



Jürgen Wiesner und Reinhard Zellner

Umweltschutz in der Arbeit der DECHEMA – Rückblick und Perspektive

Obwahl der Umweltschutz als Begriff erst gegen Ende der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts in Gebrauch kam, wurden den Menschen bereits in früheren Jahrhunderten die gesundheitlichen Auswirkungen der beginnenden Verstädterung und Industrialisierung bewußt.

Schon Louis Sébastien Mercier beschrieb 1788 in seinem Buch „Tableau de Paris“ das Leben in der wachsenden Großstadt Paris und seine Schattenseiten: die Luftverpestung und Trinkwassergefährdung durch Fäkaligruben und Abwassereinleitungen in die Seine, die gesundheitsgefährdende Arbeit der Kloakenreiniger und die Belastung von Lebensmitteln durch Schwermetalle aus Kupfer- und Bleigefäßen etc. Seine Hoffnungen zur Überwindung dieser Probleme richteten sich auf die junge Wissenschaft der Chemie und ihre vielversprechenden Erkenntnisse:

„Sicherlich werden uns die jüngsten, so verheißungsvollen Experimente zur Ergündung der einzelnen Bestandteile der Luft und deren Zusammensetzung neue, nie geahnte Möglichkeiten eröffnen. In dem Maße, wie die Verwaltung geneigt ist, diese erstaunlichen Entdeckungen zu fördern, werden die großen Städte eine Plage weniger zu ertragen haben. ... Heute kennt man die Beschaffenheit der so lange verkannten giftigen Dämpfe und weiß auch, wie ihre gefährlichen, ja mörderischen Auswirkungen zu bekämpfen sind. ... So mehren sich denn die Errungenschaften der Chemie fast Tag für Tag und tragen, großen Nutzen bringend, zum Wohl der Menschheit bei.“

Zu jener Zeit entstanden auch die ersten chemischen Produktionsanlagen. Gesundheitsgefahren durch Abgase und anfallende Rückstände veranlaßten die Chemie frühzeitig, sich auch mit der Lösung von Umweltproblemen und der Verwertung von Nebenprodukten zu befassen.

So erwies sich bei der Sodaherstellung nach dem Le-Blanc-Verfahren die Belastung der Luft durch den dabei entstehenden Chlorwasserstoff als so gravierend, daß er sehr bald durch Absorption in Wasser aufgefangen werden mußte. Ein zweites Koppelprodukt des Verfahrens, das Calciumsulfid, wurde als nutzloses Produkt auf Halde abgelagert und verunreinigte die Luft durch Abspaltung von Schwefelwasserstoff. Der Solvay-Prozeß löste dieses Problem in den Jahren nach 1860 unter Inkaufnahme der Abwasserbelastung mit dem als Koppelprodukt anfallenden Calciumchlorid.

Bei der Gewinnung von Leuchtgas aus Steinkohle in den Gasanstalten des 19. Jahrhunderts entstand in erheblichen Mengen Teer, der zunächst in Erdgruben abgelagert wurde, bis man seinen Wert für die Gewinnung von Ausgangsstoffen zur Synthese der Teerfarbstoffe erkannte (Benzol, Anilin, Phenol). Die Herstellung von leuchtenden Farben aus dem stinkenden Steinkohlenteer wurde als einer der ersten großen Triumphe der organischen Chemie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gefeiert. Sie war die Wiege der industriellen Chemie in Deutschland.

Nachgeschaltete Umweltschutztechniken zur Behandlung von Abgasen, Abwässern und Abfällen steckten zu jener Zeit natürlich noch in den Kinderschuhen. Abgase und Abwässer wurden zunächst unbehandelt über gemauerte Kanäle und – im ersteren Fall – über die Fabrik-schornsteine in die Umgebung abgeleitet. Erst die stürmische industrielle Entwicklung nach dem 2. Weltkrieg führte dazu, daß sich Industrie, Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit verstärkt mit den gewachsenen Umweltbelastungen auseinandersetzten. Noch 1952 starben in London an den Folgen der winterlichen Smog-Katastrophe innerhalb von wenigen Wochen mehr als 4000 Menschen. Sie war hervorgerufen durch Schwefeldioxid- und Ruß-beladenen Nebel aus der Verbrennung schwefelhaltiger Kohle in den vielen tausend Öfen und Kaminen, mit denen die Haushalte ausgestattet waren. Ähnliche, wenn auch längst nicht so folgenschwere Smog-Situationen traten auch in Deutschland auf, z.B. im Dezember 1962 im Ruhrgebiet. Rahel Carsons „Der stumme Frühling“ aus dem Jahre 1962 und die Warnung des Club of Rome vor den Grenzen des Wachstums 1972 rüttelten die Welt auf und beschleunigten den Bewußtseinswandel.

Der Anfang bei der DECHEMA

Bereits 1964 waren „Abwasser, Abfall, Abgas“ Thema einer Vortragsreihe auf derACHEMA. Damals schrieb Dieter Behrens im Vorwort der zugeordneten DECHEMA-Monographie mit Blick in die Zukunft:

„Die zunehmende Verschmutzung von Wasser und Luft in den industrialisierten, dicht bevölkerten Ländern ist besorgniserregend. Man muß mit ersten Folgen rechnen, so daß in absehbarer Zeit schärfere Forderungen als bisher an die Beschaffenheit von Abgasen und Abwässern gestellt und erfüllt werden müssen. Die Luft und ebenso das Grund- und Oberflächenwasser müssen sauber gehalten werden. Diese Aufgabe hat nicht nur Politiker aktiviert, sondern auch Forschung und Entwicklung angeregt.“

In dieser Zeit – 1965 bis 1967 – gründeten sich bei der DECHEMA die Fachausschüsse für die „Beseitigung von Industrierückständen“, die „Beseitigung industrieller Abgase“ und die „Beseitigung industrieller Abwässer“. Ihr Ziel war es, die Erforschung der wissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Grundlagen durch den Dialog zwischen Forschung und Anwendung voranzubringen. Wie aus einem der Gründungsprotokolle aus dem Jahr 1965 hervorgeht, erkannte man bereits damals die Bedeutung produktionsintegrierter Maßnahmen, mit denen der Anfall von Rückständen vermindert oder vermieden wird. Da hierzu aber detaillierte Kenntnisse der Prozesse notwendig sind, versprach man sich für die Förderung der Forschung mehr Erfolg von der Diskussion der nachgeschalteten Umweltschutzverfahren.

Ein erster Meilenstein in der Arbeit der DECHEMA auf dem Gebiet des Umweltschutzes war der Materialienband zum 1. Umweltprogramm der Bundesregierung von 1971. Dieter Behrens hatte dafür die Leitung der Projektgruppe „Umweltfreundliche Technik – Verfahren und Produkte“ übernommen. Unter Mitwirkung der umweltrelevanten Industrie- und Technikbereiche entstand damals eine umfassende Darstellung des Wissensstandes über Emissionen und Umwelteinwirkungen durch Prozesse und Produkte, den Stand der Produktions- und Umwelttechnik und die möglichen Ansätze in Forschung und Entwicklung. Sowohl hinsichtlich der umfassenden Analyse als auch der Intensität des eingebrachten Eigenengagements der Industrie war dies eine einzigartige und in die Zukunft gerichtete Aktion.

In der Präambel zum Bericht der Leitgruppe heißt es kritisch: „Es stellt sich derzeit die Frage, ob nicht der

Mensch angesichts der enormen Steigerung der Einflußmöglichkeiten die Übersicht verliert und langfristig dort Schaden stiftet, wo er zunächst Nutzen und Vorteile erwartet. Dieses gilt in gleicher Weise für die Umweltbeeinflussung seitens der Produktionstechnik wie auch für die erzeugten Produkte.“

Die Erzielung rascher Fortschritte bei der Verringerung der Emissionen stand im Vordergrund der Bemühungen. Deshalb richtete sich der Schwerpunkt der FuE-Empfehlungen auf die Verbesserung der Umweltschutztechniken einschließlich der Analytik und Meßtechnik. Daneben wurde bereits damals in den Maßnahmen an der Quelle, d.h. bei den technischen Verfahren und Produkten, eine wichtige Aufgabe gesehen. In den Folgejahren fanden diese Vorschläge ihren Niederschlag in den Forschungsprogrammen der Bundesregierung. Sie gaben auch wichtige Impulse für die Arbeit der Umweltausschüsse der DECHEMA und des Karl-Winnacker-Instituts der DECHEMA.

Umweltforschung am Karl-Winnacker-Institut der DECHEMA

Den Reaktionen von Luftschadstoffen im ppm-Bereich widmeten sich zahlreiche Forschungsarbeiten des Karl-Winnacker-Instituts unter der Leitung von Kurt Kirchner ab 1966. Das Verständnis des Schadstoffverhaltens in der Atmosphäre und die technische Lösung vieler Abluftreinigungsprobleme erfordert die Kenntnis der Geschwindigkeit von chemischen Reaktionen, die in der verunreinigten Luft ablaufen. Untersuchungen zur Kinetik der Reaktionen von Ozon, Sauerstoffatomen und OH-Radikalen mit organischen Luftschadstoffen und die Identifikation der Produkte bestätigten die besondere Bedeutung der OH-Radikale für den Abbau von Kohlenwasserstoffen in der Troposphäre und trugen zur Aufklärung der luftchemischen Reaktionen in Smogwetterlagen bei.

Wie Untersuchungen im DECHEMA-Institut ebenfalls zeigten, reagieren ungesättigte Chlorethene, wie z.B. Tri- und Tetrachlorethen, mit OH-Radikalen zu instabilen C1-Bruchstücken, die in der wasserdampfhaltigen Atmosphäre weiter zu CO₂ und HCl hydrolysieren können. Unter den Geruchsstoffen weisen Merkaptane besonders niedrige Geruchsschwellen auf. Untersuchungen mit Ozon zeigten, daß Merkaptane von Ozon ebenso rasch oxidiert werden wie Olefine.

Bereits 1973 wurde von der chemischen Industrie die Frage nach der atmosphärischen Unbedenklichkeit der

FCKW gestellt. Der troposphärische Abbau der Frigene zu Phosgen wurde damals als möglicher Gefährdungsaspekt gesehen. Wissenschaftliche Arbeiten am DECHEMA-Institut, die zeigten, daß Frigene durch Sauerstoffatome nicht abgebaut werden, schienen die Frage hinreichend zu entschärfen. Bereits 1974 aber stellten Rowland und Molina die Hypothese auf, die Photolyse der Frigene in Höhen oberhalb von ca. 25 km unter Bildung von Chloratomen könne zum Abbau der Ozonschicht führen. Sie wurde durch die Entdeckung des Ozonlochs in der antarktischen Stratosphäre 1985 und die nachfolgenden Arbeiten von Crutzen 1986 bestätigt.

Einen praxisnahen Beitrag zur Entwicklung der Autoabgaskatalyse und zur katalytischen Abgasreinigung generell leisteten zu Beginn der 70er Jahre die Untersuchungen des DECHEMA-Instituts zur Oxidationskinetik von Kohlenwasserstoff/Luft-Gemischen an Wabenrohrkatalysatoren. In den späteren Jahren kam der biologische Abbau organischer Stoffe in niedrig konzentrierten Abluftströmen als vielversprechendes Arbeitsgebiet hinzu. Die kinetischen Untersuchungen an trägerfixierten Mikroorganismen lieferten Auslegungsdaten für den Bau eines Rieselbettreaktors im Pilotmaßstab, dessen erfolgreiche Betriebsergebnisse für die technische Anwendung des Verfahrens bedeutsam waren (Abb. 1).

Der Praxisbezug der wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts zur Abluftreinigung wurde durch ein Abgasmeßlabor für Emissionsmessungen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz ergänzt.

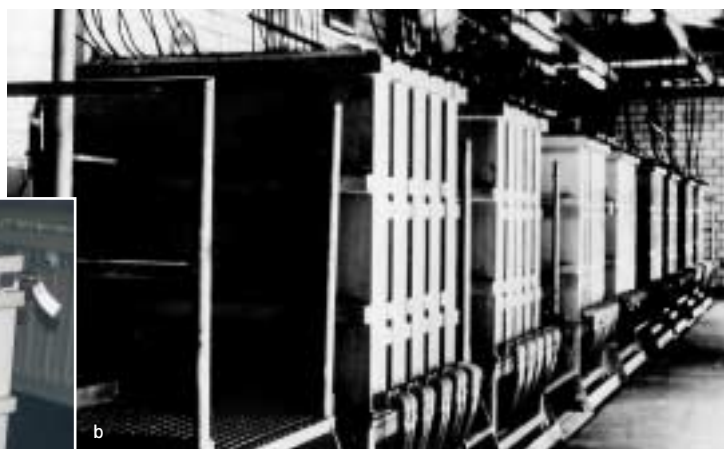
Parallel dazu liefen Untersuchungen zur biologischen Bodenreinigung mit fixierten Mikroorganismen. Die biologische Bodensanierung ist auch Thema eines praxisorientierten Leitfadens, der von der DECHEMA derzeit im Rahmen eines Forschungsverbundprojekts „Biologische Verfahren zur Bodensanierung“ für das BMBF erstellt wird. Darüberhinaus ist die Biokatalyse und deren Nutzung für umweltfreundliche Syntheseverfahren heute ein wichtiges Forschungsthema des DECHEMA-Instituts.

Die Arbeitsgruppe „Technische Elektrochemie“ des DECHEMA-Instituts befaßte sich mit der Entwicklung elektrochemischer Verfahren für den Umweltschutz. Zahlreiche praktische Anwendungen fand die Festbettelektrolyse zur Rückgewinnung von Schwermetallen aus verdünnten Produktionsabwässern. Sie zeichnet sich durch hohe Abreicherungsgrade aus und wird vor allem zur Abtrennung von Kupfer und Quecksilber, z.B. aus Abwässern der chemischen Industrie, eingesetzt (Abb. 2). Gerhard Kreysa erhielt für diese Entwicklung 1980 den internationalen Chemviron-Umweltpreis.



Abb. 1: Rieselbett-Biofilteranlage zur Reinigung von 2 x 150.000 m³/h an lösemittelhaltiger Abluft bei einer Druckfarbenfabrik
Photo: M+W Zander Facility Engineering GmbH, Nürnberg

Abb. 2: Festbett-Elektrolyse zur Rückgewinnung von Schwermetallen (z.B. Cu, Zn, Hg, Pb, Sn, Ni) aus industriellen Abwässern mit niedriger Eingangskonzentration (<100 mg/l)



a: Zellenblock mit einer Anodenfläche von 5 m² und einem Durchsatz von 5 m³/h
b: Festbett-Elektrolyseanlage zur Abtrennung von Kupfer aus Abwässern der Celluloseacetatproduktion auf Restgehalte < 0,5 mg/l. Wegen der toxischen Wirkung von Kupfer auf Bakterien dient die Anlage gleichzeitig der Vermeidung von Störungen in der nachgeschalteten biologischen Kläranlage.
Photos: enViro-cell Umwelttechnik GmbH, Oberursel/Ts.

Förderung der Forschung und Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse und praktischer Erfahrungen – eine satzungsgemäße Aufgabe der DECHEMA e.V.

Zur Erfüllung dieser Aufgabe nutzt die DECHEMA den interdisziplinären Sachverstand ihrer Forschungs- und Arbeitsausschüsse, in denen Wissenschaftler und Fachleute der Praxis aus allen Fachgebieten rund um die chemische Technik und Biotechnologie sowie auch auf einem breiten Feld des Umweltschutzes und der Umwelttechnik zusammenarbeiten. Vorrangige Ziele ihrer Arbeit sind die Diskussion neuer Forschungsergebnisse, technischer Entwicklungen und offener Problemstellungen, die Beratung und Begleitung von Forschungsprojekten und die Kommunikation auf aktuellen Feldern wissenschaftlich-technischer Innovationen. Auch der Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft gehört dazu.

Im Bereich des Umweltschutzes nimmt diese Aufgaben der Forschungsausschuß „Umwelttechnik“ wahr. Fritz Fetting, Darmstadt, und seit 1993 Kurt Leschonski, Clausthal-Zellerfeld, koordinierten die Aktivitäten der zugeordneten Arbeitsausschüsse für die DECHEMA.

Von besonderer Bedeutung für die Forschungsförderung im Bereich Umwelttechnik war das Förderprogramm

„Umweltverfahrenstechnik“ der Volkswagenstiftung für besonders qualifizierte Hochschulabsolventen. Seine Verwaltung lag bei der DECHEMA, die wissenschaftliche Betreuung bei einer Kommission aus Fachleuten der DECHEMA-Ausschüsse. Kurt Leschonski hatte die Initiative dazu ergriffen. Im Zeitraum von 1989 bis 1996 konnten damit insgesamt 59 interdisziplinär angelegte Dissertationen gefördert werden.

Um technische Antworten auf die Erfordernisse des Umweltschutzes zu finden, die im Sinne der Nachhaltigkeit ökologischen, technologischen und ökonomischen Erfordernissen genügen sollen, sind die wissenschaftlich-technischen Gesellschaften mehr denn je gefragt, den in ihnen organisierten Sachverstand für den angesprochenen Dialog zu bündeln. Die DECHEMA und die GVC·VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen entschieden sich daher 1997, ihren umweltspezifischen Sachverstand zusammenzuführen (Abb. 3). Einbezogen sind auf der Ebene der wissenschaftlichen Ausschüsse auch die Gesellschaft Deutscher Chemiker, die Deutsche Bunsengesellschaft und – aufgabenbezogen – weitere wissenschaftlich-technische Gesellschaften. Norbert Rübiger, Bremen, und Kurt Leschonski übernahmen die Leitung des neuen GVC/DECHEMA-Fachbereichs „Umweltschutz und Umweltverfahrenstechnik“. Der folgende Überblick beleuchtet die Arbeit der von der DECHEMA geleiteten und mit betreuten Ausschüsse.



Abb. 3: Der GVC/DECHEMA-Fachbereich „Umweltschutz und Umweltverfahrenstechnik“ mit den kooperierenden Ausschüssen

Schutz der Atmosphäre

Ausgehend von der Erkenntnis, daß zunehmende anthropogene Emissionen in die Luft deren Zusammensetzung und Funktion langfristig und gravierend verändern können, setzte die DECHEMA bereits Mitte der 80er Jahre, auf Initiative von Dieter Behrens und mit der unterstützenden Expertise der Arbeitsausschüsse „Abgase“ und „Gas- und Flammenreaktionen“, einen Arbeitsausschuß „Schutz der Atmosphäre“ unter Leitung von Reinhard Zellner, Essen, ein. Während die Mengen anthropogener Emissionen noch relativ einfach aus Produktionszahlen und Emissionsfaktoren abgeschätzt werden konnten, war ihr Beitrag relativ zu natürlichen Emissionen kaum quantifizierbar. Schon gar nicht war bekannt, in welchem Verhältnis sich diese Beiträge auf beobachtete Veränderungen der Atmosphäre auswirken. Obwohl lokale und regionale Aspekte zu dieser Zeit noch im Vordergrund des Interesses standen, begann sich damals bereits eine globale Komponente der Luftverschmutzung herauszubilden, die die zukünftige Wohnbarkeit unseres Planeten in Frage stellte. Damit wurde die regionale Verursachung zu globaler Verantwortung.

Anthropogene Emissionen in die Luft waren und sind ein vielschichtiges Problem, das über die Sequenz

Ursächliche Prozesse – Abgas-Verteilung und Transformation – Änderung der Luftqualität – Auswirkung auf die Biosphäre eine Vielzahl von wissenschaftlichen Disziplinen einschließlich der Ingenieurwissenschaften, der Chemie, der Meteorologie und der Biologie tangiert. In Erkenntnis dieser Interdisziplinarität und mit dem Fokus auf die chemisch-technischen Aspekte der Luftverschmutzung führte die DECHEMA im Februar 1986 einen ersten internationalen Workshop zum Thema „Bildung, Verteilung und Transformation von Luftschadstoffen“ durch. Dieser heute ziemlich genau 15 Jahre zurückliegende Workshop war der eigentliche Einstieg der DECHEMA in das Themenfeld „Schutz der Atmosphäre“.

Dem Workshop von 1986 folgte eine Phase großer Außenwirkung der Ausschubarbeit. Der Grund war, daß sich der Ausschuß der verschärfenden FCKW-Diskussion angenommen und bereits 1987 ein Fachgespräch „Anthropogene Beeinflussung der Ozonschicht“ mit großer internationaler Beteiligung durchgeführt hatte.

Ein Ergebnis dieses Fachgesprächs war, daß die ozon-schädigende Wirkung der FCKW praktisch nicht mehr in Frage gestellt wurde. Die beobachteten Veränderungen der stratosphärischen Ozonkonzentration, die in dem zwei Jahre zuvor erstmals entdeckten Ozonloch über dem Südpol ihren vorläufigen Höhepunkt gefunden hatten, lösten den Ruf nach politischem Handlungsbedarf aus. Das DECHEMA-Fachgespräch von 1987 war deshalb auch eine Keimzelle der Einrichtung der Bundestags-Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“, die in den Jahren 1988 bis 1991 u.a. konkrete Ausstiegsszenarien für FCKW entwarf. Was aus heutiger Sicht als begründet und zwingend notwendig aussieht, war noch vor gut zehn Jahren das Ergebnis eines schwierigen Verständigungsprozesses zwischen Politik, Wissenschaft und Industrie, insbesondere auch dadurch, daß die Politik der deutschen Industrie schärfere Ausstiegsforderungen auferlegte als die internationalen Vereinbarungen im Rahmen des Montrealer Protokolls erforderlich machten. Ein besonderer Reibungspunkt zwischen Politik und Industrie war die Ersatzstofffrage. Wie konnten die FCKW bei einem Verbrauch von gut 80 000 t pro Jahr allein in den alten Bundesländern in Kälteanlagen, Verschäumungsprozessen, als Lösemittel und Treibgas für Aerosole ersetzt werden, ohne daß es zu Nachfrage- bzw. Liefereinbrüchen in den entsprechenden Industriezweigen kam? In Erkenntnis dieser Frage hat die DECHEMA 1990 in einem weiteren Fachgespräch „FCKW – Ausstieg wohin?“ wissenschaftlich-technische Lösungsansätze diskutiert, die in den nachfolgenden Jahren in Form der H-FCKW bzw. H-FKW-Ersatzstoffe Eingang in die Kältetechnik fanden.

Seine Weiterführung fand der Ausschuß 1997 in Gestalt eines Gemeinschaftsausschusses „Chemie der Atmosphäre“ mit der Gesellschaft Deutscher Chemiker und der Deutschen Bunsengesellschaft unter der Leitung von Karlheinz Becker, Wuppertal, und Reinhard Zellner. Ziel des neuen Ausschusses war, den internationalen Wissensstand über die relevanten Aspekte von Schadstoffströmen in die Luft nach Kriterien der Emission, Transformation, Meteorologie, Exposition und Ökotoxikologie aufzuarbeiten, um daraus u.a. sachverständige Anregungen für die Umweltpolitik zu geben (z.B. VOC-Richtlinie, Sommersmog-Verordnung). Beteiligt sind Fachleute der Wissenschaft und Industrie aus Deutschland und der EU. Aus der aktuellen Arbeit zu Entwicklungen der europäischen Regelsetzung, die der Ausschuß im Rahmen des neuen GVC/DECHEMA-Fachbereichs wahrnimmt, ist das Thema „Aerosole“ von besonderem Interesse. Neben der Lufthygiene kommt den Aerosolen auch in der Luftchemie und Klimaauswirkung eine steigende Bedeutung zu. Die Begrenzung der Aerosol- bzw. Schwebstaubkonzentration durch die neue Immissionsschutzrichtlinie der EU und die zugeordnete 1. Tochtterrichtlinie läßt erhebliche Folgewirkungen auf die Luftreinhaltepolitik der EU-Länder und die technische Entwicklung erwarten. Da Schwebstäube nicht nur industriell entstehen, ist die genauere Kenntnis der diffusen Quellen und der natürlichen Einflußfaktoren auf die Schwebstaubkonzentration eine wichtige Voraussetzung für die Formulierung sinnvoller technologischer Entwicklungsziele.

Abwasserreinigung/Umweltbiotechnologie

Die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Fachleuten der Praxis auf den Gebieten des biologischen Schadstoffabbaus, der industriellen Abwasserreinigung und auch der Abluftreinigung mit biotechnologischen Methoden ist für die Arbeit der Ausschüsse „Abwasser“ und „Umweltbiotechnologie“ kennzeichnend. Sie lag über viele Jahre in den Händen von Theo Mann, Leverkusen, und Hermann Sahm, Jülich. Die Frage „Was heißt biologisch abbaubar und was ist Persistenz?“, der Fortschritt der Erkenntnisse über die Abbauewege schwer abbaubarer chemischer Strukturen und die Steigerung der biologischen Abbauleistung standen lange Zeit im Vordergrund des Interesses.

Neben den biologisch gut abbaubaren Stoffen gibt es viele, deren Abbau von der Anwesenheit spezieller Bakterien abhängt, die über besondere Abbauenzyme verfügen oder die nur unter bestimmten Umgebungsbedingungen existieren können. Um zu verhindern, daß derartige „Spezialisten“ zu schnell von anderen Bakterien

verdrängt und aus der Anlage ausgetragen werden, können Bewuchskörper eingesetzt werden, auf denen die „Spezialisten“ aufwachsen und leichter im System gehalten werden können. Adsorptiv wirksame Trägermaterialien unterstützen die Abbauleistung. Der Einsatz sessiler Mikroorganismen für den Umweltschutz war deshalb auch Thema des ersten DECHEMA-Fachgesprächs Umweltschutz 1984, dem weitere zum biologischen Abbau persistenter Substanzen und zur Reinigung industrieller Abgase in Biofiltern und Biowäschern folgten. Praktische Anwendung findet dieses Prinzip auch im Einsatz von Schaumstoffkörpern zur Erhöhung der Abbauleistung in überlasteten Kläranlagen, zur Behandlung schwer abbaubarer Abwässer, z.B. in der Zellstoffindustrie oder bei Nitrifikationsanlagen zur Elimination anorganischer Stickstoffverbindungen.

Eine wesentliche Entwicklung der industriellen Abwasserreinigung, die sich auch in der Ausschubarbeit niederschlug, waren leistungsfähige Reaktorverfahren. 1980 ging die Turmbiologie bei der Bayer AG in Leverkusen in Betrieb, ein Belebtschlammreaktor nach dem Prinzip einer voll durchmischten Blasensäule, der nur noch ein Zehntel des Platzbedarfs einer herkömmlichen Belebungsanlage erforderte. Das Ziel, die Abluft der Kläranlagen zu behandeln, um Belästigungen in der Nachbarschaft zu vermeiden, setzte einen geringeren Luftdurchsatz, d.h. hohe Sauerstoffausnutzung voraus, die durch die Höhe der Reaktoren gegeben war. Wenige Jahre später folgte der Biohochreaktor der Hoechst AG in Frankfurt nach dem Verfahrensprinzip des Schlaufenreaktors. Bioreaktoren zur Abwasserreinigung finden seither zahlreiche Anwendungen in der Industrie.

Die öffentliche Diskussion zur „Chlorchemie“ in der Folge des Chemieunfalls 1976 in Seveso/I machte die allgemein unterstellte Schwerabbaubarkeit oder Persistenz der Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) zu einem wichtigen Thema in der gemeinsamen Arbeit der DECHEMA-Ausschüsse „Abwasser“ und „Umweltbiotechnologie“. Die wissenschaftlichen Fortschritte in den Folgejahren zeigten sehr bald, daß chlorierte aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, je nach Chlorierungsgrad, den Milieubedingungen (Redoxpotential, Nährstoffversorgung etc.), der Löslichkeit und der Adaptation der Mikroorganismen, ein sehr unterschiedliches Abbauverhalten aufweisen. Generelle Schwerabbaubarkeit kann nicht unterstellt werden. Höher halogenierte Verbindungen sind häufig unter anaeroben Bedingungen, d.h. Abwesenheit von Luftsauerstoff, biologisch abbaubar, während sie unter aeroben Bedingungen stabil sind. Dies gilt auch für das Seveso-Dioxin und die damit verwandten Verbindungen.

gen. Die Forschungsinitiative der DECHEMA zum Abbau dioxinartiger Strukturen war daher nur von begrenztem Erfolg. Abbaubare aerobe Bakterien konnten nur bis zur Stufe der zweifach chlorierten Dioxine gefunden werden. Wenige Jahre später gelang in den USA der Nachweis des biologischen Abbaus von 2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-dioxin in kontaminierten Flußsedimenten unter reduzierenden Bedingungen (Albrecht, Barkovskii & Adriaens, Environ.Sci. Technol. 33 (1999), 737–744). Der anaerobe Abbau der chlorierten Lösemittel Tetra- und Trichlorethen und der aerobe Abbau von Tri- und Dichlorethen in Gegenwart von Auxiliarsubstraten, Vorgänge, die bei der Selbstreinigung kontaminierter Grundwässer eine Rolle spielen, werden inzwischen auch technisch genutzt.

Den wissenschaftlichen Fortschritt und die limitierenden Einflüsse beim Abbau xenobiotischer Stoffe in der Umwelt zeigte der internationale Workshop „Innovative Potential of Advanced Biological Systems for Remediation“ 1998 in Hamburg auf, bei dem der DECHEMA-Arbeitsausschuß „Umweltbiotechnologie“ unter der Leitung von Herbert Märkl, Hamburg-Harburg, und die GBF Gesellschaft für biotechnologische Forschung, Braun-

schweig, die Federführung hatten. Hans-Joachim Knackmuss, Stuttgart, faßte in seiner „Take Home Message“ die Ergebnisse des Workshops für die Forschung und Entwicklung zusammen. Als Schlußfolgerung aus den erkannten Grenzen der biologischen Abbaubarkeit empfahl er, die Forschung nicht nur auf die Überwindung der mikrobiologischen Barrieren, sondern auch auf die Substitution gewässerbelastender Stoffe durch neue Produkte zu richten, die gleichzeitig funktionsgerecht und umweltfreundlich sind. Die Entwicklung biologisch abbaubarer und toxikologisch unbedenklicher Chemikalien – „benign by design“ – ist inzwischen zum Ziel einer Förderinitiative des BMBF für eine nachhaltige Chemie geworden.

Auch bei der Diskussion des Themas „AOX-Minderung in Industrieabwässern“ bestätigte sich das differenzierte Bild vom Verhalten der CKW in der Umwelt (DECHEMA-Workshop 1995). Die vergleichende Auswertung der aquatischen Toxizität und Abbaubarkeit chlororganischer Verbindungen anhand verfügbarer Stoffdaten zeigte den begrenzten ökologischen Aussagewert dieses Parameters, insbesondere zur Bewertung niedriger Konzentrationen in Kläranlagenabläufen und Gewässern. Inzwi-

Abb. 4: Anaerobreaktoren mit immobilisierter Biomasse und Aktivkohle-beschichtetem PUR-Schaum als Trägermaterial zur biologischen Reinigung von Zellstoffabwässern mit einem hohen Anteil an schwer abbaubarem CSB durch Lignin- und Harzverbindungen



a: Pneumatische Befüllung der Anaerobreaktoren mit Schaumstoffträgermaterial. Anschließend erfolgt die Beaufschlagung mit voradaptierter Biomasse. Inzwischen erreichte Standzeit: > 10 Jahre. Photo: Bayer AG
b: Die komplette Abwasseranlage in Reaktorbauweise mit 2-stufig anaerober Behandlung und aerober Nachreinigung. Die CSB-Abbauleistung der Anaerobanlage liegt bei 75 %, die der Gesamtanlage bei 85%. Photo: SAPPI Ehingen AG, Ehingen/Donau.

schen weiß man, daß halogenorganische Verbindungen auch natürlich gebildet werden. Der AOX-Gehalt des Rheins, der von ursprünglich bis zu 100 µg/l Ende der 80er Jahre inzwischen auf ein Niveau von 15–30 µg/l zwischen Mainz und Rotterdam abgesunken ist, wird überwiegend darauf zurückgeführt.

Anaerobe Prozesse gewannen in den letzten beiden Jahrzehnten zunehmende Bedeutung in der Umwelttechnik. Prädestiniert sind dafür vor allem organisch höher belastete Abwässer, z.B. aus der Nahrungsmittelindustrie, aber auch industrielle Abwässer, deren Inhaltsstoffe sich anaerob besser abbauen lassen als aerob. Vorteile sind die günstige Energiebilanz und der im Vergleich zu aeroben Verfahren niedrige Anteil neu gebildeter Biomasse. Die Entwicklung dieser Verfahren und ihrer wissenschaftlichen Grundlagen sowie die Lösung von Problemen bei der Realisierung technischer Anlagen ist daher bis heute ein Thema in der Arbeit des Ausschusses.

Neben effizienten Abwasserreinigungsverfahren bemüht sich die Industrie heute vermehrt um die Vermeidung von Abwasserbelastungen und die Ressourceneinsparung im Produktionsprozeß. Erforderlich sind nicht nur innovative Aufbereitungsverfahren, sondern auch deren Integration in das Gesamtsystem des Produktionsverfahrens und der Produkthanforderungen. Die DECHEMA und die GVC verfolgen dieses aktuelle Thema im gemeinsamen Ausschuß „Produktionsintegrierte Wasser- und Abwassertechnik“ unter der Leitung von Norbert Rübiger.

Auch Entwicklungen zu einer ökologisch verträglichen Kreislaufführung von Nährstoffen in der Landwirtschaft sind ein aktuelles Arbeitsthema, für das die DECHEMA den interdisziplinären Sachverstand ihrer Umweltausschüsse nutzt.

Bodenschutz und Bodensanierung

Die Grenzen der Belastbarkeit des Bodens als Umweltressource wurden in den 80er Jahren allgemein bewußt, als die Folgen unsachgemäßer Abfallbeseitigung auf Deponien und die Schadstoffbelastungen auf alten Industriestandorten zu Tage traten. Das Verhalten und die Auswirkungen von (Schad-)Stoffen im Boden waren damals noch wenig bekannt, ebenso die technischen Möglichkeiten zur Reinigung kontaminierter Böden. Um die Forschung und Entwicklung und den Wissensaustausch auf diesem Gebiet zu fördern, richtete die DECHEMA 1986 auf Beschluß ihres Vorstands einen Arbeitsausschuß „Bodenschutz“ ein. Auf diesem Gebiet entwickelte sich in der Folge eine intensive Zusammenarbeit von Experten der Wissenschaft

und Praxis, auch aus den neuen Bundesländern. Herwig Hulpke, Leverkusen, Günther Miehlisch, Hamburg, Adolf Kloke, Berlin, Dieter Sauerbeck, Braunschweig, und viele andere gaben dem Ausschuß in dieser Zeit ihre Impulse.

Im Zentrum der Arbeit standen die Kriterien, mit denen das Gefährdungspotential von Bodenkontaminationen beurteilt werden kann, die Vorgehensweise bei der Bewertung kontaminierter Standorte und der Erfahrungsaustausch über die Verfahren zur Bodensanierung. Internationale Expertengespräche befaßten sich mit dem Verhalten von Schwermetallen und organischen Stoffen im Boden (mit den exemplarischen Schwermetallen Arsen, Blei, Cadmium und den organischen Stoffgruppen Dioxine und Phthalate). Von maßgeblicher Bedeutung ist das Kriterium der Mobilität. Die Mobilität der Schadstoffe im Boden und ihre Einflußfaktoren bestimmen die Freisetzbarkeit der Schadstoffe und die Relevanz bestimmter Expositionspfade unter den jeweiligen Standortbedingungen. Sie ist daher ein wesentlicher Schlüssel für die differenzierte Bewertung der analytisch bestimmaren Gesamtgehalte. Die Ergebnisse seiner Arbeit faßte der Ausschuß 1996 in einem „Memorandum Bodenschutz“ zusammen.

Mit der Fixierung der Beurteilungsmaßstäbe für schädliche Bodenveränderungen und Altlasten durch das Bundes-Bodenschutzgesetz und die Bodenschutzverordnung veränderten sich die Arbeitsziele des Ausschusses. Er befaßt sich heute mit Kriterien zur Bewertung verbleibender Risiken bei der Wiedernutzung kontaminierter und sanierter Standorte unter dem Leitgedanken einer nachhaltig umweltgerechten Entwicklung.

Zu Beginn der 90er Jahre zeichnete sich die wachsende Bedeutung mikrobiologischer Prozesse und biotechnologischer Verfahren für den Bodenschutz ab. Die DECHEMA trug diesem Umstand Rechnung durch die Einrichtung eines interdisziplinären Arbeitskreises „Umweltbiotechnologie – Boden“ (IAK) unter der Leitung von Jürgen Klein, Essen. Aufgabe des IAK war es, den wissenschaftlich-technischen Sachverstand der DECHEMA-Ausschüsse auf den Gebieten Biotechnologie, (Boden-) Mikrobiologie, Geologie/Hydrogeologie und Verfahrenstechnik/Bodensanierung zusammenzuführen. Die erfolgreiche Arbeit des IAK dokumentiert sich in Fachgesprächen, Publikationen und Forschungsempfehlungen zum mikrobiologischen Abbau von Schadstoffen in Böden und zur Bodenreinigung mit On-site- und In-situ-Verfahren. Herausragendes Ereignis war das internationale Symposium „Soil Decontamination Using Biological Processes“ im Dezember 1992 in Karlsruhe unter der wissenschaftlichen Moderation von Jeff Cole, Birmingham.

Daneben entstanden – als Ergebnis einer Arbeitsgruppe von Wolfgang Dott, Aachen – praxisorientierte Expertisen über die Anwendung von Labormethoden zur Beurteilung der biologischen Bodensanierung und von biologischen Testmethoden zur ökotoxikologischen Bewertung von Böden.

Die große Zahl frei werdender ehemals militärisch und industriell genutzter Flächen in den Jahren nach der Wiedervereinigung machte die Sanierung und verantwortliche Wiedernutzung solcher Standorte zu einem wichtigen und bis heute aktuellen Thema. Bei mineralölkontaminierten Böden lassen sich die Restgehalte an Kohlenwasserstoffen durch biologische Behandlung soweit absenken, daß keine Gefahr für das Grundwasser oder eine gewerblich-industrielle Weiternutzung mehr besteht. Die wissenschaftlichen Ergebnisse zeigten auch die Grenzen des erreichbaren Schadstoffabbaus bei niedrigen Restgehalten sowie bei biologisch schwer verfügbaren und schlechter abbaubaren Stoffen. Mit Verfahren, die den Zugang der Mikroorganismen zu den Schadstoffen und die Bedingungen des biologischen Abbaus verbessern, z.B. Suspensionsverfahren, kann diese Grenze verschoben, aber nicht grundsätzlich aufgehoben werden (Abb. 5).



Abb. 5: Suspensionsbioreaktor (BIODYN-Verfahren) zur biologischen Reinigung von feinkörnigen Böden, die mit polycyclischen Aromaten (PAK) belastet sind; geeignet für Feststoffkonzentrationen bis 50% w/w. Ein 60 m³-Reaktor dieser Art wird in Schweden betrieben.
Foto: DMT Deutsche Montan Technologie GmbH, Essen

Ein Beispiel dafür stellen die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) dar. Sie fallen insbesondere als Nebenprodukte bei der Kohleveredlung zur Produktion von Koks, Stadtgas und Chemierohstoffen an. Länder mit großen Kohlevorkommen, z.B. Deutschland, bezogen daraus über viele Jahrzehnte nationalen Reichtum. Teerkontaminierte Betriebsstandorte – zusätzlich belastet durch Kriegseinwirkungen – und Teerablagerungen („Teerseen“) blieben als industriegeschichtliches Erbe dieser Zeit erhalten. PAK sind die Hauptbestandteile derartiger Ablagerungen. Nur die niederkernigen PAK sind dem biologischen Abbau zugänglich. PAK, die in den Feinporen der Bodenmatrix oder in Kohlepartikeln sorbiert oder als Teeröle „in Phase“ vorliegen, sind auf Grund der geringen Bioverfügbarkeit nicht in vertretbaren Zeiträumen abbaubar. Zur Sanierung von Teerablagerungen waren daher neue Verfahren zu entwickeln. Das teerhaltige Material wird dabei mittels spezieller Techniken aufgenommen, mechanisch/thermisch vorbehandelt und anschließend energetisch oder zur Gewinnung von Wertstoffen verarbeitet. DECHEMA-Tagungen der jüngsten Zeit befaßten sich mit dieser Thematik. Der erfolgreiche Einsatz dieser Verfahren an den Standorten der früheren Kohleveredlung in den neuen Bundesländern stellt einen wesentlichen Schritt zu deren Sanierung dar und eröffnet ihnen die Chance einer risikominimierten weiteren Nutzung (Abb. 6). Eine enge Vernetzung zwischen den Anforderungen der Wiedernutzung und einer effizienten und gleichzeitig umweltgerechten Sanierung der anfallenden belasteten Materialien unterstützt die erfolgreiche Entwicklung der Altstandorte.

Aus den Diskussionen der letzten Jahre wurde deutlich, daß der Umgang mit Brachflächen aus dem Rückbau von Industriestandorten zu einer Aufgabe für alle Industrienationen geworden ist. Eine Rückführung in den natürlichen Urzustand ist bei der wechselhaften Nutzungsgeschichte in der Regel nicht möglich. Trotzdem können solche Industriebrachen einer verantwortbaren Weiternutzung zugeführt werden. Dies belegt inzwischen eine große Zahl erfolgreicher Sanierungsbeispiele, u.a. im Ruhrgebiet.

Eine besondere technologische und ökonomische Herausforderung stellen verschmutzte Grundwässer und insbesondere großflächig kontaminierte Grundwasserleiter dar. Der erforderliche Reinigungsaufwand bestimmt maßgeblich die volkswirtschaftlichen Kosten der Bodensanierung. Wesentlich für das Gefährdungspotential, das von kontaminierten Grundwasserleitern ausgeht, sind die geologisch-hydrogeologischen Untergrundbedingungen und das Ausbreitungsverhalten der Schadstoffe. Physikalisch-

chemische Einflüsse der Bodenmatrix und biologische Abbauvorgänge können die Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser begrenzen. Zur Sanierung wurde in den letzten Jahren eine Vielzahl biologischer und physikalisch-chemischer Verfahren entwickelt und unter In-situ- und Ex-situ-Bedingungen erprobt. Das 12. DECHEMA-Fachgespräch Umweltschutz und das schlußfolgernde Resümee des IAK von 1997 faßten den Wissensstand zusammen.

Extensive Verfahren zur Behandlung und Sicherung kontaminierter Grundwasserleiter und der effiziente Abbau praxisrelevanter Schadstoffgruppen, z.B. halogener Kohlenwasserstoffe, sind nach wie vor Themen der Forschung und Entwicklung. Daneben rückten die tech-

nisch-ökonomischen Grenzen der Grundwassersanierung in den letzten Jahren zunehmend ein neues Wissensgebiet in den Blickpunkt des Interesses, den kontrollierten natürlichen Rückhalt und Abbau von Schadstoffen, international geläufig unter dem Fachbegriff „Natural Attenuation“. Die verbesserte Kenntnis und Kontrolle des Schadstoffverhaltens im Untergrund soll Risiken für das Grundwasser erkennbar machen und eine bessere Abwägung von Sanierungsmaßnahmen und -zielen ermöglichen. In Fällen, wo eine biologische Selbstreinigung zwar nachweisbar ist, aber zu langsam verläuft, versucht man, durch Überwindung der limitierenden Faktoren zu neuen kostengünstigen Problemlösungen zu kommen (Enhanced Natural Attenuation).



Abb. 6: Sanierung des Teersees „Neue Sorge“ in Rositz (Thüringen)

a: Der ursprüngliche Teersee mit einer Fläche von 21.000 m² und einer Tiefe bis zu 18 m



b: Der mit einer begehbaren Mehrschichtfolie abgedeckte Teersee, aus dem der Teer unter Vermeidung von Geruchsemissionen in verflüssigter Form abgezogen und in eine thermische Konversionsanlage überführt wird. Der Teerschlämme wird hier getrocknet und bei 400-450 °C unter Sauerstoffausschluß thermisch aufgearbeitet. Als Wertstoffe erhält man Koks für die Stahlerzeugung und eine Ölfraktion zum Einsatz in der Zementindustrie oder zur Gewinnung von Chemierohstoffen.

Quelle: Max Aicher Umwelttechnik GmbH, Ainring/Hammerau

Abfallbehandlung

Seit 1965 wird dieses Fachgebiet der Ausschußarbeit – ursprünglich unter dem Titel „Industrierückstände“ – gemeinsam mit Schwestergesellschaften des VDI, zunächst der GVT und seit 1974 der GVC, betreut. Gerhard Leistner, Frankfurt-Höchst, Paul Reher, Leverkusen, und Hubert Vogg, Karlsruhe, hatten in dieser zweiten Phase über viele Jahre die Lenkungsrolle. Bernd Neukirchen, Essen, leitet heute den Gemeinschaftsausschuß.

Zuerst trafen sich die Betreiber von (Sonderabfall-) Verbrennungsanlagen zum Erfahrungsaustausch über typische Betriebsprobleme und deren Beherrschung. Mit der Erkenntnis, daß die Abgase von Abfallverbrennungsanlagen nach dem älteren Stand der Technik ein bedeutender Eintragspfad für dioxinartige Verbindungen und Schwermetalle in die Umwelt waren, verlagerte sich das Schwergewicht der Diskussionen zum Ende der 80er Jahre zunehmend auf die Aufklärung und Lösung dieser Probleme und die integrierte Betrachtung sämtlicher Emissionen und Reststoffe aus dem Verbrennungsprozeß. International maßgebliche Erkenntnisse zur Ursachenforschung der Dioxinbildung und zur Verbesserung der Verfahrenstechnik wurden in der Folgezeit von wissenschaftlichen Institutionen im Umfeld des Ausschusses und mit seiner Förderung erzielt. Die Anhebung der gesetzlichen Anforderungen an die Abgasreinigung hatte zunächst einen vielstufigen Ausbau der nachgeschalteten Reinigungstechnik zur Folge, bis deren Umfang, auch hinsichtlich der Kosten, die Gesamtanlage dominierte. Demgegenüber zeigen Forschungsarbeiten der letzten Jahre das erhebliche Vermeidungspotential einer nach den „drei T“ (Time, Temperature, Turbulence) optimierten Verbrennungstechnik und Anlagensteuerung zur Verringerung der Dioxin- und Stickoxidbildung, dessen erfolgreiche Umsetzung in die Praxis den Abgasreinigungsaufwand reduzieren würde.

In die schon begonnene internationale Zusammenarbeit wurden nach der Wende die neuen Bundesländer einbezogen. Bereits im Oktober 1990 fand die erste Diskussionstagung des Ausschusses in Dresden statt, aus der sich eine dauerhafte Zusammenarbeit entwickelt hat. Fachleute aus den neuen Bundesländern bereichern inzwischen seit vielen Jahren die Ausschußarbeit.

Für die internationale Diskussion unterschiedlicher Anforderungen hinsichtlich Auslegung und Betrieb von Abfallverbrennungsanlagen erwies sich die aktive Mitwirkung von französischen Experten als fruchtbar. Ein deutsch-französisches Memorandum zum Entwurf der EG-Richtlinie „Verbrennung gefährlicher Abfälle“ von

1992 war ein Ergebnis dieser Zusammenarbeit. Gemeinsame Symposien in Lyon und Würzburg (1992 bzw. 1994) verdeutlichten die unterschiedlichen Auffassungen in beiden Ländern, mit welcher Betriebsweise die gesetzlich vorgeschriebenen Reingaswerte am effizientesten eingehalten werden können. Besondere Verdienste um die deutsch-französische Zusammenarbeit im Ausschuß erwarb sich Mireille Knoche, Lyon.

Die Mitwirkung an der Diskussion des nationalen und europäischen Regelwerkes sowie des fortgeschrittenen technischen Standes auf dem Gebiet der Abfallbehandlung ist bis heute eine wesentliche Aufgabe des Ausschusses in Kooperation mit anderen wissenschaftlichen Institutionen geblieben. Als 1998 die Umrisslinie der neuen EG-Richtlinie zur Abfallverbrennung erkennbar wurden, initiierte der Ausschuß mit Unterstützung durch die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRdL), Düsseldorf, und die Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V. (VGB), Essen, ein wissenschaftliches Untersuchungsprogramm an der Pilot-Müllverbrennungsanlage TAMARA des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) mit nachfolgender Validierung der Ergebnisse an einer technischen Müllverbrennungsanlage. Die Ergebnisse zeigen, daß bei modernen Anlagen die Temperatur- und Verweilzeitanforderungen, die neben den Anforderungen an die Qualität des gereinigten Abgases nach deutschem und europäischem Regelungsstandard einzuhalten sind, weitgehend vereinfacht werden können, ohne daß dadurch die Ausbrandqualität und Abgasparameter verschlechtert würden. In einer gemeinsamen Empfehlung sprachen sich daher die fünf beteiligten wissenschaftlichen Gesellschaften – DECHEMA, GVC, KRdL, VGB und FZK – für eine Korrektur der Anforderungen aus. Auf diese Weise ließen sich korrosionsbedingte Störungen und Ausfallzeiten der Müllverbrennungsanlagen vermeiden und die Abfallbeseitigungskosten senken.

Der fachliche Rahmen der Ausschußarbeit umfaßt heute neben der thermischen auch die mechanisch-biologische Abfallbehandlung, die Abfalldeponierung sowie Themen der Abfallwirtschaft.

Integrierter Umweltschutz – Thema der DECHEMA-Arbeit seit 1970

Was im Materialienband zum 1. Umweltprogramm der Bundesregierung von der Projektgruppe „Umweltfreundliche Technik – Verfahren und Produkte“ noch weitgehend allgemein als Ziel der weiteren Entwicklung angesprochen wurde, gewann im Bericht der DECHEMA für den Ad-hoc-Ausschuß „Umweltfreundliche Technik“

beim BMBF und in vertiefenden Studien für die Zellstoff-, Papier- und Textilindustrie weitere Konturen. Beispiele für Umweltschutzlösungen durch innovative Verfahren in der chemischen Produktion dokumentierten die Sonderausstellung „Umweltfreundliche Technik – Verfahrensbeispiele Chemie“ auf der ACHEMA 1976 und die 1977 erschienene gleichnamige Schulbroschüre.

Die Beiträge „Umweltfreundlichere Produktionsverfahren in der chemischen Technik“ und „Production-Integrated Environmental Protection“ für die 4. und 5. Auflage von Ullmann's Enzyklopädie der Technischen Chemie von 1981 bzw. 1995 und die 1990 gemeinsam von der DECHEMA, der GVC und der schweizerischen Schwestergesellschaft SATW herausgegebene Broschüre „Produktionsintegrierter Umweltschutz in der chemischen Industrie“ trugen zwar der Veränderung des Sprachgebrauchs Rechnung, wiesen aber die Kontinuität einer stetigen Entwicklung aus. Auch wenn heute der modern anmutende Begriff „green chemistry“ den Eindruck einer neuen Entwicklung suggeriert, bestätigen diese Publikationen das seit vielen Jahren verfolgte Prinzip in den Unternehmen der chemischen Industrie, Umweltbelastungen nach Möglichkeit durch vorsorgende Maßnahmen in den Produktionsverfahren selbst zu vermeiden. Trotz der Bedeutung des produktionsintegrierten Umweltschutzes als Entwicklungs- und Optimierungsziel in der Chemie sollte aber nicht vergessen werden, daß eine Produktion ohne Abgase, Abwässer und Abfälle auf Grund chemischer, physikalischer, biologischer und technischer Grenzen nicht möglich ist. Darüber hinaus hängt der fortschrittliche Stand der Produktionstechnik nicht nur von den Verfahrensvorteilen für den Umweltschutz ab, sondern auch von den Erfordernissen der Anlagensicherheit, des Arbeitsschutzes und der Produktqualität. Modernes Umweltmanagement in der Chemie verlangt daher die Integration aller vier Optimierungsziele in Verbindung mit den ökonomischen Faktoren der Produktion.

Produktionsintegrierter Umweltschutz als Teilelement einer nachhaltigen Entwicklung ist heute zum erklärten Ziel in der stoffumwandelnden Industrie schlechthin geworden. Moderne Methoden der Material- und Energieflußanalyse helfen bei der ökologischen und ökonomischen Schwachstellenerkennung im Betrieb. Es geht dabei nicht allein um die Optimierung der betrieblichen Stoffströme und Ressourcenverbräuche, sondern auch um die Einbeziehung der Produkte mit ihren Umweltauswirkungen über den ganzen Lebensweg. Chemieunternehmen versuchen hier wegweisend zu sein durch Einbeziehung der Produktverantwortung in ihre Unternehmensstrategie und die Entwicklung ganzheitlicher Bewertungskonzepte.

Der exemplarischen Analyse von Stoffströmen der Chemie in der Industriegesellschaft und deren Bewertung im Hinblick auf Umweltrelevanz, Ressourcen- und Energieverbrauch widmet sich ein DECHEMA-Ausschuß unter Leitung von Reinhard Zellner. Darüber hinaus ist „Nachhaltigkeit in der Chemie“ ein Thema, dem sich die DECHEMA in besonderer Weise verpflichtet fühlt.

Umweltschutz – Aufgaben für eine nachhaltige Entwicklung

Das Gedankengut einer nachhaltig umweltverträglichen Entwicklung ist seit dem Bericht der Brundtland-Kommission „Our Common Future“ 1987 und der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro zur Maxime der umweltpolitischen Diskussion in allen gesellschaftlichen Gruppierungen geworden. „Responsible Care“, „Product Stewardship“, „Life Cycle Analysis“ u. a. sind die Schlagworte, unter denen die chemische Industrie ihre Bemühungen um den Schutz der Umwelt und des Menschen zusammenfaßt. Ihre Erfolge im produktionsintegrierten Umweltschutz sind augenfällig. Ist damit „nachhaltige Entwicklung“ bereits zum Selbstläufer geworden?

Mit Sicherheit nicht! Denn Nachhaltigkeit ist ein dauerhaftes Ziel, das sich nur in vielen kleinen Schritten, möglicherweise nur im Zeitraum von Dekaden, erreichen läßt, wenn der Einklang ihrer tragenden Säulen – der ökologischen, ökonomischen und sozialen Entwicklung – erhalten bleiben soll. Die erzielten Erfolge wahrgenommener Produktverantwortung sind im nationalen Maßstab überzeugend, jedoch nicht ausreichend im Hinblick auf die zu erwartende wirtschaftliche und industrielle Entwicklung der Dritt- und Schwellenländer. Es besteht die Gefahr, daß sich die Versorgungs- und Entwicklungsdefizite in vielen Regionen der Welt mit dem Wachstum der Weltbevölkerung weiter verschärfen. Die zunehmende Verdichtung und Ausdehnung der Ballungsräume und Megastädte wirft eine Vielzahl neuer Fragen der Versorgung mit Energie, Wasser und Nahrungsmitteln, der Verminderung der Umweltverschmutzung und der Entsorgung von Abfällen auf, die mit dem jetzigen Stand der Technik kaum zu lösen sein werden. Der Beschäftigung mit diesen Fragen können sich international agierende wissenschaftlich-technische Gesellschaften wie die DECHEMA nicht entziehen. „Wir müssen uns unserer ökologischen Verantwortung, der Verantwortung für den Gesamtstoffhaushalt der Erde bewußt werden“ (Hansjörg Sinn in „Signale und Spuren“, Festschrift, anlässlich des 25. ACHEMA-Jubiläums 1997).