern von zwei Kontinenten an.

Nach meiner Pensionierung wurden einige der Aerosolforschungsprojekte im Fachgebiet „Prozess- und Aerosolmesstechnik“ unter Leitung von Prof. Dr. Einar Kruiis weitergeführt. Dies geschah im Rahmen des Sonderforschungsbereichs SFB 445 „Nanopartikel aus der Gasphase“. Es wurden Modelle zur Koagulation und zu Ladungsverteilungen in Aerosolen entwickelt. Ein weiteres verbliebenes Arbeitsgebiet war die Entwicklung von gassensitiven, nanostrukturierten Materialien für Gassensoren, zum Beispiel die sogenannte elektronische Nase. Auf diesem Gebiet entwickelte sich eine Zusammenarbeit mit Aerosolforschern in Südkorea, die das Konzept bis zur Marktfähigkeit weiterentwickelten.

Vor meiner Pensionierung 2003 waren die im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik laufenden Aktivitäten zum Thema „Atmosphärische Aerosole“ unter Leitung von Prof. Dr. Thomas Kuhlbusch, einem langjährigen Mitarbeiter in der Prozess- und Aerosolmesstechnik, ins IUTA verlagert worden. Diese Forschung wurde vom Land NRW unterstützt. Zusätzlich entwickelte sich ein neuer Forschungsbedarf zur Bestimmung der Konzentration „Ultrafeiner Partikel“ in der Atemluft. Partikel dieser Größe gelangen bis in die Alveolen der Lunge und werden dann mit dem Blut im ganzen Körper verteilt. Unter anderem wurden Messkampagnen zur Bestimmung der Belastung der Luft durch explodierende Feuerwerkskörper durchgeführt. Die gemessenen hohen Konzentrationen führten zu der Forderung, das Silvesterfeuerwerk zu verbieten – was der Politik bis heute noch nicht gelungen ist. Auch die im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik gestarteten Forschungsgebiete Nachhaltige Nanotechnologie, Reine Technologien (Filtration, Reinraumtechnik) und Entwick-



Start der Kooperation SFB 445 und IGERT

lung von Aerosolmesstechniken wurden vom IUTA übernommen.

Das Thema „Nachhaltige Nanotechnologie“ bekam 2005 einen Impuls durch die Ausschreibung des Projekts „Nanocare“ durch das BMBF, an dem sich eine Reihe von deutschen Forschungseinrichtungen beteiligten. Zum Projektende 2009 übernahm Prof. Dr. Kuhlbusch die Leitung. Aufgabe des Projekts war die Erzeugung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse über mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Nanopartikeln. Es wurden innovative Anwendungen und Messmethoden für den vorsorgenden und nachhaltigen Umgang mit chemischen Nanotechnologien entwickelt. Dazu wurden im IUTA bereits vorhandene Aerosolmessgeräte im Hinblick auf ihre Einsatzfähigkeit für die Charakterisierung von Nanopartikeln in Prozessgasen und der Atmosphäre untersucht.

Die Diskussion über die möglichen negativen Auswirkungen von Nanopartikeln insbesondere an Arbeitsplätzen verstärkte sich. Die EU finanzierte deshalb ein neues Projekt „Nanodevice“ von 2009 bis 2013.

Nanodevice bearbeitete das Thema Messung und Analyse von luftgetragenen, technisch erzeugten Nanopartikeln am Arbeitsplatz. Das IUTA entwickelte unter anderem ein thermophoretisches, persönliches Sammelgerät für Expositionsstudien. Es erlaubt die Probenahme von emittierten Nanopartikeln zur In-vitro-Untersuchung des gesundheitlichen Risikos. Das im Fachgebiet Aerosol- und Prozessmesstechnik entwickelte, bereits auf dem Markt befindliche Gerät zur Bestimmung der Oberflächenkonzentration der in den Alveolen abgeschiedenen Nanopartikel wurde verbessert. Es wurden Emissionsmessungen für Nanopartikel an Pilotanlagen und existierenden Produktionsanlagen durchgeführt.

Im Fachgebiet Prozess- und Aerosolmesstechnik wurde vor vielen Jahren das Thema Reinraumtechnik aufgegriffen. Zunächst ging es um die Kontrolle der Beladung der Luft mit Partikeln, danach um die Vermeidung der Deposition von Partikeln auf Produktoberflächen im Reinraum. Man nennt das heute „Reine Technologie“. Aufgrund dieser Arbeiten und der begleit-



*Immer wieder Minnesota: Ausflug mit der EUVL-Gruppe und ihren Familien*

tenden Veröffentlichungen bot mir die Firma INTEL an, eine Beraterfunktion in einem Projekt zur Vermeidung der Kontamination in der Extremen UV-Lithografie (EUVL) zu übernehmen. INTEL nahm meinen Vorschlag an, das Projekt an der University of Minnesota unter der Leitung von Prof. Pui durchzuführen. Das Projekt dauerte vier Jahre. Ich flog mehrmals im Jahr nach Minneapolis.

Das INTEL-Projekt hatte das Ziel „Kontaminationsvermeidung in der Extremen UV-Lithografie (EUVL)“. Das ist ein entscheidender Schritt, der es erlaubt, elektronische Strukturen mit sehr kleinen Abmessungen von 5 nm herzustellen. Die Technik befand sich aber zur damaligen Zeit noch in der Entwicklungsphase. Es ging darum, die Quellen von kleinsten, unerwünschten Partikeln zu erkennen, den Weg der Partikel im Prozess zu beschreiben und Wege zu finden, die Kontamination der Produkte durch diese Partikel zu vermeiden.

Ein wichtiges Werkzeug in der Produktion von Chips ist die Maske. Für die Schaffung kleinster Strukturen (> 5 nm) wird heute die Extreme UV-Lithographie (EUVL) eingesetzt. Unerwünschte Schmutzpartikel wirken schon ab einer Größe von 30 nm als Killerpartikel. Um den Transport

der Partikel durch Sedimentation zur Oberfläche der Maske bei niedrigen Drücken zu reduzieren, wird die Maskenfläche nach unten gedreht. Weiterhin wurde versucht, durch thermische und elektrische Gradienten eine Deposition von Killerpartikeln zu vermeiden. Zunächst wurden Modelle entwickelt, um die Wirkungen von Maßnahmen zu beurteilen. Dann wurden die Situationen unter bekannten Bedingungen in einem vereinfachten Aufbau experimentell simuliert. Die Ergebnisse dienten als Anweisung für die Gestaltung der entsprechenden Anlagen im Produktionsprozess. Die Ergebnisse wurden auf Wunsch der Firma INTEL unmittelbar veröffentlicht. Insgesamt entstanden 25 Veröffentlichungen. Auf diese Weise wurden die internationalen Hersteller von EUVL-Anlagen informiert.

Auch im Bereich der Aerosol-Messgeräteentwicklung wurden Projekte mit meiner Beteiligung und der Beteiligung von Dr. Asbach durchgeführt. Der *Nanoparticle Surface Area Monitor (NSAM)* wurde verbessert und der *Universal Nanoparticle Analyser (UNPA)* entwickelt.

Zur Bewertung von Forschungsaktivitäten wird zunächst meistens auf die Anzahl der Veröffentlichungen geschaut.

In einer vom Fachgebiet Nanostrukturtechnik und der UDE erstellten Liste werden insgesamt 607 Veröffentlichungen mit meiner Beteiligung seit 1970 aufgeführt. Sie teilen sich auf in 469 im Zeitraum 1970 bis 2003 an der UDE und 138 im Zeitraum 2004 bis 2018 nach meiner Pensionierung. Teilt man diese Zahlen durch die jeweilige Anzahl der Jahre, so ergeben sich im Mittel für die aktive Arbeitszeit etwa 14 und für die Pensionszeit ungefähr 10 Veröffentlichungen pro Jahr. Ich denke, das ist ein durchaus akzeptabler Unterschied für einen Pensionär im Vergleich mit einem Aktivisten.

Es gibt inzwischen eine Reihe von Programmen, die Veröffentlichungen zugeordnet zu Autoren sammeln und damit Daten der Zitate, Lesungen und eines Forschungsindex der Veröffentlichungen erzeugen. Die Veröffentlichungen mit den besten Daten sind meistens Review-Paper. Die beiden Review-Paper mit den besten Daten in den beiden Zeiträumen sind hier aufgeführt:

- 1998 „*Synthesis of Nanoparticles in the Gas Phase for Electronic, Optical and Magnetic Applications*“, Autoren Kruis, Fissan,...  
Zitate: 689; Lesungen: 4.162;  
Forschungsinteresse: 399,3
- 2006 „*The Potential Risks of Nanomaterials*“, Autoren Borm, ..., Fissan  
Zitate: 1.175; Lesungen: 766;  
Forschungsinteresse: 595,2

Beim Vergleich der Datensätze der beiden Veröffentlichungen muss berücksichtigt werden, dass der erste Artikel acht Jahre länger zur Verfügung stand als der zweite Artikel. Die Daten belegen das hohe Interesse an der Nanotechnologie während meiner Zeit an der UDE und der Nachhaltigen Nanotechnologie nach meiner Pensionierung. Es gab auch noch weitere Anerkennungen, die ich kurz auführen möchte. 2003 erhielt ich den zum ersten Mal vergebenen Junge-Preis für die Einführung neuer Forschungsgebiete in die Aerosolforschung. In meinem Fall war das die Nanotechnologie.



Im selben Jahr erhielt ich die VDI-Goldmedaille. Die American Association for Aerosol Research (AAAR) hat mir 2005 den David Swift Memorial Award und 2009 den Ben Liu Award für Fortschritte in der Entwicklung von Aerosolmessgeräten verliehen. 2010 folgte die Berufung zum Fellow of AAAR. Ende 2016 erhielt ich die Ehrenmitgliedschaft im IUTA e.V.

2018 hatte ich 15 Jahre in meinem 1. Ruhestand verbracht. Das hat bei mir die Überlegung ausgelöst, die Aerosolforschung aufzugeben und mich doch den bereits am Anfang aufgeführten Aktivitäten der Familien- und Gartenpfle-

ge zu widmen. Außerdem habe ich begonnen, Erinnerungspflege zu betreiben. Das hat mich unter anderem veranlasst, Artikel zur Aerosolforschung zu schreiben. Darüber hinaus hat sich aber bedingt durch die Corona-Situation ein großes Interesse für eine generelle Betrachtung der notwendigen ganzheitlichen Nachhaltigkeit von Technologien entwickelt. Basierend auf veröffentlichten Studien und Webinars beschäftige ich mich zurzeit mit den Themen „Entwicklung nachhaltiger Technologien und Produkte im Zeitalter der Digitalisierung und künstlichen Intelligenz (KI)“, „Chancen und Risiken der Nanopartikel“, „Aerosole

– Wertstoff-, Schadstoff- und Virentransporter“, „Deutsche, europäische und globale Entwicklungsziele“, „Derzeitige Krisen – nur Corona-Pandemie und Klima?“ und „Nachhaltigkeit – Navigationsbegriff für die Reise in die Zukunft“.

Diesen Lebensstandard glaube ich im 2. Ruhestand verdient zu haben. Der im Beitrag beschriebene Ruhestand war erfolgreich und ausfüllend, weitestgehend, weil ich mein jahrzehntelanges Forschungsgebiet und Hobby „Aerosole“ weiterbearbeitet habe. Diese Vorgehensweise ist leider nicht in allen Berufen möglich. Wenn es geht, sollte man es aber tun. ■

## Digitale Lehre

### Staatssekretär übergibt Förderbescheid

Im wissenschaftlichen Diskurs und in der forschungsbasierten Lehre sind die Bewältigung der Klimakrise und die Steigerung der Nachhaltigkeit zentrale Themen, die beispielsweise in den Studiengängen Wirtschaftsingenieurwesen, Maschinenbau, Umweltingenieurwesen, Sales Engineering and Product Management, BWL und Wirtschaftswissenschaften behandelt werden.

Für die Bewertung und Gestaltung unserer Energie-, Mobilitäts- und Industriesysteme sind entscheidungsorientierte Methoden wie zum Beispiel lineare Programmierung oder multikriterielle Entscheidungsunterstützung erforderlich, wie sie insbesondere das Operations Research (OR) zur Verfügung stellt. Ziel des Projekts ist die Entwicklung, Umsetzung und Verbreitung eines digitalen, modell- und anwendungsorientierten Lehr-/Lernangebots im Themenbereich „Operations Research für Nachhaltigkeit“.

Dabei werden aktuelle Problemstellungen und Lösungsansätze aus den Forschungsprojekten der Universität Duisburg-Essen (Koordination), Ruhr-Universität Bochum (RUB) und RWTH Aachen zur Gestaltung nachhaltiger Energie- und Mobilitätssysteme sowie industrieller Wertschöpfungsketten didaktisch aufbereitet, um diese in das Landesportal ORCA.nrw einzustellen.

Zusammen mit landesweit 18 weiteren Projekten wird dies ab April mit insgesamt mehr als 10 Millionen Euro gefördert. ■



Kanzler Jens Andreas Meinen, Staatssekretär Dr. Dirk Günnewig, Prof. Dr. Sven Benson und Prof. Dr. Jutta Geldermann bei der symbolischen Übergabe der Förderbescheide