

Entwicklungen auf dem Gebiet der Filtrations- und Separationstechnik

S. Ripperger*

In allen Bereichen der Prozess- und Anlagentechnik wird nach neuen, sparsamen Anlagen gesucht, besonders in Bezug auf den Energiebedarf und die notwendigen Betriebs- und Hilfsstoffe. Die zugeführte Energie soll soweit wie möglich genutzt und Abfallströme sollen möglichst vermieden werden. Mit den höheren Anforderungen an die Separationsverfahren nimmt meist auch der Energiebedarf zu, und das bei steigenden Energiekosten. Auch die zunehmende Nutzung nachwachsender Rohstoffe und der Einsatz biotechnologischer Verfahren haben neue Anforderungen an die Separationstechnik sowie die zugehörigen Anlagen und Ausrüstungen zur Folge. Im Bereich der Umwelttechnik wirkt sich die verstärkte Umsetzung des europäischen Ordnungsrechts auf die Prozess- und Anlagentechnik aus. Im folgenden Beitrag werden einige Entwicklungen, die auch für die Filtrations- und Separationstechnik von Bedeutung sind, näher behandelt.

1. Einleitung

In einem Beitrag zur 150-zigsten Ausgabe dieser Zeitschrift [1] wurden Entwicklungen und Trends auf dem Gebiet der Separations- und Filtertechnik behandelt. Dabei wurde auch auf den „Zwang zur Innovation und Produktentwicklung“ aufgrund der Konkurrenz und der stetigen Veränderungen hingewiesen. In einem späteren Beitrag [2] wurde die damit verbundene „Herausforderung Produktentwicklung“ näher beschrieben. Veränderungen eines Fachgebietes ergeben sich einerseits durch neue Erkenntnisse und technische Möglichkeiten und andererseits durch neue Herausforderungen gesellschaftlicher, politischer und wirtschaftlicher Art. Beide Entwicklungen haben neue technische Lösungen und Organisationsformen zur Folge.

In Deutschland befruchten sich die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Unternehmen und der öffentlichen Forschungseinrichtungen und Hochschulen gegenseitig. So arbeiten zum Beispiel in den Fachgruppen von ProcessNet, eine Organisation der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) und der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie die Hochschulen und öffentliche Forschungseinrichtungen auf verschiedenen Gebieten mit den jeweils führenden Unternehmen zusammen. In einem gesonderten Beitrag wird in dieser Ausgabe der Zeitschrift die für die Filtration und Separation maßgebliche ProcessNet-Fachgruppe „Mechanische

Flüssigkeitsabtrennung“ näher vorgestellt [3]. In diesem Beitrag werden auch die für das Fachgebiet aktuellen Entwicklungsrichtungen näher beschrieben. Die mehr auf die Grundlagen ausgerichtete und „vorwettbewerbliche“ Forschung an den öffentlichen Einrichtungen, die mit erheblichen Mitteln von staatlicher Seite gefördert wird, ist eine gute Basis, auf der die Unternehmen aufbauen können. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang auch die industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF), das Herzstück der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.). Sie ermöglicht kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) die direkte Teilnahme an Forschungsprojekten und den Zugang zu aktuellen Forschungsergebnissen. Im Rahmen der nach Branchen und Technologiefeldern aufgegliederten ca. 100 Forschungsvereinigungen der AiF betreiben kleine und mittlere Unternehmen gemeinsam, und folglich vorwettbewerblich, Forschung, die der gesamten Branche zugutekommt. Die Forschungsvorhaben orientieren sich unmittelbar am Bedarf. Die Durchführung der Vorhaben wird in den Gremien der Forschungsvereinigungen kontinuierlich begleitet. Jedes Projekt wird von einem Projektbegleitenden Ausschuss, der aus Unternehmensvertretern der Forschungsvereinigung besteht, begleitet. Damit werden die Praxisrelevanz der IGF-Ergebnisse garantiert und der Wissenstransfer in die Wirtschaft beschleunigt. Für das Fachgebiet der Verfahrenstechnik übernimmt die Forschungsvereinigung Verfahrenstechnik (GVT e.V.) diese Aufgabe (siehe hierzu den Beitrag auf Seite 161 in dieser Ausgabe [4]). Die Forschungsvereinigungen und die AiF betreuen von der Antragstellung über die fachliche Begutachtung bis zur Auszahlung der Fördermittel die administrative Seite, während das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) die öffentlichen Fördergelder bereitstellt. Aufgrund einer Etaterhöhung um 30

Millionen Euro sind dafür 169 Millionen Euro im Jahr 2017 vorgesehen.

Generell ist es von Bedeutung, dass über die Arbeiten praxisnah berichtet wird und diese Informationen von den Unternehmen abgerufen und im Hinblick auf ihre eigene Aktivitäten bewertet werden. Die Erkenntnisse können so in die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren einfließen. Neben Kongressen und Tagungen übernehmen Fachzeitschriften auf ihren jeweiligen Fachgebieten diese wichtige Vermittlerrolle. Die vorliegende Zeitschrift ist seit nun 30 Jahren die einzige deutschsprachige Fachzeitschrift, die diese Aufgabe für den Bereich der Filtrations- und Separationstechnologien wahrnimmt. Ihre Entwicklung und die Branchen, über die sie berichtet, wurden anlässlich des 25-jährigen Jubiläums der Zeitschrift dargestellt [5]. Es wird z. B. über textile Filtermedien, die Membran- und Zentrifugentechnik, die Staubabscheidung und die Wasseraufbereitung regelmäßig berichtet. In jeder Ausgabe werden neue Erkenntnisse und Entwicklungen von Verfahren, Geräten, Apparaten und Prozessketten vorgestellt sowie erfolgreiche Anwendungen beschrieben. Im folgenden Beitrag werden einige der Entwicklungen und Trends, die das gesamte Gebiet betreffen, behandelt.

2. Entwicklungsrichtungen auf technischen Gebieten

2.1 Virtuelle Produktentwicklung

Die moderne Forschung nutzt zunehmend die Simulationstechnik mit ihrer Software, um neue Produkte zu entwerfen und deren Eigenschaften in einer frühen Phase zu ermitteln. Sogenannte IT-Tools werden auch verwendet, um Daten zu interpretieren und um die Koordination von Arbeitsgruppen zu erleichtern. Mit Simulationsprogrammen können z. B. Strömungen an virtuellen Modellen dargestellt und für den Gebrauch der Produkte wesentliche Parameter ermit-

* Prof. Dr.-Ing. Siegfried Ripperger
Chefredakteur der Zeitschrift
„Filtrieren und Separieren“
Ehemaliger Inhaber des Lehrstuhls für
Mechanische Verfahrenstechnik
an der TU Dresden und TU Kaiserslautern
IES GmbH
Luxstr. 1
67655 Kaiserslautern
Tel.: 06302-5707
E-Mail: ripperger@mv.uni-kl.de



telt werden. Gleichzeitig bieten sie die Möglichkeit ablaufende Vorgänge zu visualisieren. Entsprechend werden bei der Entwicklung neuer optimierter Filtermedien Computerprogramme zur Strukturgenerierung und zur numerischen Strömungssimulation eingesetzt. Zur Berücksichtigung realer komplexer Strukturen, wie sie z. B. Filtermedien aufweisen, wird zunehmend die Mikro-Computertomographie (μ -CT) genutzt. Mit ihr können z. B. virtuelle mono- und multifile Gewebestrukturen und Vliesstrukturen erfasst und geometrische Struktur-Kenngrößen ermittelt werden. In Verbindung mit der numerischen Strömungssimulation kann dann der Druckabfall für unterschiedliche Fluidparameter berechnet werden. Auch die Partikelabscheidung kann mit solchen Programmen in vielen Fällen bereits mit guter Genauigkeit im Voraus berechnet werden. Ein wesentlicher Vorteil dabei ist, dass mit der Simulation das Systemverhalten bereits vor der Realisierung der Filtermedienstruktur bestimmt werden kann. Anhand generierter virtueller Modelle können auch mögliche Auswirkungen von Strukturveränderungen kostengünstig und effektiv untersucht werden.

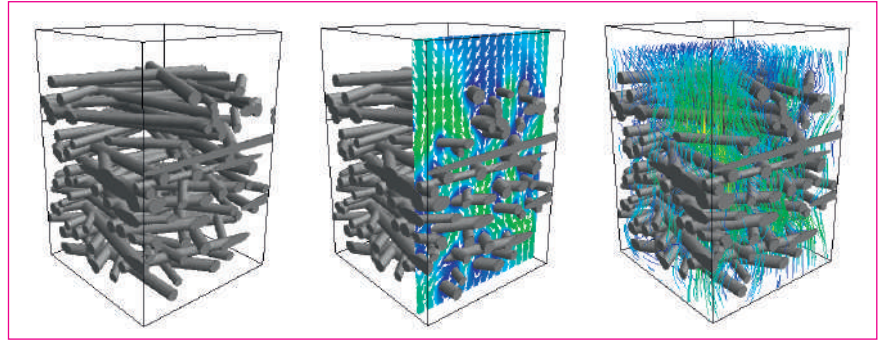


Abb. 1: Simulation der Filtration mittels DNSlab (Direct Numerical Simulation Laboratory)
 a) Erfassung der realen Filtermedienstruktur (z. B. mittels Mikrotomographie), b) Numerische Strömungsberechnung, c) Berechnung von Partikelbahnen und möglichen Kontakten mit dem Filtermedium unter Berücksichtigung von Bedingungen zur Partikelhaftung

Die Simulation der Abscheidung von Partikeln erfolgt z. B. beim Programm DNSlab durch eine Lagrange'sche Berechnung der Partikeltrajektorien (Abb. 1) /6,7/. Zur Berücksichtigung der Partikelabscheidung bei der Filtration wird nach einer gewissen Anzahl abgeschiedener Partikeln das Strömungsfeld in dem freibleibenden Porenraum neu berechnet. So kann auch der Anstieg des Druckabfalls und die Veränderung der Abscheideeffizienz im Verlauf der Filtration ermittelt werden. Die so gewonnenen Daten sind dann der Ausgangspunkt zur Simulation der Filtration in Filtereinheiten (Filter-

patronen, Filterkerzen, Filterschläuchen) oder in Filterapparaten, die diese Elemente enthalten. In vielen Fällen kann man bei der Produktentwicklung bzw. bei der Auslegung von Filtrationsapparaten auf experimentelle Untersuchungen noch nicht gänzlich verzichten. Die virtuelle Produktentwicklung und Filterauslegung kann jedoch helfen, den experimentellen Aufwand wesentlich zu reduzieren.

2.2 Produkt-Daten-Management (PDM)

In Verbindung mit der virtuellen Produktentwicklung und den damit verbundenen experimentellen Untersuchungen

Herzlichen Glückwunsch zum 30-jährigen Jubiläum!

www.bhs-sonthofen.com

BHS
SONTHOFEN

TRANSFORMING
MATERIALS
INTO VALUE

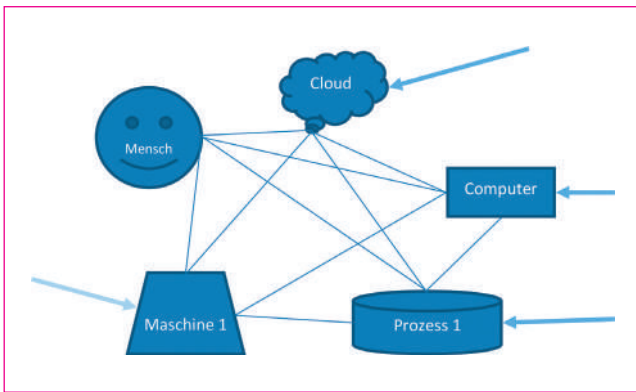


Abb. 2: Vernetztes System im Sinne der Industrie 4.0

nimmt die ohnehin bereits vorhandene Datenmenge in Verbindung mit der Produkterprobung und -nutzung wesentlich zu, so dass dem elektronischen Produkt-Daten-Management (PDM) eine zunehmende Bedeutung zukommt. Innerhalb des Maschinenbaus und der Fertigungstechnik versteht man darunter ein Konzept, wonach produktdefinierende, -repräsentierende und -präsentierende Daten und Dokumente gespeichert, verwaltet und in nachgelagerten Phasen des Produktlebenszyklus zur Verfügung gestellt werden. Im Maschinenbau wurde das elektronische Produktdatenmanagement (PDM) zu einer neuen Softwarekategorie, die jedoch innerhalb der Separationstechnik bisher nur ansatzweise vorhanden ist bzw. genutzt wird. Für die Weiterentwicklung und Anwendung von Produkten zur Separationstechnik ist es wichtig, dass die Daten zur Produktentwicklung und die Daten im Zusammenhang mit der Produktnutzung derart erfasst und gespeichert werden, dass sie zu jeder Zeit miteinander verknüpft und ausgewertet werden können. Daraus ergeben sich neue Möglichkeiten der Produkt- und Prozessoptimierung sowie für die Neu- oder Weiterentwicklung sowie das Qualitätsmanagement.

2.3 Digitalisierung und Industrie 4.0

Mit den Schlagworten „Integrated Industry“, „Digitalisierung“ und „Industrie 4.0“ wird eine Entwicklung gekennzeichnet, nach der die klassischen Industrien mit der zugehörigen Produktions- und Anlagentechnik vor einem revolutionären Umbruch stehen. Man erwartet, dass der Verbund von Informationssystemen, softwaretechnischen Komponenten mit mechanischen und elektronischen Teilen, die u. a. über das Internet drahtgebunden oder drahtlos miteinander kommunizieren, viele Bereiche verändern wird (Abb. 2). Einige Auswirkungen auf die Produktions- und Prozesstechnik werden in /8/ behandelt.

Eine Entwicklungsrichtung besteht darin, dass mechatronische Produkte mit

einer IP-Adresse versehen und mit dem Internet vernetzt werden. Sie werden zu „Smart Products“ im „Internet der Dinge“ bzw. zu „cyber-physischen Systemen mit integrierten, internetbasierten Diensten“. In Verbindung mit dem zuvor beschriebenen Produkt-Daten-Management (PDM) ergeben sich hieraus neue Möglichkeiten. Die Nutzung der via Internet gesammelten Daten können z. B. dazu genutzt werden, dass sich Filter selbständig optimieren bzw. an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden. Bei Tiefenfilterelementen kann z. B. der optimale Zeitpunkt für einen Austausch unter Berücksichtigung der jeweils inline erfassten betrieblichen Daten ermittelt und geplant werden. Es ergeben sich dadurch neue Möglichkeiten für das Produkt-Lebenszyklus-Management (PLM). Erfasste Produktdaten bekommen dadurch eine neue Bedeutung. Die Daten des Herstellers, die während der Entwicklung und Produktion eines Produktes erfasst wurden, werden ergänzt durch die Daten, die während der Nutzung des Produktes ermittelt werden. Nach Ulrich Sandler /9/ spielen beide Arten von Daten für das künftige Geschäft mit Industrieprodukten eine große Rolle. In einem Beitrag schreibt er: „Die erste Art ist gewissermaßen das Kapital, das der Produzent in die Waagschale werfen kann. Die zweite Art kann dagegen ein Einfallstor werden für Dienste, die Dritte zum jeweiligen Produkt anbieten. Denn die Daten aus der Nutzung sind zu großen Teilen messbar, ermittelbar, lassen sich sammeln, ohne dass dazu die Herstellerdaten zur Verfügung stehen müssen. Wenn allerdings beide miteinander gekoppelt werden können, und das kann in der Regel nur der Hersteller, dann lassen sich daraus besonders interessante Dienste ableiten.“

Daten, die während der Nutzung eines Produktes erzeugt bzw. gesammelt werden, spielen auch bei der vorbeugenden Instandhaltung eine große Rolle. Es wird immer mehr erkannt, dass eine effiziente Planung der Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten notwendig ist,

um die Betriebskosten von Anlagen zu minimieren. Vier prinzipielle Strategien können bei der Instandhaltung verfolgt werden.

a) Betrieb der Anlagen bis zum Ausfall:

In diesem Fall werden Reparaturen nur nach dem Auftreten eines Fehlers bzw. einem Ausfall der Anlage durchgeführt. Dies ist der einfachste Weg zur Instandhaltung, aber in der Regel auch der teuerste. Diese Art der Instandhaltung kann mit Fehlchargen, Produktionsverlust und mit langen ungeplanten Ausfallzeiten verbunden sein.

b) Vorbeugende Wartung:

Diese Wartungsstrategie beinhaltet eine regelmäßige Instandhaltung nach einem vorgegebenen Zeitplan. Es werden Teile ersetzt, bevor sie versagen. Auf diese Weise werden unerwartete Ausfälle in der Regel vermieden, jedoch werden einige Teile unnötig ersetzt, da sie ihre Grenze des Gebrauchs noch nicht erreicht haben.

c) Bedingungs-basierte Wartung:

In diesem Fall wird der Anlagenbetrieb kontinuierlich überwacht und eine Wartung durchgeführt, wenn vorgegebene Bedingungen, eingetreten sind. In der Regel werden im Voraus Parameter festgelegt, die mit ermittelten Daten verglichen werden. Wenn bestimmte Daten festgelegte Grenzparameter überschreiten, wird eine Instandhaltung eingeleitet. Die Überschreitung der Grenzparameter zeigt in der Regel an, dass die Betriebssicherheit nur noch eingeschränkt gewährleistet ist.

d) Die prädiktive Instandhaltung:

In diesem Fall wird der Anlagenbetrieb auch kontinuierlich überwacht, jedoch wird auf Basis der erfassten Daten in Verbindung mit einem Rechenmodell, das in Form einer Software hinterlegt ist, die Zeit abgeschätzt, wann mit einem Ausfall der Anlage mit großer Wahrscheinlichkeit gerechnet werden muss. In diesem Fall ist eine Planung der Anlagenauslastung sowie der zugehörigen Instandhaltung optimal möglich.

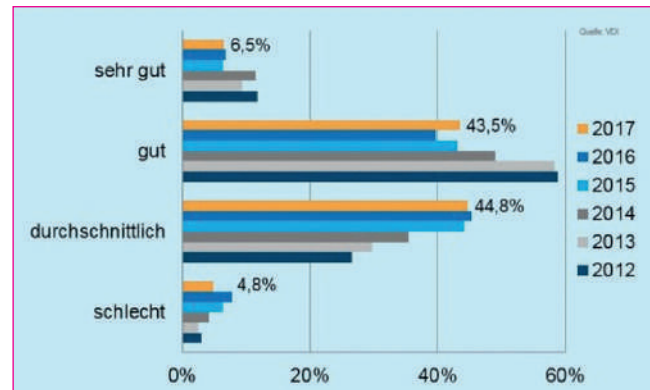


Abb. 3: Einschätzung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit des IT-Standortes Deutschland (Quelle: VDI)



Während die Datenanalyse seit langem ein integraler Bestandteil der Fertigung im Maschinenbau ist, wird sie zur prädiktiven Instandhaltung in der Anlagentechnik noch wenig angewendet. Insbesondere im Zusammenhang mit Filtern, die in bestimmten Abständen ausgetauscht werden müssen, ergeben sich gute Chancen, die bestehende Instandhaltung zu verbessern. Hierzu müssen in vielen Bereichen die notwendige Infrastruktur erst geschaffen und die geeigneten Softwaremodule erst entwickelt werden. Im Rahmen von Projekten zur Optimierung des Filterwechsels konnten mit Hilfe einer entwickelten Software und einer Überwachung des Filtrationsdruckes der optimale Filterwechsel prädiktiv ermittelt und wesentliche Kosteneinsparungen erzielt werden. Das System kann sowohl bei Filterpatronen zur Flüssigkeitsfiltration als auch bei Speicherfiltern zur Staubabscheidung angewendet werden /10/.

Aufgrund der Risiken, die mit der digitalen Transformation verbunden sind, betrachten viele Entscheider die möglichen Vorteile der digitalen Transformation mit Misstrauen. Eine Umfrage des VDI unter mehr als 600 IT-Experten aus Unternehmen zeigt, dass der IT-Standort Deutschland im internationalen Wettbewerb eher durch-

schnittlich eingeschätzt wird /11/. 62 Prozent der Befragten stufen Missbrauch und Manipulation von Daten als hohes bzw. sehr hohes Risiko ein (siehe Abb. 3). Die Themen IT-Sicherheit, Big Data und Clouds beschäftigen viele Unternehmen, doch es muss noch Überzeugungsarbeit geleistet werden, damit die mit dem Schlagwort „Industrie 4.0“ verbundenen Chancen auch genutzt werden.

2.4 Modularisierung im Anlagenbau

Modular aufgebaute Anlagen sind ein weltweiter Trend, um Entwicklungszeiten zu verkürzen und Entwicklungs- und Herstellkosten zu senken. Eine modularisierte Anlage besteht aus vorgefertigten, validierten Anlagenmodulen. Dabei handelt es sich z. B. um Prozessstufen zum Erhitzen bzw. Kühlen, Pumpen, Mischen, Filtrieren, Zentrifugieren oder um ganze Funktionseinheiten, wie Kurzzeiterhitzer, Systeme zur Wasseraufbereitung und Anlagenteile zur CIP-Reinigung und Anlagensterilisation. Die einzelnen Module (Units oder Skids) mit definierten Abmaßen sind so ausgelegt und gestaltet, dass sie nach dem Baukastenprinzip kombinierbar sind. Sie werden mit den notwendigen Geräten der Mess-, Steuer- und Regeltechnik ausgestattet und elektrisch

verdrahtet. Meist werden die Module vor der Auslieferung beim Hersteller funktionsgeprüft und am Bestimmungsort zur Gesamtanlage montiert. Bei einem modularisierten Anlagenkonzept werden

- die Herstellung in eine günstige Fertigungsumgebung verlagert,
- das Qualitätsmanagement verbessert,
- Planungszeit eingespart,
- der Transport vereinfacht,
- der Montageaufwand vor Ort wesentlich reduziert,
- die Zeit für die Inbetriebnahme verkürzt und
- Kosten eingespart.

Bei der Entwicklung von Modulen werden ggf. notwendige Arbeiten zur Validierung durchgeführt und die zugehörige Dokumentation erstellt. Arbeiten unter kritischen Bedingungen, zum Beispiel auf off-shore-Plattformen, werden auf ein Minimum reduziert. Eine Modularisierung ist gleichzeitig auch mit einer Standardisierung verbunden, wodurch sich innerbetrieblich technische und wirtschaftliche Vorteile bei der Angebotsabwicklung, dem Engineering, der Montage, der Automatisierung sowie dem Einkauf und der Bevorratung von Bauteilen ergeben.



Engineered
For
Your
Success



FLOTTWEG TRENNTECHNIK MIT ZENTRIFUGALKRAFT

Dekanter und Separatoren für die chemische Industrie, Pharmazie, Biotechnologie, Recycling-, Lebensmittel- und Getränkeindustrie

Anwendungsbeispiele:

- Entwässerung von PVC
- Algenernte und Ölextraktion
- Verarbeitung von Fermentationsbrühen in der weißen Biotechnologie
- Gewinnung von Proteinen, Weizenstärke und Tapioka-Stärke
- Herstellung von Soja- und Getreidemilch, Sojaproteinen, Laktose und Kasein
- Trennung von Kunststoffen, Kunststoffrecycling, Altpapieraufbereitung
- Herstellung von Bier, Wein, Fruchtsäften, Kaffee und Instantkaffee



Flottweg – Ihr starker Partner durch jahrzehntelange Erfahrung in der zentrifugalen Trenntechnik

Flottweg SE • Industriestraße 6-8 • 84137 Vilsbiburg • Germany
Tel.: +49 8741 301-0 • Fax: +49 8741 301-300 • mail@flottweg.com • www.flottweg.com



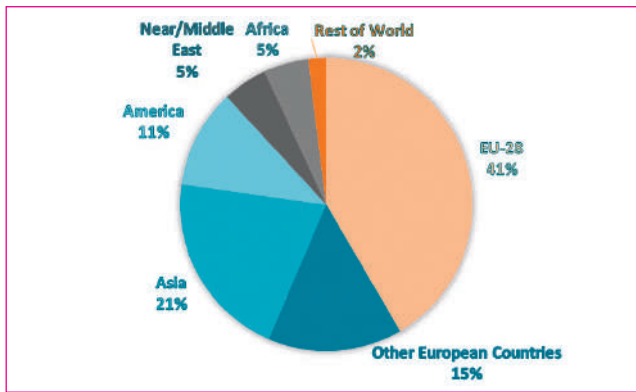


Abb. 4: Deutsche Exporte von Apparaten zum Reinigen von Wasser nach Regionen 2016; Exportvolumen gesamt: 976,68 Mio. Euro; Quelle: Stat. Bundesamt (Warennummer 842121) / VDMA

Im White Paper Modular Plants hat der gleichnamige ProcessNet-Arbeitskreis aktuelle Entwicklungen auf Basis von Projektergebnissen ausgewertet und zusammengefasst /12/. Die Experten aus Industrie und Hochschule fordern vor allem eine weitere Vereinheitlichung der verwendeten Apparate, um eine Grundlage für eine breite Anwendung dieser Technologie in der Industrie zu schaffen.

Da individualisierte Produkte in der chemischen und pharmazeutischen Industrie immer mehr an Bedeutung gewinnen, werden auch die Lebenszyklen und Entwicklungszeiten für solche Produkte kürzer. Modular aufgebaute Anlagen bieten in diesem Zusammenhang die Chance, Prozesse flexibel anzupassen und zu gestalten. Dabei wirken sich auch eine mögliche Wiederverwendung der Einzelteile und der reduzierte Aufwand beim Engineering günstig aus. Für eine Wiederverwendung von verfahrenstechnischen Informationen und einen durchgängigen Datenfluss durch alle Projektphasen ist der Einsatz eines standardisierten modularen Planungs-Workflows entscheidend. Ein Verfahren (Unit Operation) bzw. ein Prozessschritt wird in Gruppen von Komponenten unterteilt, wodurch wiederverwendbare Einheiten geschaffen werden. Alle Dokumente eines Bausteins werden in einer Datenbank zusammengefasst. Ein Verfahren umfasst mindestens eine Hauptkomponente, die zusammen mit allen peripheren Komponenten eine gewünschte Unit Operation abdeckt. Die kompatiblen Module werden als anpassbare Einheiten konstruiert und zu Multi-Purpose-Anlagen zusammengestellt.

3. Wirtschaftliche Bedingungen

3.1 Wirtschaftliches Umfeld der Branche

Trotz zahlreicher politischer und wirtschaftlicher Unwägbarkeiten rechnen viele Unternehmen der Filtrations- und Separationstechnik im laufenden Jahr mit einem guten Geschäftsergebnis, wenn auch mit deutlichen Schwankungen in einzelnen Märkten zu rechnen ist. Viele der Unternehmen der Branche zählen zu den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die nach der Definition der EU nicht mehr als 249 Beschäftigte haben und einen Jahresumsatz von höchstens 50 Millionen € erwirtschaften oder eine Bilanzsumme von maximal 43 Millionen € aufweisen. Bei vielen der Unternehmen ist der Exportanteil von großer Bedeutung.

Innerhalb des VDMA haben sich 93 Unternehmen der Fachgruppe „Wasser-, Abwasser- und Schlammbehandlung“ zugeordnet. Die deutschen Hersteller dieser Branche konnten 2016 ihre Ausfuhren auf dem hohen Vorjahresniveau nahezu unverändert behaupten. Im Vergleich zum Vorjahr sanken die Exporte insgesamt von 977,2 Millionen € (2015) auf 967,7 Millionen Euro (2016) /13/. Das Ergebnis konnte vor allem durch

Zuwächse im Kernmarkt EU-28 und in Russland gehalten werden. Die Rangfolge der weltweit stärksten Exportmärkte der Branche werden im Beitrag von H. Lyko in dieser Ausgabe dargestellt /14/. Die EU-28 bleibt trotz teilweise deutlicher Veränderungen in einzelnen Märkten die wichtigste Abnehmerregion für die deutschen Hersteller von Wasser- und Abwassertechnik (siehe Abb. 4). Die Exporte in diese Staaten stiegen um 3,5 % auf 412,0 Millionen €.

Die Unternehmen des VDMA Fachverbands Allgemeine Lufttechnik rechnen 2017 mit einem spürbaren Wachstum /15/ (siehe auch Bericht auf Seite 210). Das deutsche Produktionsvolumen dieser Branche erreichte 2016 etwa 14 Milliarden Euro. Rund 90 Prozent der Firmen des Verbandes erwarten trotz zahlreicher Risiken für 2017 Umsatzzuwächse. Auch hier waren 2016 mit 59 % die Länder der EU der wichtigste Absatzmarkt für Exporte. Die Unternehmen betrachten, wie viele anderen auch, die EU als Heimatmarkt. Eine Grundlage dazu wurde durch Harmonisierung vieler technischer Regelsetzung geschaffen. Das damit geschaffene rechtliche System wurde in einigen Beiträgen in dieser Zeitschrift behandelt /16/. Die Realisierung dieses Systems war auch für die Unternehmen mit einem großen Aufwand verbunden, jedoch sind damit auch für die Branche der Filtrations- und Separationstechnik nun viele Vorteile verbunden.

Die Zahl der an deutsche Unternehmen vergebenen Projekte im Großanlagenbau ist seit einigen Jahren rückläufig. Die Exportquote dieser Branche liegt bei ca. 80 % /17/. Die internationalen Kunden erwarten vom Auftragnehmer häufig, dass er die Generalunternehmenschaft übernimmt und eine schlüsselfertige Lieferung zum Festpreis garantiert. Die Fähigkeit, die Komplexität sowie die vielfältigen finanziellen, technischen und planerischen Herausforderungen solcher Vorhaben zu meistern, ist eine Grundvoraussetzung für das Bestehen im Markt. Bei den sogenannten EPC-Projekten (EPC = Engineering, Procurement and Construction) verpflichtet sich der Auftragnehmer eine Anlage schlüsselfertig (engl. Turn-key), in der Regel zu einem Festpreis und zu einem mit Konventionalstrafen belegten Termin, zu liefern. Er erbringt hierfür alle notwendigen Leistungen, insbesondere die gesamte Ingenieurleistung, die Beschaffung und Fertigung aller notwendigen Anlagenkomponenten, die Montage auf der Baustelle und die Inbetriebnahme. Unter diesen Bedingungen müssen daher bereits in der Angebotsphase die Risiken gründlich untersucht und abgeschätzt werden. Entsprechend spielt auch die Absicherung der Exporte durch die sogenannten Hermes-Deckungen in diesem Bereich auch eine wichtige Rolle. Weiterhin sehen Ausschreibungen in Entwicklungs- und Schwellenländern größere lokale Lieferanteile vor. Nach einer Mitteilung des VDMA sind dadurch die an das OECD-Regelwerk gebundenen deutschen Anbieter gegenüber der asiatischen Konkurrenz im Nachteil, da die Absicherung lokaler Leistungen durch das OECD-Regelwerk stark beschränkt ist. In diesem Umfeld rechnen die Mitgliedunternehmen des Großanlagenbaus im VDMA im laufenden Jahr mit keiner Trendwende.

3.2 Fusionen und Übernahmen

Die wachsenden Herausforderungen aufgrund strenger gesetzlicher Vorgaben, einer starken Konkurrenz und eines scharfen Preiswettbewerbs zwangen viele Unternehmen ihre Struktur zu überdenken und sich an die aktuelle Situation anzupassen. Infolge hat sich die Branche der Separations- und Filtertechnik durch Fusionen und Übernahmen in den letzten Jahren strukturell erheblich verändert. Dabei wurden meist kleinere Unternehmen in einen größeren Verbund eingegliedert. Dadurch wurde das Portfolio an Verfahren innerhalb der Unternehmen erweitert, der internationale Vertrieb der Produkte verbessert und der notwendige Service, insbesondere auch im Ausland, sichergestellt.

Die vielen mittelständischen Unternehmen und ihre Verflechtung mit zahlreichen großen und kleinen Unternehmen ist ein deutscher Standortvorteil. Es ist in vielen Fällen noch offen,

ob sich die neu gebildeten Strukturen bewähren und den Standort stärken oder ihn langfristig schwächen werden. Oft war jedoch eine Strukturänderung angesagt, um die Situation, in dem sich einige Unternehmen befanden, zu verbessern.

4. Gesellschaftspolitische Veränderungen

Gesellschaftspolitische Veränderungen haben neue bzw. veränderte Gesetze zur Folge, wovon viele direkt auch Auswirkungen auf die Technik haben. Dadurch werden oft auch wirtschaftliche Randbedingungen verändert, die wiederum sich auf die eingesetzte Technik auswirken. So sind z. B. starke Veränderungen auf dem Gebiet der Energietechnik eine Folge der politisch eingeleiteten Energiewende oder die Entwicklung elektrischer Antriebe für Personenwagen eine Folge der politisch gewollten und geförderten Elektromobilität. Beide Entwicklungen sind mit den politisch vereinbarten internationalen Abmachungen zum Klimawandel verbunden.

Die Harmonisierung technischer Regeln innerhalb der Europäischen Union (EU) zur Vollendung des europäischen Binnenmarkts ist bereits weit fortgeschritten, jedoch immer noch nicht abgeschlossen. Es kann daher erwartet werden, dass sich auch dadurch weitere Änderungen ergeben, welche die technische Ausführung von Anlagen und Geräte beeinflussen.

Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Separationstechnik werden auch stark von den Maßnahmen zum Umweltschutz und zum nachhaltigen Wirtschaften beeinflusst. Die in diesem Zusammenhang neuen oder veränderten gesetzlichen Bestimmungen sowie die dadurch veränderten wirtschaftlichen Randbedingungen erfordern eine stetige Anpassung der der angewendeten Technik. Hierzu sind Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten notwendig, da viele der neuen Anforderungen nicht von den bekannten technischen Systemen erfüllt werden. Die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit in einer ingenieurwissenschaftlichen Disziplin vollzieht sich daher in einem politischen, wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Umfeld, das wiederum von den Forschungsergebnissen und Erkenntnissen beeinflusst wird (Rückkopplung). Welche Auswirkungen gesetzliche Regelungen haben können, wird an den folgenden Beispielen deutlich.

4.1 Abgasnachbehandlung bei Verbrennungsmotoren

Als Beispiel werden die Maßnahmen zur Emissionsminderung aus Verbrennungsmotoren betrachtet. Die einzuhaltenden Mindeststandards sind durch europäische Regelungen festgelegt. Die stufenwei-

se Verschärfung der Normen erfordert eine stetige Anpassung der Technik zur Abgasnachbehandlung. Der VW-Skandal offenbarte, dass die Einhaltung der gesetzlichen Regelungen, insbesondere beim Dieselmotor, einen hohen Aufwand erfordert. In einem Beitrag in dieser Zeitschrift wurde bereits 2004 die Problematik der Abgasnachbehandlung behandelt /18/. Dieselmotoren stellen aufgrund des hohen Wirkungsgrades und des daraus folgenden geringen Kraftstoffverbrauchs ein wirtschaftliches und zuverlässiges Antriebssystem für Kraftfahrzeuge dar. Die Lösung der Abgasproblematik stellte die Hersteller vor eine große Herausforderung, der sie durch innermotorische Maßnahmen und eine Abgasnachbehandlung zur Absenkung der NO_x und Partikelemissionen begegneten. Die Lösung der Problematik ist mit erheblichen technischen und wirtschaftlichen Problemen behaftet. So kann die Entstehung von Stickoxiden durch niedrige Verbrennungstemperaturen und kurze Verweilzeiten verringert werden. Dadurch entstehen jedoch Bedingungen, unter denen sich vermehrt Partikeln bilden. Eine Minimierung des Partikelaustrittes kann durch eine möglichst vollständige Verbrennung erreicht werden, was wiederum die Entstehung von Stickoxiden begünstigt. Eine gleichzeitige Absenkung beider Emissionswerte durch innermotorische Maßnahmen kann also nur bis zu einem gewissen Grad erreicht werden, so dass eine aufwändige Abgasnachbehandlung notwendig wird. Die Diskussion zur Zukunft des Dieselmotors zeigt, dass eine ganze Technologie in Frage gestellt wird, wenn der Aufwand zur Abgasreinigung ein bestimmtes Maß überschreitet. Die Entscheidung, dass für kleine Motoren der Aufwand zu groß ist, und daher diese Motoren zukünftig nicht mehr angeboten werden, ist bei einigen Kraftfahrzeugherstellern bereits gefällt worden.

Die Emissionen unmittelbar nach dem Motor werden beim Diesel- und Ottomotor häufig durch eine Abgasrückführung zum Teil nachverbrannt. Zukünftig wird erwartet, dass auch beim Benzinmotor mit einer Einspritzung des Kraftstoffs nach dem Dreiwegekatalysator zusätzlich ein Partikelfilter notwendig wird. Beim Dieselmotor werden nach der Abgasrückführung ein Oxidationskatalysator und ein Partikelfilter sowie ein SCR-Katalysator mit Harnstoffeinspritzung notwendig werden.

Moderne Dieselmotoren stellen auch hohe Anforderungen an die Kraftstoffqualität vor der Einspritzdüse, und zwar sowohl hinsichtlich der Partikelkonzentration unterschiedlicher Größenfraktionen als auch hinsichtlich des Wasseranteils. Dadurch sind auch Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Kraftstofffiltration notwendig.

Neuerdings wird verstärkt über das Fehlen einer Abgasnachbehandlung auf Binnen- und Seeschiffen berichtet. Verpflichtende Vorschriften hierzu fehlen. Insbesondere in Städten mit Hafenanlagen und auf Kreuzfahrtschiffen muss daher weiterhin damit gerechnet werden, dass die vorgegebenen Werte der EU-Feinstaubrichtlinie unzulässig überschritten werden (siehe hierzu auch /19/).

4.2 Zunehmende Verwertung biologischer Stoffe

Mit der zunehmenden Nutzung biogener Rohstoffe und der Verwertung der dabei anfallenden Koppelprodukte werden die Anforderungen an die Verfahrenstechnik zu ihrer Aufbereitung und Verarbeitung weiter zunehmen. Die zunehmende Bedeutung der sich daraus entwickelnden Naturstoff-Verfahrenstechnik für die chemische Produktion wird in /20/ behandelt. Es kann erwartet werden, dass sich mit dieser Entwicklung weitere Anwendungen für Separationsverfahren ergeben. Viele der Aufarbeitungs- und Reinigungsschritte laufen nasschemisch ab, so dass im Anschluss daran eine Fest/Flüssig-Trennung und ggf. auch eine Trocknung der Materialien notwendig sind. Verfahren, wie die Zentrifugation, die Filtration, und die Stofftrennung mit Membranen werden an vielen Stellen innerhalb der Prozesse angewendet.

In dieser Ausgabe der Zeitschrift wird auf Seite 196 ein Prozess zur Aufarbeitung von Reststoffen aus der Molkenveredelung vorgestellt, bei dem mittels der Membrantechnik auch die wässrige Phase bis zur Trinkwasserqualität aufbereitet wird. Entscheidend für die Anwendung solcher Prozesse wird die Kostensituation sein. Diese kann wiederum entscheidend von politisch festgesetzten Abfall- bzw. Abwassergebühren und den Steueranteilen bei den eingesetzten Energieträgern abhängen.

4.3 Nachhaltiges Wirtschaften

Man ist sich seit langem bewusst, dass zur Aufrechterhaltung des Wirtschaftssystems in den Industriestaaten der Mensch weltweit massiv in den Naturhaushalt eingreift. Diese Eingriffe sind so groß, dass es Forscher nun für gerechtfertigt halten, von einem neuen Erdzeitalter, dem „Anthropozän“ zu sprechen, in dem das Leben auf der Erde in allen Bereichen vom Handeln des Menschen beeinflusst wird. Sein Einfluss ist so groß, dass erstmals sogar ein anthropogener, also vom Menschen verursachter, Klimawandel einsetzt.

Diese Erkenntnisse unterstützen bei vielen den Wunsch zu einem nachhaltigen Wirtschaften. Ziel dabei ist, die natürlichen Ressourcen, auf denen unsere Existenz beruht, über möglichst viele



Generationen zu erhalten und ggf. sogar wieder zu verbessern. Die Entwicklungen in den Industrieländern zeigen, dass der Verfahrenstechnik und insbesondere der Separationstechnik dabei oft eine Schlüsselrolle zukommt.

Obwohl Kriterien für ein nachhaltiges Wirtschaften hinlänglich in vielen Publikationen beschrieben sind, ist die Wirtschaft in den Industrieländern noch weit entfernt diesen Kriterien der Nachhaltigkeit zu genügen. Es ist jedoch unstrittig, dass die dauerhafte Sicherung der Existenzgrundlagen der Menschheit nur gelingen kann, wenn die Belastungen der Umwelt und der Verbrauch natürlicher Ressourcen drastisch verringert werden. Der Vorstellung der Nachhaltigkeit entspräche es, in einem bestimmten Zeitraum nicht mehr an Umweltressourcen zu verbrauchen als neu gebildet werden. Um diese Balance zu erreichen müssen u. a. viele Prozesse und Produkte verbessert werden. Außerdem müssen u. a. die Energienutzung, die Mobilität und die Nahrungsmittelproduktion den Anforderungen der Nachhaltigkeit gerecht werden. Es muss ein effizienteres Stoffstrommanagement installiert werden. Vieles davon wird nur unter Nutzung der Separationstechnik möglich sein.

Nachhaltigkeit bedeutet für viele jedoch auch, dass die Entscheidungen und das Handeln nicht nur nach Umweltgesichtspunkten zu bewerten sind, sondern, dass auch die damit verbundenen sozialen Auswirkungen zu betrachten sind. Demnach kann die dauerhafte Sicherung der Existenzgrundlagen nur gelingen, wenn das starke soziale Gefälle innerhalb der Länder und über die Landesgrenzen hinweg vermindert

und die Lebensbedingungen der in Armut lebenden Menschen deutlich verbessert werden. So sollen nach den „Leitlinien zur Nachhaltigkeit für die chemische Industrie in Deutschland“, die von den Sozialpartnern 2013 erarbeitet wurden, die Entscheidungen und das Handeln mit einer Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit, guten Arbeitsbedingungen und positiven Beiträgen für die Gesellschaft verbunden sein /21/.

Zusammenfassung

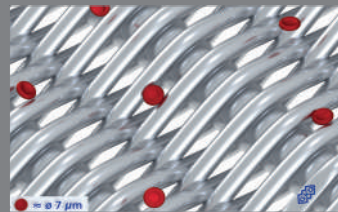
Es wurden einige Entwicklungen beschrieben, die auch für das Gebiet der Filtrations- und Separationstechnik von Bedeutung sind. Sie zeigen, dass sich das Fachgebiet aufgrund von vielen zu erwartenden Veränderungen weiterentwickeln wird, und dass das Anwendungsspektrum aufgrund zukünftiger Aufgaben noch erweitert wird. Es kann erwartet werden, dass die Aufgaben komplexer und oft nur im Verbund mit anderen Disziplinen gelöst werden können.

Literatur:

- /1/ S. Ripperger: Entwicklungen und Trends auf dem Gebiet der Separations- und Filtrertechnik. *Filtrieren und Separieren* 25 (2011), Nr. 1, S. 7-16
- /2/ S. Ripperger: Herausforderung Produktentwicklung. *Filtrieren und Separieren* 27 (2013), Nr. 1, S. 16-18
- /3/ U. Esser: Die ProcessNet - Fachgruppe „Mechanische Flüssigkeitsabtrennung (MFA)“. *Filtrieren und Separieren* 31 (2017), Nr. 3, S. 158-160
- /4/ Die Forschungs-Vereinigung Verfahrens-Technik (GVT e.V.). *Filtrieren und Separieren* 31 (2017), Nr. 3, S. 161-162
- /5/ S. Ripperger: 25 Jahre Fachzeitschrift „Filtrieren und Separieren“ – Eine Rück- und Vorschau auf die Entwicklung einer interessanten verfahrenstechnischen Disziplin. *Filtrieren und Separieren* 26 (2012), Nr. 5, S. 308-316
- /6/ D. Hund, K. Schmidt, S. Ripperger: Numerische Berechnung der Strömung und der Partikelabscheidung in Filtergeweben. *Filtrieren und Separieren* 28 (2014), Nr. 4, S. 221-225
- /7/ S. Ripperger, K. Schmidt: Entwicklung von Geweben als Filtermedien unter Berücksichtigung der numerischen Strömungssimulation. *Filtrieren und Separieren* 29 (2015), Nr. 6, S. 378-381
- /8/ S. Ripperger: Industrie 4.0 und mögliche Auswirkungen auf die Produktions- und Prozesstechnik. *Filtrieren und Separieren* 30 (2016), Nr. 1, S. 6-12
- /9/ U. Sandler: PLM und die Zukunft der digitalisierten Industrie. München, 1. September 2016; unter: www.plmportal.org; aufgerufen am 29.12.2016
- /10/ „IT Seminar Filtrertechnik“, Mannheim 23./24.5.2017; Seminarunterlagen, Hrsg.: IT for Engineering (it4e) GmbH
- /11/ Pressemitteilung des Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) vom 17. März 2017 (siehe www.vdi.de)
- /12/ „White Paper Modular Plants“, Hrsg.: ProcessNet Arbeitskreis „Modulare Anlagen“, Januar 2017, abrufbar unter „www.dechema.de“
- /13/ „Deutsche Wasser- und Abwassertechnik 2016“; Mitteilung des VDMA vom 28.04.2017
- /14/ H. Lyko: Wasseraufbereitung für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie - Bericht von der 14. Wasser- und Abwassertagung des VDMA. *Filtrieren und Separieren* 31 (2017), Nr. 3, S. 189-194
- /15/ „Geschäftsbericht 2015-2016 der Allgemeine Lufttechnik“ veröffentlicht zur Mitgliederversammlung am 30./31.03.2017 unter www.vdma.org
- /16/ S. Ripperger: Technisches Recht zur Anlagentechnik Teil 1: Europäische Regelungen *Filtrieren und Separieren* 30 (2016), Nr. 4, S. 218-223 Teil 2: Deutsche Rechtsvorschriften *Filtrieren und Separieren* 30 (2016), Nr. 5, S. 303-308 Teil 3: Die neue Druckgeräterichtlinie und ihre Umsetzung in deutsches Recht *Filtrieren und Separieren* 30 (2016), Nr. 6, S. 393-397 Teil 4: Bedeutung des Qualitätsmanagements *Filtrieren und Separieren* 31 (2017), Nr. 1, S. 20-26
- /17/ „Die Welt im Wandel – Großanlagenbau muss flexibel agieren können“; Mitteilung des VDMA vom 27.03.2017
- /18/ Ripperger, M. Stintz, L. Hillemann: Filtersysteme zur Abgasreinigung von Dieselmotoren. *Filtrieren und Separieren* 18 (2004) 1, 6-12
- /19/ S. Ripperger: Separationsverfahren auf Schiffen und Offshore-Einrichtungen. *Filtrieren und Separieren* 28 (2014), Nr. 2, S. 84-89
- /20/ S. Ripperger: Zukünftige Bedeutung der Naturstoff-Verfahrenstechnik für die chemische Produktion. *Filtrieren und Separieren* 28 (2014), Nr. 1, S. 25-28
- /21/ „Leitlinien zur Nachhaltigkeit für die chemische Industrie in Deutschland“ 29. Mai 2013 abrufbar unter „www.vci.de“

TECHNISCHE WEBEREI FÜR
INDUSTRIE + ARCHITEKTUR

GKD WORLD WIDE WEAVE



INDUSTRIEGEWEBE/FILTER UND PROZESSBÄNDER

Zuverlässige und präzise Filter- und Prozessbandlösungen aus technischen Kunststoff- und Metallgeweben. Durchsatzoptimiert durch Simulationssoftware. Wartungsfreundlich und 24/7 Service der Prozessbandlösungen.

ANSPRECHPARTNER:
Geschäftsbereich Prozessbandgewebe: weaveinmotion@gkd.de
Geschäftsbereich Industriegewebe: solidweave@gkd.de

GKD – GEBR. KUFFERATH AG
Metallweberstraße 46 | D – 52353 Düren | www.gkd.de