

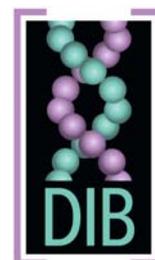


F&E-Strategie Chemie und Biotechnologie für gesellschaftliche Bedürfnisfelder

**Nationaler Implementierungsplan
der europäischen Technologieplattform
Sustainable Chemistry (SusChem)**

September 2006

erarbeitet durch:



Einleitung.....	3
F&E-Strategie Chemie und Biotechnologie für gesellschaftliche Bedürfnisfelder	5
1 Energie.....	5
1.1 Energiebereitstellung	5
1.1.1 Biokraftstoffe und Verfahren zu deren Herstellung	5
1.1.2 Photovoltaik	6
1.1.3 Wasserstofferzeugung und Brennstoffzellen	7
1.1.4 Windkraft	8
1.2 Effiziente Energienutzung.....	9
1.2.1 Effiziente Leuchtstoffe und Leuchtssysteme.....	9
1.2.2 Wärmedämmung	9
1.3 Energiespeicherung.....	10
1.3.1 Batterien	10
1.3.2 Wasserstoffspeicher	11
1.3.3 Superkondensatoren	11
2 Gesundheit und Ernährung.....	12
2.1 Parallele und schnelle molekulare Diagnostik.....	12
2.2 Biomedizinische Implantate	13
2.3 Materialentwicklung für Wirkstoffabgabe und Therapie	13
2.4 Feinchemie für Lebensmittelzusatzstoffe und bioaktive Verbindungen	14
2.5 Enantiomerenreine Wirkstoffe und Zwischenprodukte sowie deren effektive Synthese.....	15
2.6 Biotherapeutika	17
3 Erschließung alternativer Rohstoffquellen	18
3.1 Erdgas und Kohle	18
3.2 Nachwachsende Rohstoffe.....	18
3.2.1 Bulkchemikalien.....	20
3.2.2 Spezial- und Feinchemikalien, Pharmaka und -vorstufen.....	21
3.2.3 Konsumgüter (Kosmetik-, Homecare-, Textil-, Papier-, Leder-, Verpackungsindustrie).....	21
3.2.4 Polymere	22
4 Informations- und Kommunikationstechnologie.....	23
4.1 Neue Materialien für die Informations- und Kommunikationstechnologie	23
4.2 Optische Technologien (Photonik)	24
5 Nachhaltige Konsumgüter zur Verbesserung der Lebensqualität	25
5.1 Katalytische/Photokatalytische Haushaltsanwendungen	25
5.2 Molekulares Design für Nachhaltigkeit	26
5.3 Produktdesign - Formulierung	27
6 Schutz der Umwelt und Ressourcenschonung.....	28
6.1 Alternative Lösungsmittel und lösungsmittelfreie Prozesse	28
6.2 Optimierung des Betriebs von Anlagen – Prozeßführung	29
6.3 Prozeßintensivierung	30
6.3.1 Prozeßintegration	30
6.3.2 Gezielter Energieeintrag und unkonventionelle Energieformen.....	31
6.3.3 Lokale Prozeßkontrolle durch Sensoren und Prozeßanalytoren.....	32
7 Mobilität/Transport	33
7.1 Materialentwicklungen für Hybridantriebs-Fahrzeuge	33
7.2 Ökoeffiziente Materialien für den Fahrzeugbau.....	34
7.3 Abgasbehandlung zur Luftreinhaltung.....	34
8 Sicherheit	35
8.1 Nicht-invasive analytische Methoden und Sensorik	35
8.2 Zivile Sicherheit durch innovative Materialien	36
Anhang.....	38

Einleitung

Die Entwicklung neuer Technologien ist essentiell für die Zukunft Deutschlands und Europas. Chemie und industrielle Biotechnologie spielen hierbei eine besondere Rolle, da sie die Grundlagen für neue Entwicklungen in zahlreichen nachgelagerten Branchen liefern. Hiermit leisten sie direkt und auch indirekt wesentliche Beiträge zur Lösung aktueller gesellschaftlicher Herausforderungen, wie z.B. der Alterung der Bevölkerung in Europa oder der Verknappung der Ressourcen.

Die Chemie und die industrielle Biotechnologie liefern aber auch wesentliche Beiträge zu weiteren Forderungen, die in der Lissabon-Strategie dargelegt sind. Neben der Bereitstellung hochqualifizierter Arbeitsplätze sind sie wesentliche Faktoren für eine nachhaltige Entwicklung Deutschlands und Europas. Die chemische Industrie in Deutschland beschäftigt rund 440 Tausend Mitarbeiter und trägt 24 % des europäischen Chemieumsatzes bei. Somit ist sie ein maßgeblicher Faktor für den Erhalt und den Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft.

Im Rahmen der europäischen Technologieplattform Sustainable Chemistry (SusChem) wird derzeit auf der Grundlage des Vision Paper und der Strategic Research Agenda ein Implementation Action Plan erarbeitet, in dem unter anderem F&E-Prioritäten für das 7. Forschungsrahmenprogramm der EU definiert sind. Auf der Basis dieser europäischen Initiative wurde gemeinsam von DECHEMA (Gesellschaft für chemische Technik und Biotechnologie), VCI (Verband der chemischen Industrie), GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker) und DIB (Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie) eine deutsche Aktivität zur Erarbeitung eines Nationalen Implementierungsplans ins Leben gerufen. Wichtigstes Ziel dieser Aktivität ist es, die im internationalen Umfeld identifizierten prioritären Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Hinblick auf die spezifische Situation Deutschlands zu analysieren. Hieraus werden Empfehlungen für die deutsche Forschungsförderung erarbeitet.

Die Erarbeitung der Themen wurde in drei Arbeitsgruppen vorgenommen:

- Materialtechnologie
- Reaktions- und Prozeßtechnik
- Industrielle Biotechnologie

In diesen Gruppen, denen jeweils ausgewählte Fachleute angehören, wurden prioritäre Forschungsthemen identifiziert, die Bedeutung der Thematik für Deutschland herausgearbeitet sowie die Plattform- oder Querschnittstechnologien definiert, die zur Bearbeitung der Themen notwendig sind. Die so identifizierten Forschungsthemen wurden an folgenden gesellschaftlichen Bedürfnisfeldern ausgerichtet:

- Energie
- Gesundheit und Ernährung
- Erschließung alternativer Rohstoffquellen
- Informations- und Kommunikationstechnologien
- Nachhaltige Konsumgüter zur Verbesserung der Lebensqualität
- Schutz der Umwelt und Ressourcenschonung
- Mobilität/Transport
- Sicherheit.

Die in dem Dokument dargestellten prioritären Forschungsthemen befinden sich in zahlreichen Fällen an der Schnittstelle zwischen den molekularen Naturwissenschaften, Materialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. Insbesondere an diesen Schnittstellen ergibt sich ein hohes Innovationspotential, aus dem sich ein wissenschaftlicher, technologischer und wirtschaftlicher Vorsprung für Deutschland im globalen Wettbewerb erarbeiten läßt.

Innovationen bauen zu einem wesentlichen Teil auf Querschnittstechnologien, wie z.B. der Nanotechnologie, der Biotechnologie oder der Produktionstechnologie auf. Die Bedeutung dieser Querschnittstechnologien wird auch in der vom BMBF kürzlich veröffentlichten „Hightech-Strategie für Deutschland“ herausgestellt. In diesem Dokument sind die Plattform- oder Querschnittstechnologien als notwendige Basis zur Umsetzung der identifizierten Forschungsfelder aufgeführt. Zur Erreichung der in diesen Forschungsfeldern definierten Ziele ist eine substantielle Forschungsförderung auch dieser Querschnittstechnologien zwingend erforderlich.

Vor dem Hintergrund der Globalisierung der Chemie und ihrer Dienstleistungen und der dadurch zunehmend notwendiger werdenden Flexibilisierung ist eine Konzentration der Forschungsförderung auf die in diesem Papier identifizierten interdisziplinären und hochinnovativen Themen essentiell. Nur durch gemeinsame und fokussierte Anstrengungen von Wissenschaft, Industrie und staatlichen Förderorganisationen können diese Ideen zu Innovationen umgesetzt werden, um damit einen Beitrag zu leisten, daß der Standort Deutschland weiterhin zur Weltspitze gehört und die Lissabon-Ziele erreicht werden.

Um die enormen technisch-wissenschaftlichen Herausforderungen meistern zu können, sind über die aktuelle Förderung hinaus geeignete forschungs- und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen erforderlich, deren Schaffung von den Mitgliedern der Arbeitsgruppen dringend eingefordert wird. An erster Stelle sind hier geeignete Ausbildungsmaßnahmen zu nennen, um mit hervorragend qualifizierten Nachwuchswissenschaftlern die Umsetzung und Implementierung der innovativen Forschungsthemen vorantreiben zu können. Des weiteren dürfen auch bei einer innovationsgetriebenen Forschungsförderung die Bedürfnisse der ideengebenden Hochschulen nicht vernachlässigt werden, deren Beteiligung an den Förderprogrammen gesichert sein muß. Ihnen obliegt ganz wesentlich auch der erfolgskritische Teil der interdisziplinär ausgerichteten Aus- und Weiterbildung. Die fundamentale Bedeutung der Hochschule als Bildungselement in dieser durch Interdisziplinarität geprägten F&E Landschaft kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Die enge Kooperation zwischen Wissenschaftlern und Ingenieuren verschiedener Disziplinen ist von entscheidender Bedeutung für das Identifizieren und Realisieren von Innovationspotentialen und muß deshalb organisiert und koordiniert werden. Es ist zu überlegen, ob diese Aufgabe als strategische Voraussetzung in besonderen industriebegleiteten Förderprogrammen einer thematischen Projektförderung vorgelagert werden muß. Von gleicher Bedeutung ist die maßgebliche Beteiligung innovativer kleiner und mittelständischer Unternehmen, die nicht nur ca. 90 % der Chemie-, Apparate- und Anlagenbauunternehmen in Deutschland ausmachen, sondern denen insbesondere beim Transfer des generierten Wissens in die Praxis eine hohe Bedeutung zukommt. In diesem Kontext ist auch die ständig wachsende, chemie-basierte Start-up Szene in Deutschland zu sehen.

Das vorliegende Dokument faßt die intensive und breit angelegte Diskussion in den drei genannten Arbeitsgruppen zusammen. Es stellt damit einen wichtigen Meilenstein in der konkreten Definition der Implementierungsmaßnahmen dar. Die weitere Verfeinerung und Priorisierung ist auf dieser Basis durch Rückkopplung mit einem größeren Kreis von Fachleuten und Vertretern von Forschungsförderorganisationen zeitnah möglich. In einem kontinuierlich geführten Dialog mit Fachleuten aus Industrie, Hochschule und staatlichen Organisationen kann damit effizient ein weitgehender Konsens hinsichtlich der für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands wichtigsten Forschungsthemen und Maßnahmen in der Chemie und der industriellen Biotechnologie erreicht und deren Umsetzung klar strukturiert vorangetrieben werden.

F&E-Strategie Chemie und Biotechnologie für gesellschaftliche Bedürfnisfelder

1 Energie

1.1 Energiebereitstellung

1.1.1 Biokraftstoffe und Verfahren zu deren Herstellung

Die Europäische Richtlinie 2003/30/EG, wonach bis zum Jahr 2010 5,75% biogene Kraftstoffe den konventionellen Kraftstoffen zugemischt werden sollen, schafft einen Markt für Biokraftstoffe in Europa, dessen Bedarf durch Importe derzeit nicht gedeckt werden kann, da es weltweit keinen Produzenten gibt, der entsprechende Mengen liefern könnte. Flüssige oder gasförmige Kraftstoffe werden auch mittel- bis langfristig benötigt, weil es im Bereich Mobilität keine technisch reife Alternative zu Verbrennungsmotoren gibt.

In den derzeit bestehenden und entstehenden Anlagen werden Biokraftstoffe produziert, die nur aus einem Teil der ursprünglichen pflanzlichen Biomasse erzeugt werden (Biokraftstoffe der 1. Generation). Mittel- bis langfristig muß es das Ziel sein, die gesamte pflanzliche Biomasse zur Gewinnung von Biokraftstoffen für Transport und Mobilität nutzen zu können (Biokraftstoffe der 2. Generation).

Bedeutung

Die weltweit stark differierenden Herstellungskosten (EtOH Brasilien, 22 ct/l, EtOH Deutschland, 55 ct/l) sind aufgrund der derzeitigen Bedarfssituation aktuell kein Argument gegen den Produktionsstandort Deutschland. Folgerichtig werden in Deutschland und Europa derzeit in großem Maßstab Produktionskapazitäten für Biodiesel und Ethanol installiert. Technologisch reif ist derzeit einzig die Herstellung von Biodiesel aus Pflanzenölen auf der einen Seite und die fermentative Gewinnung von Ethanol als Ersatz oder Beimischung für Otto-Kraftstoffe auf der anderen Seite.

Der größte Produzent von Ethanol in Deutschland plant im Jahr 2007 rd. 7% Marktanteil in Europa zu erzielen.

Deutschland verfügt über starke Kompetenz in der Pflanzengenomforschung. Im Anlagenbau für bioverfahrenstechnische Prozesse bieten deutsche Unternehmen ihre Technologie sehr erfolgreich am Weltmarkt an und gehören zu den weltweiten Markt- und Technologieführern. Zusammen mit einer leistungsfähigen Landwirtschaft ergeben sich wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen in Deutschland.

Forschungsthemen

- Verbesserung von Biokatalysatoren (Mikroorganismen und Enzyme), die z.B. die Verwertung von Ganz-Pflanzen ermöglichen oder die Produktivitäten erhöhen
- Forschungsarbeiten im Bereich des Engineerings (z.B. „Lean“-Fermentation, Produktabtrennung)
- Forschungsarbeiten an Pflanzen (z.B. Pflanzenbiotechnologie, Verwertbarkeit erhöhen, Biomasseertrag steigern).
- Verfahrensoptimierung für mehrstufige Umwandlung von Biomasse durch Pyrolyse/Vergasung und Verflüssigung; Ausbeutemaximierung und Minimierung von Umwandlungsverlusten und Kosten
- Weiterentwicklung/Anpassung des Fischer-Tropsch-Prozesses auf der Basis nachwachsender Rohstoffe; Guard-Konzepte zur Synthesegasreinigung und verbesserte schadstoffresistente Katalysatoren

- Energieeffizientere Produktionsprozesse für Bioethanol; insbesondere Downstream-Prozesse zur Abtrennung und Aufkonzentrierung aus Fermentationsbrühen oder nach dem Rektifikationsschritt, z.B. durch Membranverfahren (vgl. 6.3.1)
- Weitere Fermentationsprodukte als Zielprodukte (Beispiel: Butanolderivate als ETBE-Ersatz oder Biogas mit bereits realisierter Ganzpflanzenverwertung) als Biokraftstoff (Gasfahrzeuge)
- Kombination der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe mit Konzepten der stofflichen Nutzung (vgl. Kap. 3.2)
- Weiterverfolgung von Optionen zur biotechnischen Wasserstoffherzeugung und zur Erzeugung von Methan aus CO₂ und Sonnenlicht
- Nachweis der wirtschaftlichen Praktikabilität technischer Verfahrensalternativen im BTL (Biomass to Liquid)-Bereich und vergleichende Betrachtung von alternativen Verfahrensentwicklungen

Erforderliche Plattformtechnologien

Fluidverfahrenstechnik, Membrantechnologie, Prozeßsynthese und –modellierung, Fermentationstechnologie, Prozeßintensivierung, Verbesserte Katalysatoren, Bioprozesse, Pflanzenbiotechnologie, Ökoeffizienzvergleich von biotechnischen mit physikalisch/chemischen Verfahrensalternativen

1.1.2 Photovoltaik

Solarzellen stellen eine umweltverträgliche und elegante Alternative bzw. Ergänzung zur Stromgewinnung aus fossilen Energieträgern dar. Aus diesem Grunde sind Forschungsaktivitäten zu neuen Materialentwicklungen auf diesem Gebiet von erheblicher energiestrategischer Bedeutung. Die kostengünstige Herstellung von Solarzellen mit erhöhter Effizienz und Lebensdauer ist ein wichtiger Beitrag zur Senkung der Energiekosten und zur Verteidigung der in diesem Markt erarbeiteten Führungsposition.

Bedeutung

In Deutschland werden weltweit die meisten Photovoltaikanlagen installiert, Deutsche Hersteller von Solarzellen sind nach Japan (Sharp) führend (2005: Q-Cells mit 166 MW weltweit auf Platz zwei, Schott Solar mit 95 MW auf Platz sechs, Deutsche Cell mit 38 MW auf Platz zwölf. Der Weltmarktanteil Deutschlands in der Photovoltaik liegt bei ca. 25%.

Forschungsthemen

Die photovoltaische Energiewandlung ist bislang wegen der Herstellungskosten der Solarmodule im Vergleich zu herkömmlichen Kraftwerken deutlich teurer, auch ist die Siliziumknappheit langfristig ein begrenzender Faktor, da bisher die meisten Solarzellen aus kristallinem Silizium hergestellt werden. Folgende Forschungsthemen haben daher höchste Priorität:

- Entwicklung amorpher Silizium-Hybridmaterialien für Solarzellen
- Effiziente Farbstoffsolarzellen, verbesserte Chromophore
- Dünnschicht-Silizium-solarzellen und andere Dünnschichtsysteme (z. B. CIS-(Kupfer-Indium Diselenid)-basierte Solarzellen)
- III-V Konzentratorenzellen mit Konzentrationsfaktoren von 500 bis 1000
- Hetero-junction Systeme, rein organische / polymere Festkörperzellen
- Neue Materialien für verbesserte, effizientere und kostengünstigere Stromableitung und höhere Lebensdauer

Erforderliche Plattformtechnologien

Materialtechnologie und Nanotechnologie, Entwicklung von Herstellungsprozessen neuer Materialien und Scale-up in den industriellen Maßstab, Verbindungstechnik, Modellierung und Simulation

1.1.3 Wasserstoffherzeugung und Brennstoffzellen

Wasserstoff ist ein gut transportierbarer und in großen Mengen - in verflüssigter Form - relativ leicht lagerbarer Energieträger, der in verschiedenen Wandlern in End- oder Nutzenergie umgewandelt werden kann.

Für die Realisierung einer Wasserstoff-Energiewirtschaft kommt der Katalyse eine grundlegende strategische Bedeutung zu. Fast alle Ansätze für Wasserstoffanwendungen in mobilen Systemen beruhen in mindestens einem Schlüsselschritt auf katalytischen Umsetzungen (insbesondere bei der Reformierung). In der Wasserstoffspeicherung auf der Basis von Leichtmetallhydriden sind Katalysatoren zum schnellen Be- und Entladen erforderlich. Langfristige Forschungsansätze zur CO₂-neutralen Wasserstoffherzeugung erfordern neue photokatalytische oder biokatalytische Verfahren.

Brennstoffzellen spielen zukünftig eine wichtige Rolle in der dezentralen Energieversorgung, z.B. im Gebäudebereich, im Automobilsektor und in mobilen Elektronikanwendungen (Laptops, Mobiltelefone etc.).

Den Vorzügen von Wasserstoff als Energieträger stehen die Verluste der Erzeugung und Wandlung entgegen. Eine ökonomische Wasserstoffwirtschaft kann nur implementiert werden, wenn die Erzeugung aus Überschussstrom und regenerativen Quellen, der Transport mit minimalen Verlusten und die Wiedergewinnung von Exergien aus Wandlungsprozessen gelingt. Trotz zahlreicher vergangener (z.B. „Solar-Wasserstoffprojekt Neuenburg vorm Wald“) und laufender Projekte („HyWindBalance/Deutschland“, „Utsira/Norwegen“, „PEI/ Kanada“, „Supergrid/USA“, ...) sind die Möglichkeiten bei weitem nicht ausgeschöpft und erst am Anfang. Neue Material- und Technologieentwicklungen der jüngsten Zeit (Superisolationen, Supraleitungen, Mikrosystemtechnik, Hochdrucktechnik, -elektrolyse) ermöglichen neue Optionen, wie beispielsweise den hybriden Energietransport in Multifunktionskabeln (siehe z.B. Supercable und Supergrid in den USA). Mittelfristig sollen Infrastruktursysteme befähigt werden, Wasserstoff als ergänzenden Energieträger zum Strom einzuführen.

Bedeutung

Die deutsche Brennstoffzellen-Industrie ist die größte in Europa und gehört zu den führenden in der Welt. Ca. 350 Organisationen sind in Deutschland in diesem Bereich tätig, das Aktivitätsspektrum reicht von der Entwicklung von Katalysatoren und Membranen über Brennstoffzellentechnologie bis zu Wasserstofftankstellen. Strategisch bedeutsam ist die Erschließung der Wasserstoffwirtschaft und eine führende Position in der Brennstoffzellentechnologie für die exportorientierte deutsche Automobilindustrie.

In Abgrenzung zu „kontinentalen“ Konzepten von Wasserstoffinfrastrukturen und Fernübertragungen mit Supraleitern (z.B. LIPA / USA) sollte Deutschland sich auf die Entwicklungen marktnaher dezentrale Systeme fokussieren, die in bestehende Infrastrukturen eingebunden oder/und von Insellösungen ausgehend sukzessiv aufgebaut werden können. Hierfür sind Komponenten und Systemlösungen zu entwickeln:

Forschungsthemen

Erforderliche Forschungsbereiche für eine wettbewerbsfähige Wasserstoffwirtschaft und Brennstoffzellenindustrie beinhalten:

- Bereitstellung von genügend aktiven und stabilen Katalysatorsystemen für die Reformierung von Kohlenwasserstoffen in dezentralen Systemen, für Heizungen oder die on-board-Erzeugung von Wasserstoff in Automobilen
- Dezentrale, klimaneutrale Wasserstoffherzeugung aus Anbau-Biomasse (Rapsöl, Cellulose, Stärke, etc.) oder der Verwertung sekundärer Einsatzstoffe (Bio-Öl, Ligninabfälle, etc.) über autotherme Reformierung
- Photokatalytische Wasserspaltung mit neuen Katalysatorsystemen, um den für die Wasserstoffwirtschaft benötigten Wasserstoff einfach bereitstellen zu können

- Brennstoffzellen: Protonenaustauschmembranen mit höherer Arbeitstemperatur für selektiven Protonentransport
- Katalysatoren für Anoden- und Kathodenreaktion mit verbesserter Effizienz; Alternativen zu Pt-Metall als Katalysator
- Weiterentwicklung von PEM und SOFC mit höherer Effizienz
- Entwicklung von Produktionsverfahren vom Prototyp bis Serienproduktion
- Biokatalytische Wasserstoffherstellung (Hydrogenasen)
- Materialien für Multifunktionskabel („Umbilical“), wie thermische Superisolationen für kryogenen Brennstofftransport in Leitungen
- Im Kabel verarbeitbare Hochtemperatur-Supraleiter
- Integrierte Stoff-Energiewandler (z.B. gekoppelte H₂-Elektrolyse/Verflüssigung, Elektrolyse/Reforming)
- Katalysator und Reaktionskonzepte für o-p-Phasenwandler
- Integrierte thermoelektrische Systeme

Erforderliche Plattformtechnologien

Membrantechnologien, Katalyse, Nanotechnologie, Analytik, Assemblierungsprozesse, Modellierung und Simulation, multifunktionelle Reaktoren, neue Reaktionsmedien, neue Katalysatoren u. Trägermaterialien, elektrochemische Synthese, High-Throughput Methoden, in situ Charakterisierung, Mikrosystemtechnik, Elektrochemie, Kryotechnik, Elektro-/ Meß- und Regeltechnik, Fertigungstechnik

1.1.4 Windkraft

Zum wirtschaftlichen Einsatz von Windkraft in Deutschland ist die Weiterentwicklung von Offshore-Anlagen und die Installation entsprechender Windkraftanlagen auf dem offenen Meer erforderlich. Eine wesentliche Voraussetzung sind die Weiterentwicklung von Werkstoffen entsprechend den hohen Anforderungen im Offshore-Bereich bezüglich Korrosionsbeständigkeit und mechanischer Stabilität und Konstruktionsverbesserungen insbesondere für die Rotoren. Unterstützend können eingebettete Sensoren eingesetzt werden, um die Stabilität der Anlage zu überwachen.

Bedeutung

Neben der strategischen und umwelttechnischen Bedeutung von Windkraft im Energiemix existiert eine etablierte Herstellerszene von Windkraftanlagen in Deutschland. Der deutsche Marktführer Enercon ist mit 13,2% Weltmarktanteil der weltweit drittgrößte Hersteller von Windkraftanlagen.

Forschungsthemen

- Leichte, korrosionsbeständige Kompositmaterialien und Beschichtungen mit verbesserten tribologischen Eigenschaften
- Eingebettete Sensoren oder sensorische Materialien zur Überwachung der Stabilität und effizienteren Steuerung der Wartungszyklen
- Leichte und robuste Rotorkonstruktionen
- Verbesserte Werkstoffe zu Stromschaltung und –übertragung sowie zur Effizienzsteigerung und Wartungsfreundlichkeit bei Windkraftanlagen
- Speichersysteme (siehe 1.3.1)

Erforderliche Plattformtechnologien

Nanotechnologie, Scale-up von Materialproduktionsprozessen, Analytik, Assemblierungsprozesse, Materialforschung

1.2 Effiziente Energienutzung

1.2.1 Effiziente Leuchtstoffe und Leuchtssysteme

LEDs und OLEDs werden innerhalb der Optischen Technologien (vgl. auch 4.2) zum Technologiefeld Solid-State-Lighting (SSL) gezählt. Lichterzeugung, Auskopplung und Führung von Licht im Vergleich zu anderen Beleuchtungssystemen (Glühlampe) erlauben die Entwicklung und das Design von energiesparenden Beleuchtungssystemen. Solche Beleuchtungssysteme werden innerhalb der nächsten Jahre und Dekaden traditionelle Lampensysteme teilweise ersetzen und vollkommen neue Anwendungen erschließen. LEDs und OLEDs werden zukünftig energiesparende aber auch völlig neuartige Beleuchtungssysteme ermöglichen. Die Erhöhung von Lebensdauer und Effizienz und die verlässliche Umsetzung auf größere und auch flexible Flächen sind die Ziele zukünftiger Forschungsaktivitäten.

Bedeutung

Die meisten Patente zu OLEDs und LEDs sind in Japan registriert, gefolgt von den USA und Europa. Deutschland liegt mit ca. 4,5 % auf Platz drei hinter den USA (mit ca. 22 %). Einige mittelständische Firmen und Start-ups in Deutschland sind im Bereich OLED-Materialien technologisch auf Augenhöhe mit Japan. In den USA wird das Feld Solid-State Lighting intensiv von der DoE (Department of Energy) gefördert. In Deutschland gibt es eine ähnliche Förderinitiative für OLEDs im Rahmen des BMBF und die Leitinnovation NanoLux. Beide Förderinitiativen sollten weitergeführt werden.

Forschungsthemen

- Neue hocheffiziente LEDs auf Basis neuer Substrate zum Ersatz von Glühlampen aller Art
- Erhöhung von Lebensdauer und Effizienzerhöhung von LEDs und OLEDs
- Großflächige photonische Geräte (große LED Bildschirme, große Photovoltaik-Flächen)
- Flexible Bildschirme/Projektionsflächen
- Farbstabilität und weißes Licht
- Kostengünstige Produktionsprozesse
- Neue Leuchtstoffe (Phosphore) und Emittiermaterialien für LEDs
- Optimierung der externen Quantenausbeute durch Verbesserung der Lichtauskopplung
- Bauteile-Architektur für Beleuchtungsanwendungen

Erforderliche Plattformtechnologien

Nanotechnologie, Materialforschung, Scale-up, Molecular Modelling, Simulation, Layertechnologien

1.2.2 Wärmedämmung

Nanoporöse Materialien haben das Potential, als Wärmedämmstoffe mit geringeren Wärmedurchgangskoeffizienten bei gleichzeitig reduzierter Dicke gegenüber herkömmlichen Schaumstoffen zu dienen. Ca. 60 % der thermischen Leitfähigkeit konventioneller Schäume beruht auf Gasdiffusion, die bei Porendimensionen unter 100 nm in Schaumstoffen vernachlässigbar wird. Hauptanwendungsbereich ist die Wärmedämmung für energieoptimiertes Bauen und der Anlagenbau.

Bedeutung

Deutsche Firmen entwickeln und vermarkten mit großem Erfolg technologisch führende bauchemische Produkte. Innovative Wärmedämmstoffe kamen in Deutschland bereits in Demonstrationsprojekten zum Drei-Liter- und Ein-Liter-Haus zum Einsatz, unter Einbindung der

gesamten Wertschöpfungskette von der Bauchemie bis zur Wohnungsbaugesellschaft, welche die Produkte einsetzen.

Forschungsthemen

- Entwicklung von nanostrukturierten/nanoporösen Materialien zur Wärmedämmung (-> Kontrolle der Porengröße im < 200 nm Bereich)
- Scale-up von Herstellungsprozessen nanoporöser Materialien in den Produktionsmaßstab
- Kostengünstige Herstellprozesse für Aerogele
- Synthesen für mechanisch robuste Aerogele und Vakuumisulationspaneele
- Umsetzung in kommerzielle Baustoffprodukte zur Wärmedämmung neuer Gebäude und zur Bestandssanierung
- Integrationsprojekt "Smart Energy Home"

Erforderliche Plattformtechnologien

Nanotechnologie, Materialforschung, Polymertechnik

1.3 Energiespeicherung

1.3.1 Batterien

Der ständig steigende Bedarf nach leistungsfähigen mobilen Energieversorgungssystemen erfordert Batterien mit höherer spezifischer Energiedichte und Leistung, kurzen Lade- und Entladezeiten, sicherem Betrieb und langer Lebensdauer. Neben dem typischen Anwendungsbereich für mobiles elektronisches Equipment sind leistungsfähige Energiespeichersysteme eine essentielle Voraussetzung für die breite Implementierung von dezentralen Energieumwandlern (Photovoltaik, Windkraftträder) aber auch im Transportbereich (Elektro-Hybridfahrzeuge).

Bedeutung

Zur Erreichung eines Technologievorsprunges in Lithium-Großbatterien als Schlüsseltechnologie für den Automobilbau (Elektro- und Hybridfahrzeuge) und erneuerbare Energien ist eine konzertierte Aktion zwischen Industrie und den in Deutschland etablierten Forschungseinrichtungen notwendig. Hierzu bietet sich (nach japanischen Vorbild) die Bildung von Konsortien aus Partnern an, die sich bereits in dieser Thematik engagiert haben, bzw. die konstruktive Beiträge liefern werden. Dieser Prozeß wird über gezielte nationale Fördermaßnahmen ermöglicht und erfolgreich gemacht. Eine Reihe von Unternehmen in Deutschland sind in der Li-Technologie entlang der Wertschöpfungskette (Materiallieferanten-Komponentenhersteller-Zellhersteller-Batterieassembler-Systemintegration-Anwender) engagiert.

Forschungsthemen

- Lithium-Ionen-Akkumulatoren: Fokussierung auf die drei wesentlichen Markterfordernisse: Sicherheit, Performance, Kosten:
 - Elektroden mit deutlicher erhöhter Leistungs- und Energiedichte sowie verbesserter Sicherheit und Kosteneffizienz:
 - neue Kathodenmaterialien für 5V-Systeme
 - Nanostrukturierte Kathodenmaterialien als Alternative zu Lithiumkobaltoxid
 - Alternativen zu konventionellem Graphit als Anodenmaterial (Performance)
 - nanostrukturierte Siliziumkomponenten
 - meso-poröse Kohlenstoffmaterialien
 - neue Elektrolyte mit verbesserter Sicherheit, Performance und Spannungstoleranz:
 - Lösungsmittel, Additive, Leitsalzkonzepte
- Ni-MH Akkumulatoren:

- nanostrukturierte Ni(OH)₂-Kathoden, nanodisperse Beschichtungen für Separatoren
- Verbessertes Zelldesign mit höherer Energiedichte und Haltbarkeit (Toleranz gegenüber mechanischen Belastungen)
- Dünnschichtisolationmaterialien und Produktionsprozesse
- Batteriemanagementsystem und Systemintegration

Erforderliche Plattformtechnologien

Nanotechnologie, Materialforschung, Simulationsrechnungen, Fertigungstechnologien

1.3.2 Wasserstoffspeicher

Die Realisierung einer Wasserstoffwirtschaft und aktuelle Entwicklungen wie Bioprozesse zur Wasserstoffgenerierung aus Biomasse erfordern effiziente und sichere Wasserstoffspeichersysteme. Einige Systeme können mit geringem Anpassungsaufwand auch zur sicheren und effizienten Speicherung von Methan (bzw. Autogas) verwendet werden, z.B. für Traktionsanwendungen im Automobilbereich.

Bedeutung

Die Weiterentwicklung von Wasserstoffspeichern hat große strategische Bedeutung als Technologieplattform für eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft. Verschiedene große Unternehmen, KMU und universitäre Arbeitsgruppen befassen sich mit der Entwicklung von Speichersystemen.

Forschungsthemen

- Praxistaugliche Leichtmetallhydridspeicher, die durch geeignete Katalysatoren eine für den Einsatz in Brennstoffzellen ausreichend schnelle Kinetik aufweisen
- Organisch-anorganische Hybridmaterialien, insbesondere poröse „metal organic frameworks“ (MOFs), oder auch mesoporöse anorganische Oxide mit eingebetteten organischen Makromolekülen
- Nanoporöse Polymere
- Clathrate (z.B. Methanclathrate), Kinetik der Be- und Entladung, Katalyse von Bildung und Zerfall
- Materialien für wasserstoffdichte Drucktanks zur Benutzung ohne und mit Füllung aus Speichermaterialien wie z.B: MOFs oder andere nanoporöse Materialien
- Entwicklung von neuen, sicheren Speichersystemen für gasförmige und flüssige Brennstoffe (siehe auch derzeitige Debatte zur Sicherheit auf Flügen etc.)

Erforderliche Plattformtechnologien

Nanotechnologie, Festkörperchemie, Molecular Modelling, Simulation

1.3.3 Superkondensatoren

Superkondensatoren werden für viele elektronische Anwendungen zur Spannungsunterstützung, zur schnellen Bereitstellung elektrischer Energie (Deckung von Leistungsspitzenbedarf, Batterieschonung), als Leistungspuffer für unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) etc. eingesetzt. Erhebliches Potential besteht für die Automobilindustrie in der Entwicklung von neuen Hybridantrieben und Elektromotoren, aber auch als Energiepuffer für Photovoltaikanlagen.

Bedeutung

Für Superkondensatoren stehen forschungs- und industrieseitig erhebliche Kompetenzen in Deutschland zur Verfügung, die von der Materialentwicklung über Elektrolyte bis zur Systemherstellung reichen. Forschungsprojekte gab es insbesondere bereits für die

Hybridantriebstechnik (vgl. Kapitel 7.1) zwischen einem führenden deutschen Hersteller von Superkondensatoren und der deutschen Automobilindustrie. Das Thema ist in der Förderung der letzten Jahre vernachlässigt worden, so daß Deutschland im internationalen Vergleich, besonders mit Japan, etwas abgerutscht ist. Aufgrund der strategischen Bedeutung für den Forschungs-, Technologie- und Produktionsstandort Deutschland insbesondere in Verbindung mit der Automobilindustrie ist eine Stärkung dieses Technologiefeldes sehr wichtig.

Forschungsthemen

Fokussierung auf die zwei wesentlichen Markterfordernisse: Sicherheit, Performance

- Ionische Flüssigkeiten als Elektrolyte für Superkondensatoren (Sicherheit, Performance)
- Materialentwicklungen für Elektroden mit hohen spezifischen Kapazitäten (Performance)
- Materialentwicklungen für langlebige Hochspannungs-Superkondensatoren (Performance)

Erforderliche Plattformtechnologien

Nanotechnologie, Molecular Modelling, Materialforschung, Fällungs- und Kolloidchemie, Core-Shell-Technologien

2 Gesundheit und Ernährung

2.1 Parallele und schnelle molekulare Diagnostik

Die frühzeitige und schnelle Erkennung und Behandlung von Krankheiten gewinnt vor dem Hintergrund einer alternden Gesellschaft und explodierender Kosten im Gesundheitswesen eine immer höhere Bedeutung. Diagnostische Systeme basierend auf biologischen Sensoren zur Krebsfrüherkennung, Biochips zur Erkennung von Nukleinsäuresequenzen und Proteinen erfordern die Kombination nano-biotechnologischer Methoden zur Konstruktion von Sensoroberflächen und mikroelektronischer Technologien zur Detektion von biomolekularen Wechselwirkungen.

Vor allem das rasant anwachsende Wissen der Biowissenschaften, insbesondere in der molekularen Medizin, muß rasch und effizient technisch umgesetzt werden. Die Nutzung neuer zellphysiologischer und biochemischer Kenntnisse erfordert sowohl innovative Strategien zur molekularen Erkennung und Immobilisierung von Molekülen als auch technische Systeme für die Erkennung molekularer Prozesse. Neben den bislang häufig untersuchten Bindungsprozessen müssen in Zukunft auch komplexe biochemische Reaktionen und deren Kinetik erfaßt werden. Hierfür sind mikro- und nanostrukturierte Biochips mit definierten und gezielt ansteuerbaren Flußkanälen und Reaktionskammern erforderlich. Einen Schwerpunkt bildet dabei die markerefreie und parallele Detektion, zum Beispiel durch neue optische Methoden. Besonders interessant und bedeutend ist die Erkennung von molekularen Veränderungen (zum Beispiel die Expression von Membran- und Glycoproteinen), die entweder als Indikator für krankhafte Prozesse oder sogar als Vorstufe einer Krankheit anzusehen sind. Das betrifft vor allem die Diagnostik von Krankheiten bei denen eine frühzeitige Diagnose und Therapie die Heilungsaussichten deutlich steigert. Als Beispiel seien hier bestimmte Tumorerkrankungen, wie zum Beispiel das Pankreaskarzinom, genannt, die bislang nur im fortgeschrittenem Stadium diagnostiziert werden können.

Bedeutung

In der biochip-basierten Diagnostik hat Deutschland eine führende Rolle mit einer aktiven, zumeist jungen, Unternehmensszene eingenommen. Forschungsseitig sind u.a. verschiedene Forschergruppen der DFG (z.B.: FG 516: Mikro und Nanochemie, FG 434: Oligosaccharid- und DNA-Chips, FG 522: Architektur von nano- und mikrodimensionalen Strukturelementen) und Schwerpunktprogramme (z.B. 1164: Nano- und Mikrofluidik) zu nennen.

Um die bestehende Position zu halten und auszubauen, sind zwingend umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erforderlich.

Forschungsthemen

- Materialien mit spezifischen Strukturerkennungseigenschaften
- Komposit-/Hybridmaterialien (Biomoleküle-Polymere-Metalle), Membranen etc.
- Immobilisierung von Biomolekülen auf Oberflächen, z.B. Metallen
- Molekulare Erkennung und Katalyse; Signalamplifizierung über allosterische Katalyse (SAAC)
- Molekulare Erkennung krankhafter Prozesse auf zellulärer Ebene
- Expression von Membranproteinen
- Analytische/Detektionsmethoden zur markerfreien Detektion
- Mikrofluidische, steuerbare und parallelisierte Biochips
- Systemintegration zum Aufbau komplexer Biochip-Systeme
- Mikro-Makro-Interface

Erforderliche Plattformtechnologien

Materialsynthese, Analytik, Detektionsmethoden, Modellierung, Mikrostrukturierung

2.2 Biomedizinische Implantate

Große Fortschritte durch Materialentwicklungen, insbesondere durch Nanotechnologie, sind bei biomedizinischen Implantaten zu erwarten. Wesentliche Bereiche sind das tissue engineering, künstliche Implantate aber auch die Entwicklung von intrakorporalen Monitoring-Systeme, die eine telemetrische Überwachung von Patienten ermöglichen. Letztere können auch mit intelligenten Wirkstoffabgabesystemen gekoppelt werden.

Bedeutung

Deutschland ist führend in wesentlichen Bereichen der medizinischen Implantate und des tissue engineering. Insgesamt nehmen deutsche Firmen 40 % des Medizintechnik-Marktes in Europa ein. Eine technologische Führungsrolle besteht u.a. für Intraokularlinsen, Knorpelersatz, Knochengewebe, sowie für Keramik- und Polymerimplantate.

Forschungsthemen

- Tissue Engineering (soft and hard tissue): Verbindung von Materialforschung, Zellbiologie und Medizin
- Biokompatible Materialien (Blut- und Gewebe)
- Biokompatible Mikrobatterien für biomedizinische Implantate
- Biokompatible Materialien als Hülle für Li-Ionenbatterien, Lithiumbatterien für spezifische Anwendungen in in vivo Implantaten
- Synthese von biokompatiblen Materialien durch Mikroorganismen
- Biomimetische Materialsynthese

Erforderliche Plattformtechnologien

Interdisziplinäre Materialforschung, Nanotechnologie, Beschichtungstechnologien, Mikrosystemtechnik, Molecular Imprinting, Molecular Modelling, Simulation

2.3 Materialentwicklung für Wirkstoffabgabe und Therapie

Neue Systeme zur Wirkstoffabgabe ermöglichen Wirkstoffformulierungen mit erhöhter Bioverfügbarkeit, stark reduzierten Wirkstoffmengen und gezielter, kontrollierter und sicherer

Freisetzung nach individuellem Bedarf. Sie sind somit Grundlage neuer Therapiekonzepte und neuer galenischer Formen für Medikamente. Einsatzmöglichkeiten von neuen Trägersystemen für Wirkstoffe werden aber auch im Kosmetikbereich und bei Wasch- und Reinigungssystemen gesehen

Bedeutung

Deutschland verfügt über zahlreiche Start-up-Firmen und Forschungsinstitute, die die komplette Bandbreite der Materialentwicklung und –synthese bis zur biomedizinischen Forschung kompetent abdecken.

Forschungsthemen

- Scale-up der Herstellung verschiedener Trägersysteme in den Produktionsmaßstab, z.B. Dendrimere, Mikrokapseln, Nanoröhren etc.
- Wirkstofffreisetzende (z.B. elektrisch leitende) Polymere zur Beschichtung von Stents für die Herzchirurgie
- Selbstreinigende/Antihaft-oberflächenstrukturierte Polymere oder gradientengesteuerte Oberflächenfunktionalisierung (Januspartikel etc, die z. B. während des Herstellprozesses an die Oberfläche wandern und chemische Funktion oder Struktur bilden)
- Funktionalisierte Metallnanopartikel zur Ankopplung an spezifische Biomoleküle zur Tumorthherapie und Wirkstoffabgabe
- Nanostrukturierte anorganische Matrices zur kontrollierten Wirkstoffabgabe in Anwendungsbereichen wie Medizin, Nahrungsmittel, Desinfektion und Antifouling
- Trägersysteme mit exakt eingestellten Eigenschaften, deren Wirkstoffabgabe *in situ* durch lokale Signale (Hormonspiegel, Anwesenheit eines Antikörpers etc.) ausgelöst werden
- Nanoporöse Silica-Xerogele mit definierten physikalischen Eigenschaften (Porendurchmesser, -verteilung, Bioresorbierbarkeit)
- Neue chirale (enantiomerenreine) Polymer- und Dendrimermaterialien mit definierter Zusammensetzung und Struktur als Träger
- Kostengünstige Trägersysteme für die Bereitstellung von Wirkstoffen bei kosmetischen Anwendungen und für Wasch-, Reinigungs- und Oberflächenbehandlungssysteme
- Neue antibakterielle Mikrofiltrationsmembranen, z.B. zur Dialyse

Erforderliche Plattformtechnologien

Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (fundamentales Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Materialien und biologischen Systemen), (kombinatorische) Synthesechemie, Nanotechnologie, (High Throughput-) Analytik, Toxiko- und Pharmakinetik, Molecular Modelling, Materialforschung (Polymere, Biopolymere)

2.4 Feinchemie für Lebensmittelzusatzstoffe und bioaktive Verbindungen

Zusatzstoffe sind von zentraler Bedeutung für die Nahrungsmittelindustrie, da sie Lebensmittel mit definierten Eigenschaften (Farbe, Sensorik) und neuen Funktionalitäten (z. B. gesundheitsfördernd) versehen können. Besondere Bedeutung erhält der Ernährungsbereich vor dem Hintergrund der alternden Gesellschaft in Deutschland und in anderen Industrienationen. Hier entstehen Märkte für Nahrungsmittel mit veränderten Anforderungskriterien, denen auch durch die Entwicklung neuer Nahrungsmittelzusatzstoffe entsprochen werden kann. Deren Herstellung erfordert hochspezifische chemische und biotechnologische Synthesestrategien.

Des Weiteren werden aufgrund der für die nächsten Jahre absehbaren Belastungen für das öffentliche Gesundheitssystem prophylaktische Aspekte der Ernährung im Bereich Public Health immer

bedeutender werden. Hier erschließen sich konkrete Ansatzpunkte zur Entwicklung und Vermarktung funktioneller Lebensmittel.

Bedeutung

Die Lebensmittelindustrie stellt innerhalb des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes eine überaus umsatzstarke Branche dar. Sie ist bezüglich der Beschäftigtenzahlen von vergleichbarer Bedeutung wie der Fahrzeug- und Maschinenbauindustrie und liegt um ein vielfaches über den entsprechenden Zahlen etwa der pharmazeutischen Industrie. Deutschland verfügt im Nahrungsmittelbereich über viele produzierende Unternehmen, von denen einige auch internationales Gewicht haben bzw. über Forschungszentren verfügen. Als überwiegend mittelständisch strukturierte Branche ist die Nahrungsmittelindustrie jedoch auf Kooperationen mit universitären und außeruniversitären Partnern angewiesen.

Forschungsthemen

- Grundlagenforschung zur Identifizierung definierter Targets bioaktiver Inhaltsstoffe sowie zur Bewertung potenzieller Zusammenhänge zwischen Struktur und Wirkung als Basis zur Herstellung neuer Zusatzstoffe
- Identifizierung neuer Ingredients mit neuartigen Eigenschaften, die mit biotechnologischen Methoden herstellbar sind
- Entwicklung von Katalysatoren – Biokatalysatoren, homo- und heterogene Übergangsmetallkatalysatoren, Organokatalysatoren – zur Realisierung von Transformationen, die ohne Katalysator nicht gelingen
- Synergistische Kombination von Katalyse mit neuen Methoden der chemischen Prozeßtechnik
- Vermeidung oder zumindest Verringerung von Nebenprodukten bei vielfach angewendeten konventionellen Reaktionen (z.B. Friedel-Crafts-Reaktionen)
- Reduzierung der Synthesestufen durch Entwicklung von Reaktionskaskaden und Einsatz multifunktionaler Katalysatoren
- Neue Synthesestrategien und Reaktionsklassen
- Neue Methoden für die Umwandlung und chemische Modifikation natürlicher Ausgangsstoffe
- Neue Strategien zur Selektivitätskontrolle (z.B. Matrix-Effekte, supramolekulare Wechselwirkungen)
- Neue reaktionstechnische Konzepte
- Entwicklung geeigneter biologischer Produktionssysteme, *de novo* Herstellung von Produktionsorganismen

Erforderliche Plattformtechnologien

Katalyse, Industrielle Biotechnologie, Katalyse, Hochdurchsatz-Screening, neue Reaktortechnologien (z.B. Mikrostrukturreaktoren), Kombinationsverfahren Bio/Chemie

2.5 Enantiomerenreine Wirkstoffe und Zwischenprodukte sowie deren effektive Synthese

Die Entwicklung von neuen Wirkstoffen im Pharma- und Agrobereich und deren effiziente Synthese und Produktion ist von wesentlicher Bedeutung für die Gesundheit und die Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung. Chiralität ist von überragender Bedeutung für die biologische Wirkung chemischer Produkte in der Medizin, im Pflanzenschutz und bei Nahrungsergänzungsmitteln. Etwa 80% aller Pharmazeutika basieren auf chiralen Verbindungen, aber weniger als die Hälfte davon werden in enantiomerenreiner Form vermarktet. Der globale Umsatz mit enantiomerenreinen Medikamenten hat sich in den letzten fünfzehn Jahren von ca. 40 Mrd US\$ Mitte der 90er Jahre auf

geschätzte 200 Mrd US\$ für das Jahr 2008 verfünffacht. Enantioselektive Synthesewege sind daher von entscheidender Bedeutung für die Wirkstoffentwicklung und -produktion.

Katalytische Verfahren bieten in vielen Fällen den ökonomisch und ökologisch vorteilhaftesten Zugang zu enantiomerenreinen Produkten. Eine Vielzahl molekularer Transformationen mit breiter Anwendbarkeit in der Wirkstoffsynthese läßt sich jedoch noch nicht mit ausreichender Effizienz steuern und neue Synthesekonzepte und Katalysatoren müssen entwickelt werden, um dieses Potential auszuschöpfen. Neben der Nutzung von Biokatalysatoren und metallorganischen Katalysatoren gewinnt die Organokatalyse mit kleinen metallfreien Molekülen als Katalysatoren rasch wachsende Bedeutung. Eine besondere Herausforderung besteht in der frühzeitigen Integration von molekularen und reaktionstechnischen Konzepten, um lange Entwicklungszeiten bei der Implementierung attraktiver Synthesestrategien zu vermeiden. Da vollständig enantioselektive Reaktionen, die für eine aufreinigungsfreie Produktion von Pharmazeutika notwendig wären, nicht in Sicht sind, muß eine postsynthetische Aufreinigung durch Kristallisation, Chromatographie oder geeigneten Kombinationen erfolgen. Hier sind Forschungsarbeiten zur Prozeßintegration und -intensivierung sinnvoll, um die Prozeßökonomie zu verbessern.

Bedeutung

Das Auffinden neuer Leitstrukturen und die Herstellung enantiomerenreiner Wirkstoffe und Wirkstoffintermediate ist für die deutsche Industrie im Bereich Pharmazeutika und Agrochemikalien aktuell und langfristig von strategischer Bedeutung. Dies erfordert eine stetige Innovation im Bereich der molekularen Strukturen und Transformationen ebenso wie die Erforschung neuer Produktionstechnologien, um im globalen Wettbewerb einen Technologievorsprung zu behaupten. Die erfolgreiche und international hoch kompetitive Grundlagenforschung auf dem Gebiet der asymmetrischen Katalyse in Deutschland bietet eine hervorragende Ausgangsbasis in diesem Wettbewerb.

Eine Reihe sehr erfolgreicher langfristiger und überregionaler Forschungsaktivitäten hat zur Ausprägung einer starken und gut vernetzten nationalen Forschungslandschaft geführt. Zu nennen sind z.B. das Schwerpunktprogramm der DFG „Organokatalyse“, der SFB 380 „Asymmetrische Synthesen mit chemischen und biologischen Methoden“, oder auch die WING Verbundprojekte „ChirAmAl“ und „SILP“.

Forschungsthemen

- Neue Synthesestrategien und Reaktionsklassen ("beyond hydrogenation")
- Neue Lösungsansätze bei der enantioselektiven Einführung bestimmter Funktionalitäten (Hydroxy-, Amino-, Carbonyl-, und Carboxylgruppen)
- Enantioselektive C-C Kupplungsreaktionen
- Ausarbeitung von Synthese-Verfahren, in denen biokatalytische und chemo-katalytische Prozesse vorteilhaft kombiniert werden
- Reduzierung der Synthesestufen durch Einsatz multifunktionaler Katalysatoren
- Entwicklung von hochselektiven und gleichzeitig kostengünstigen Liganden sowie neuartigen biomimetischen Katalysatoren für die asymmetrische Katalyse
- Neue Strategien zur Selektivitätssteuerung (z.B. Trägermaterialien, Lösungsmittel, Anioneneffekt, weitreichende Wechselwirkungen)
- Synthetische Biologie (*de novo* Herstellung von Produktionsorganismen)
- Neue verfahrenstechnische Konzepte (z.B. alternative Lösungsmittel als Reaktionsmedien, continuous-flow asymmetric catalysis, miniaturisierte Anlagen, integrierte Reaktions- und Trennverfahren)
- Beschleunigung der Identifizierung neuer Leitstrukturen durch pharmakokinetische Simulation (in silico ADME) auf dem Qualitätslevel von in-vivo Experimenten

Erforderliche Plattformtechnologien

Synthese und Synthesestrategien, Katalyse, Hochdurchsatzmethoden, Reaktionstechnik und Reaktortechnologien, Materialforschung

2.6 Biotherapeutika

Neben den niedermolekularen Wirkstoffen haben sich in der letzten Dekade zunehmend biologische Moleküle in therapeutischen Anwendungen durchgesetzt. Dies hat unter anderem mit der höheren Erfolgsrate von Biotherapeutika in den späteren klinischen Prüfphasen zu tun.

In 2004 wurden 38 Biopharmazeutika gegenüber nur 7 nichtbiologischen Präparaten zugelassen, was dem generellen Trend der letzten 10 Jahre entspricht. Zu Beginn des Jahres 2005 waren mehr als 1600 Biopharmazeutika-Kandidaten weltweit in verschiedenen Stufen der Entwicklung, davon mehr als 500 in Phase I & II der klinischen Prüfung. Hiervon wiederum waren ca. 40% monoklonale Antikörper.

Um die Entwicklungskosten für innovative Pharmazeutika nicht weiter steil ansteigen zu sehen, ist u.a. eine schnellstmögliche Überführung von Ergebnissen der Proteomforschung in pharmazeutisch verwertbare Entwicklungs- und Produktionsstrategien anzustreben.

Bedeutung

Der Bedarf an Therapeutika wird mit zunehmendem Alter der Bevölkerung steigen. Reduzierung der Risiken bei der Arzneimittelentwicklung durch selektivere Screeningstrategien aufgrund besseren Verständnisses systembiologischer Aspekte sowie zeit- und kosteneffiziente Produktionsstrategien sind unabdingbare Voraussetzungen für eine Implementierung von „personalized medicine“ Konzepten. Diese hätten den enormen Vorteil, daß durch gezielte Ausrichtung der Medikation auf spezifische Patientengruppen unerwünschte Nebenwirkungen erheblich reduziert werden könnten.

Dies ist ökonomisch jedoch nur bei erheblich reduzierten Entwicklungs- und Produktionskosten durchführbar. Daher besteht eine intrinsische Motivation zur Realisierung solcher Ansätze, um mittel- bis langfristig zu kontrollierbaren und finanzierbaren Gesundheitssystemen zu gelangen.

In Deutschland ist die Herstellung von Biopharmazeutika bis dato nur in bescheidenem Umfang vorhanden. In jüngster Zeit haben sich jedoch vermehrt Unternehmen für den Produktionsstandort Deutschland auch für Biopharmazeutika entschieden. Durch Bereitstellung entsprechend qualifizierter Mitarbeiter für F&E und Produktion sowie durch Forschung zur Entwicklung neuer dringend notwendiger Bioprozeßtechnologie bestehen sehr gute Aussichten, in diesem Sektor weitere Hochwertproduktionen in Deutschland anzusiedeln.

Forschungsthemen

- Proteomforschung mit Schwerpunkt Biomarkeridentifizierung
- Parallelisierte, automatisierte Analytikstrategien mit der Fähigkeit zur orts-/zeit-aufgelösten Zustandsbeschreibung von biologischen Systemen
- Modellbasierte Integration von Up- und Downstream-Technologie unter Prozeßintensivierungs- und damit Kostenaspekten
- Beschleunigung der Identifizierung neuer Leitstrukturen durch pharmakokinetische Simulation (in silico ADME) auf dem Qualitätslevel von in-vivo Experimenten

Erforderliche Plattformtechnologien

Proteomforschung, Biomarkeridentifizierung, Zellkulturtechnologien, transgene Pflanzen, Downstream Processing, On-line monitoring, Modellierung und Simulation

3 Erschließung alternativer Rohstoffquellen

3.1 Erdgas und Kohle

Der derzeitige Verbrauch der chemischen Industrie an Erdöl als Rohstoff ist mit 6-7% vergleichsweise gering. Steigende Rohölpreise und die Endlichkeit von Erdöl führen zunehmend zu kostengetriebenen Anstrengungen, alternative Rohstoffquellen zu erschließen und eine zumindest partielle Unabhängigkeit von Erdöl zu erreichen. Durch ihre im Vergleich zu Erdöl höhere „Reichweite“ sind Erdgas und Kohle wichtige alternative fossile Rohstoffquellen.

Eine wesentliche Voraussetzung für erdgas- und kohlebasierte Prozesse, die zur klassischen Petrochemie bezüglich Ausbeute, Energieeinsatz und Kosten konkurrenzfähig sind, ist die Entwicklung von katalytischen Verfahren, insbesondere zum Aufbau höherer Kohlenwasserstoffe aus Methan. Daneben sind verfahrenstechnische Entwicklungen erforderlich, welche die mit der Rohstoffumstellung verbundene höhere Wärmetönung beherrschen und langfristig zu modularen und mobilen Produktionseinheiten führen, die direkt in Öl-/Gasfeldern zur Herstellung von Chemikalien eingesetzt werden können und damit das Abfackeln von großen Mengen Gas umgehen.

Bedeutung

Eine wettbewerbsfähige chemische Industrie in Deutschland erfordert auch zukünftig den Zugriff auf kostengünstige Rohstoffquellen. Die Erschließung neuer, mittelfristig konkurrenzfähiger Rohstoffquellen ist daher essentiell. Deutschland bietet hierfür aufgrund seiner führenden Rolle in der Katalyse (für gas to liquid und coal to liquid) sowie auf dem Gebiet innovativer Prozeßtechnologien sehr gute Voraussetzungen.

Forschungsthemen

- Weiterentwicklung von Verfahren zur Fischer-Tropsch-Synthese und Kohleverflüssigung
- Synthese höherer Kohlenwasserstoffe aus Methan (statt Partialoxidation zu Synthesegas) und selektive Funktionalisierung niederer Alkane
- Oxidative Kopplung von Methan zu Ethen (statt Steamcracking von Ethan oder Naphtha)
- Selektivoxidation von Methan zu Methanol oder Formaldehyd
- Direktoxidation von Ethan zu Essigsäure
- Acrylsäure bzw. Acrylnitril aus Propan
- Neue Reaktorkonzepte inkl. Mikroreaktoren, Einsatz katalytischer Membranen etc.
- Entwicklung von Wertschöpfungsketten auf der Basis von Erdgas und Kohle

Erforderliche Plattformtechnologien

Multifunktionelle Reaktoren, neue Reaktionsmedien, neue Katalysatoren u. Trägermaterialien, Mikrostrukturreaktoren, elektrochemische Synthese, High-Throughput Methoden, in situ Charakterisierung

3.2 Nachwachsende Rohstoffe

Gleichzeitig zur Nutzung von Gas und Kohle als Rohstoffbasis ist ein langfristiger Ausbau der Nutzung von Biomasse als nachhaltige und nachwachsende Rohstoffquelle essentiell. Der systematische Ausbau einer effizienten Nutzung von Biomasse als nachwachsende Rohstoffbasis beinhaltet einen Paradigmenwechsel für die stoffliche Wertschöpfungskette und ist daher ein strategisches Ziel, das kontinuierliche und langfristig angelegte F&E-Aktivität erfordert. Insbesondere stehen Reaktionen in flüssiger Phase anstelle von Gasphasenreaktionen am Beginn und der selektive Um- und Abbau funktioneller Gruppen statt Aufbau von Funktionalität im weiteren Verlauf der Wertschöpfungskette. Die Anwendung verschiedener Katalysevarianten und Synthesestrategien auf die unterschiedlichen biogenen Rohstoffe, insbesondere auf Fette, und Öle, Zucker, Polysaccharide,

Lignin, Lignocellulose und Terpene, und die Nutzung neuer, integrierter Prozeßtechnologien lassen substantielle Innovations sprünge in der Erschließung von Biomasse als Rohstoffbasis erwarten. Eine wirtschaftliche stoffliche Nutzung von Biomasse erfordert das Vorantreiben von Forschungsaktivitäten auf den Gebieten des Rohstoffaufschlusses sowie der wertschöpfenden Nutzung von Teilströmen durch biotechnologische, chemische und verfahrenstechnische Maßnahmen (auch in Kombination), mit dem Ziel, zu einer echten „Verbund-Produktion“ unter ganzheitlicher Verwertung der Biomasse (stofflich und energetisch) zu kommen.

Bedeutung

Zur Zeit stammen ca. 12% der in Deutschland produzierten Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen. Das erklärte EU-Ziel ist eine Erhöhung auf 20-25% bis 2020. Die Bedeutung für Deutschland umfaßt das Erreichen einer stärkeren Unabhängigkeit vom Rohstoff Erdöl durch das Erschließen alternativer/heimischer Rohstoffquellen und die Erschließung neuer Produkte und Märkte entlang von neuen Wertschöpfungsketten auf Basis nachwachsender Rohstoffe.

Mit Blick auf die realisierbaren Erzeugerpreise für pflanzliche Biomasse in Deutschland (und die Rahmenbedingungen im deutschen/europäischen Landwirtschaftssektor) ist die Beobachtung der Weltmarktentwicklung auf diesem Sektor von großer Wichtigkeit. Die Realisierung von Bioraffinerien in Deutschland ist unter wirtschaftlichen Aspekten prinzipiell machbar, wie Beispiele aus der industriellen Praxis (z.B. Zellstoffherstellung) belegen. Neben dem entscheidenden Kriterium der Rohstoffkosten, die z.B. durch die Auswahl geeigneter Pflanzen beeinflusst werden kann, spielt vor allem die Verfügbarkeit geeigneter Technologien für den Aufschluß und die anschließende Konversion zu gewünschten Zielprodukten eine entscheidende Rolle. In letztgenanntem Bereich müssen entsprechende Technologien z.T. noch entwickelt bzw. weiterentwickelt werden. Deutschland sollte hier eine Technologieführerschaft einnehmen.

Forschungsthemen

- Entwicklung neuer Methoden zum Aufschluß und zur Weiterverarbeitung nachwachsender Rohstoffe (kombinierte biotechnologisch/chemische Verfahren)
- Etablierung stofflicher und energetischer Koppelproduktionen (vgl. Kap. 1.1.1)
- Entwicklung neuer Synthesewege zur effizienten Umsetzung nachwachsender Rohstoffe mit hoher Selektivität und Robustheit. Synthesewege sind bevorzugt unter Erhalt von komplexen Molekülstrukturen als Grundgerüst für nachfolgende Synthesen auszulegen.
- Identifizierung neuer Plattformmoleküle und Schlüsselintermediate
- Selektive Deoxygenierung und Dehydratisierung
- Entwicklung robuster Bioraffinerieprozesse unter Einsatz innovativer Verfahrenstechnik mit optimierter Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit.; insbesondere Entwicklung von Prozeßtechnologien für variierende Rohstoffzusammensetzung/-qualität.
- Innovative Downstreamprozesse; Reinigungs- und Trennprozesse sowie Integration von Reaktion und Trennung; z.B. alternative Lösungsmittel, *in situ* Produktaufarbeitung durch bioreaktive Trennungen (Membranbioreaktoren, bioreaktive Absorption, Extraktion; vgl. 6.3.1)
- Auslegung biokatalytischer Prozesse (modulare/Multiphasen-Bioreaktoren, Modellierung komplexer Bioreaktoren zur Reduktion der Zahl von Unit Operations)
- Entwicklung spezifischer Katalysatoren zur gezielten Umsetzung der langkettigen ungesättigten Alkylketten von Fettstoffen
- Erschließung neuer Produktklassen auf der Basis oleochemischer Grundstoffe (einschließlich Glycerin) wie z.B. biologisch abbaubare Polymere (z.B. Polyester, Polyamide, Polyurethane) oder „Öko“-Schmierstoffe
- Identifizierung von Plattformchemikalien und Entwicklung von Katalysatoren für deren Weiterveredelung im Sinne des Bioraffineriekonzeptes
- Entwicklung neuer (Bio-)Katalysatoren für die Umsetzung nachwachsender Rohstoffe

- Bio-kinetische Modellierung chemischer Anlagen zur Auslegung idealer und nichtidealer (komplexer, Multiphasen-) Bioreaktoren
- Optimierung der chemischen Zusammensetzung und Inhaltsstoffe nachwachsender Rohstoffe
- Variation der Photorespiration zur Erhöhung der Biomasseproduktion (C3 /C4 Pflanzen)

Erforderliche Plattformtechnologien

Reaktionstechnik, Fluidverfahrenstechnik, Katalyse, Kombination Biokatalyse – Chemokatalyse, Membrantechnologie, Organische Chemie und Synthesestrategie, Bioverfahrenstechnik; multifunktionelle Reagentien und Reaktoren, Prozeßintensivierung, Prozeßmodellierung, Pflanzenbiotechnologie

3.2.1 Bulkchemikalien

Eine Herstellung von Bulkchemikalien in biotechnisch optimierten Pflanzen kann ein attraktiver Weg sein, den Umweg über die Glucose und die mikrobielle Gewinnung von Produkten einzusparen. Ähnlich wie im Kraftstoffbereich spielen die Rohstoffkosten bei der Herstellung von Bulkchemikalien eine entscheidende Rolle (bis zu 60% des Endproduktpreises gehen auf die Rohstoffkosten zurück). Anders als im Kraftstoff- und Energiebereich gibt es keine politischen Randbedingungen, die eine stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in vergleichbarer Form begünstigen würden. Das „Erneuerbare Energien Gesetz“ in Deutschland läßt im Gegenteil durch die langfristig kalkulierbaren Einspeisevergütungen für verstromte Bio-Energieträger die energetische Nutzung oftmals als die attraktivere Option erscheinen. Angesichts des Preisgefälles für landwirtschaftliche Rohstoffe zwischen Deutschland als mitteleuropäischem Standort und klimatisch begünstigteren Gebieten erscheint Deutschland als Produktionsstandort für biotechnisch hergestellte Bulkchemikalien nicht von vorneherein prädestiniert.

Eine besondere wissenschaftlich-technologische Herausforderung für die Nutzung von Biomasse zur Gewinnung von Bulkchemikalien besteht in der Stoffumwandlung von hochfunktionalisierten, nicht-flüchtigen Verbindungen am Anfang der Wertschöpfungskette. Die derzeit für solche Umwandlungen genutzten Methoden (typischerweise in der Feinchemie) sind vielfach mit erheblichen ökologischen Problemen (hohe E-Faktoren) belastet. Der Einsatz solcher Methoden zur Herstellung großvolumiger Bulkchemikalien hätte langfristig erhebliche negative Auswirkungen auf den ökologischen „footprint“ der stofflichen Wertschöpfungskette. Alternative Synthesemethoden und reaktionstechnische Ansätze sind daher in diesem Bereich von herausragender Bedeutung und bieten gleichzeitig ein erhebliches Innovationspotential.

Bedeutung

Die Strategie sollte im Bereich der biomassebasierten Herstellung von Bulkchemikalien daher sein, die Know-how- und Technologieführerschaft anzustreben/auszubauen und hierfür Schutzrechte zu sichern, die am Weltmarkt angeboten werden können.

Das Know-how zur biomassebasierten Herstellung von Bulkchemikalien ist in Deutschland auf hohem Niveau in biologischer wie technischer Hinsicht vorhanden. Einziges Beispiel für eine Produktion in Deutschland ist derzeit die Herstellung von Futtermittel-Aminosäuren. Neben anderen biotechnisch erreichbaren Molekülen könnten Aminosäuren in Zukunft von Interesse als Vorstufen für Polymere sein (z.B. Polyasparaginsäure).

Forschungsthemen

- Verbesserung von Biokatalysatoren (Mikroorganismen und Enzyme)
- Analyse und Design neuer Stoffströme und Stoffumwandlungen
- Katalysatorentwicklung zur selektiven Umwandlung funktioneller Gruppen

- Neue reaktionstechnische Konzepte zur kontinuierlichen Umsetzung nicht-flüchtiger Ausgangsmaterialien (alternative Lösungsmittel, Prozeßtechnik von reaktiven flüssig/flüssig und flüssig/fest Mehrphasensystemen)
- Forschungsarbeiten an Pflanzen (z.B. Anreicherung gewünschter Zielprodukte in der Pflanze, Verbesserung des Aufschlusses der Pflanzen)
- Forschungsarbeiten im Bereich des Engineerings (z.B. „Lean“-Fermentation, Produktabtrennung)
- Identifizierung künftiger Basischemikalien, Design künftiger Produktstambäume, kombinierte biotechnologisch/chemische Syntheserouten
- Biobasierte stickstoffhaltige Oligo- und Polymere

Erforderliche Plattformtechnologien

Biokatalyse und Bioprozeßtechnik, Pflanzenbiotechnologie

3.2.2 Spezial- und Feinchemikalien, Pharmaka und -vorstufen

Der Anteil der Rohstoffkosten am Endpreis für Produkte der Kategorie Spezial- und Feinchemikalien liegt bei etwa 10 bis 20 %, bei Pharmaka z.T. noch weit darunter. Rohstoffkosten, die in Deutschland über denen in anderen Ländern liegen, fallen damit in diesem Segment gegenüber anderen Produktionskosten weniger ins Gewicht. Auf Basis eines technologischen Vorsprungs können somit auch Produktionsstätten in Deutschland angesiedelt werden, die wirtschaftlich konkurrenzfähig sind.

Bedeutung

Wie bei den Bulkchemikalien ist das Know-how zur biotechnologischen Herstellung von Spezial- und Feinchemikalien in Deutschland in biologischer wie technischer Hinsicht auf hohem Niveau vorhanden. Die Liste von Produktionsstätten für biotechnisch hergestellte Spezial- und Feinchemikalien in Deutschland ist zudem weitaus umfangreicher als die für Bulkchemikalien. Gleiches gilt für die Herstellung von Pharmaka und deren Vorstufen. Es wird zudem das Potential gesehen, ins Ausland abgewanderte Produktionen nach Deutschland zurückholen zu können (Beispiel: Vitamine in Pharmagrade Qualität).

Forschungsthemen

- Ausarbeitung von Synthese-Verfahren, in denen biokatalytische mit konventionell durchgeführten Katalytestufen vorteilhaft kombiniert werden
- Identifizierung und Realisierung von effizienten Expressions- und Produktionssystemen
- Synergistische Kombination von Biokatalysatoren mit technischen Neuerungen aus anderen Technologiegebieten (z.B. Nanotechnologie, ionische Flüssigkeiten, ...)
- Einsatz pflanzlicher Systeme zur Produktion von Feinchemikalien und Pharmaka (Molecular Pharming); Steigerung der Ausbeuten und Senkung von Produktionskosten

Erforderliche Plattformtechnologien

Biokatalyse und Bioprozeßtechnik, Kombinationsverfahren Bio/Chemie, Molecular Pharming

3.2.3 Konsumgüter (Kosmetik-, Homecare-, Textil-, Papier-, Leder-, Verpackungsindustrie)

Generell gibt es im Bereich der Konsumgüter Rahmenbedingungen, die den Einsatz biotechnologisch erzeugter Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen begünstigen. Hier sind beispielsweise Richtlinien zum Gebrauch biologisch abbaubarer Substanzen oder die Präferenz der Verbraucher für natürliche Zusatzstoffe zu nennen.

Bedeutung

Als Produzent von Konsumgütern für den täglichen Bedarf hat Deutschland bei bestimmten Sparten, wie Wohn- und Bekleidungstextilien und Lederwaren, über die letzten Jahrzehnte an Bedeutung verloren, da derartige Produkte in Schwellenländern günstiger produziert werden können. Kosmetik, Homecare, industrielle Textilien und Verpackungsindustrie sind zumindest für den europäischen Markt weiterhin von hoher Bedeutung. Führend ist Deutschland außerdem auf dem Gebiet der „Ingredients“ für all diese Produkte. Unter „Ingredients“ sollen in diesem Zusammenhang Intermediate, (Rohstoff-) Komponenten oder Effekt- und Wirksubstanzen verstanden werden. Die Eigenschaften dieser Ingredients sind entscheidend für die Eigenschaften der Endprodukte. Neue Ingredients mit neuen Qualitäten machen die Konsumgüter der Zukunft aus. Bei der Entwicklung solcher Zusatzstoffe kann Deutschland, wie viele seiner europäischen Nachbarn, auf vorhandenes anwendungstechnisches Know-how zurückgreifen und von seiner traditionell hohen Anwendungsorientierung profitieren.

Forschungsthemen

- Identifizierung und Machbarkeitsnachweis der Produktion neuer Ingredients mit neuartigen Eigenschaften, die mit biotechnologischen Methoden aus nachwachsenden Rohstoffen herstellbar sind (Ziel: Intermediate, Komponenten und Effekt- oder Wirksubstanzen)
- Entwicklung geeigneter biologischer Produktionssysteme für Ingredients
- Synergistische Kombination von Biokatalyse mit neuen Methoden der chemischen Prozeßtechnik
- Ersatz petrochemischer Rohstoffe durch möglichst leistungsgleiche nachwachsende Rohstoffe für den Verpackungsbereich

Erforderliche Plattformtechnologien

Biokatalysatoren und Bioprozesse, Kombinationsverfahren Bio/Chemie, Pflanzenbiotechnologie, Polymerphysik

3.2.4 Polymere

Im Zuge von Entwicklungen zur verstärkten Nutzung nachwachsender Rohstoffe als Rohstoffbasis für chemische Produkte gewinnt auch die Herstellung von entsprechenden Polymeren und deren breite Anwendung z.B. für Verpackungsmaterial an Bedeutung. Der Anwendungsbereich Verpackungen ist nicht zuletzt umweltpolitisch im Fokus (Verpackungsverordnung, Bioabfallverordnung); CO₂-neutrale, biologisch abbaubare Kunststoffe bieten hier erhebliche Vorteile.

Ziel von Forschungsaktivitäten sollte dementsprechend insbesondere der Ersatz von Polymeren sein, deren Produktion, Nutzung und Entsorgung unter dem Gesichtspunkt der Umweltverträglichkeit problematisch sind und erheblichen technischen Aufwand erfordern. Besonders zu beachten ist auch der Kostenaspekt der Herstellung von Biopolymeren.

Bedeutung

Der Kunststoffmarkt in Deutschland umfaßte 2004 ca. 17,5 Mio. t, davon wurden 3 Mio. t für Verpackungen verwendet. Die Chancen für Biopolymere, hier ein angemessenes Marktsegment zu erobern, stehen gut. Mit den laufenden F&E-Aktivitäten zahlreicher Firmen und Institute verfügt Deutschland über die notwendigen Kompetenzen und die technologische Basis, dieses Segment führend zu erschließen.

Forschungsthemen

- Blockcopolymere durch Selbstorganisation aus nachwachsenden Rohstoffen
- Polymere aus CO₂ als Monomer
- Neue katalytische Verfahren für wichtige Zwischenprodukte

- Herstellung von Komposit- und Verbundmaterialien aus Polymeren auf Basis nachwachsender Rohstoffe, auch in Kombination mit herkömmlichen (synthetischen) Polymeren bzw. Naturfasern
- Herstellung von Monomeren aus nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung von technischen Polymeren (z.B. Diole und Polyole, Carbonsäuren; Mono- und Diamine etc.) durch katalytische oder biotechnologische Verfahren
- Erschließung von Einsatzbereichen für biologisch abbaubare Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen
- Modifizierung natürlicher Polymere (z.B. Cellulose, Stärke, Lignin) mit dem Ziel der Generierung spezieller funktioneller Eigenschaften (Hydrophobie, Hydrolysestabilität, Rheologie, Regioselektivität)
- Ermittlung der Werkstoff- und Verarbeitungseigenschaften von technischen Polymeren/Spezialpolymeren auf Basis nachwachsender Rohstoffe
- Gentechnische Optimierung von Nutzpflanzen zur Erzeugung von Biopolymergrundstoffen

Erforderliche Plattformtechnologien

Materialforschung, Katalyse, Modellierung und Simulation, Pflanzenbiotechnologie

4 Informations- und Kommunikationstechnologie

4.1 Neue Materialien für die Informations- und Kommunikationstechnologie

Die Chemie trägt wesentlich zur Fortentwicklung von Materialien für die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) bei. Das Innovationsspektrum reicht von Elektronikchemikalien für die Chipfertigung, Materialien für Leiterbahnen, bzw. Veränderungen der Dielektrizitätskonstanten (low-K, high-K), Flüssigkristalle für Displays, halbleitende und leitende Polymere für OFETs (organische Feldeffekttransistoren) bzw. für polymere Elektronik, lichtemittierende Materialien für LEDs (lichtemittierende Dioden) und OLEDs (organische LEDs), bis zu Klebstoffen für das Assembling von Bauteilen, Leitende Kleber etc..

Bedeutung

Deutschland ist nicht nur der weltweit drittgrößte und europäisch größte Markt für IKT sondern ist auch der führende Standort in Europa für Halbleiter und Elektronik. Zahlreiche, stark vernetzte Forschungs- und Technologiezentren sowie Firmen in Deutschland entwickeln (Nano-)materialien für Anwendungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie; zu nennen ist insbesondere das Nanotechnologie-Cluster Dresden. Alle großen IKT-Hersteller verfügen über F&E-Einrichtungen in Deutschland.

In der Pipeline von Chemieunternehmen sind Kohlenstoffnanoröhren und verwandte Verbindungen, druckbare Elektronik auf der Basis von organischen Substanzen, selbstassemblierende Systeme, Silizium- und Germaniumnanodrähte sowie andere nanostrukturierbare Halbleitermaterialien (inklusive organische Halbleiter).

Forschungsthemen

- Gezielte Synthese von nanostrukturierten Materialien mit definierter Struktur, Zusammensetzung, und Größe; Scale-up in die industrielle Produktion
- Dielektrika (mit hohen und niedrigen Dielektrischen Konstanten)
- CMOS Kompatibilität
- Umweltfreundliche Komponenten, Produkte und Beschichtungsverfahren
- Charakterisierung der elektronischen Transporteigenschaften organischer Halbleiter

- Untersuchung der Mechanismen der Zersetzung organischer Halbleiter und Erhöhung ihrer Lebensdauer
- Selbstaufbauende Molekülsysteme zur Herstellung nanostrukturierter Materialien
- Anorganische Nanoröhren (z.B. Chrysotil)
- Identifizierung und Charakterisierung polymerer Halbleiter sowie anorganischer Materialien mit geeigneten Eigenschaften für nanostrukturierte Sensoren (insbesondere für Multispezies-Sensoren); Prozeßtechnologien zur Herstellung und Dotierung solcher Materialien (z.B. Gasphasenabscheidung)
- Identifizierung und Herstellung geeigneter Polymere für die Fertigung hochintegrierter elektronischer Bauteile (intrinsisch leitende Polymere, Dielektrika, elektroaktive Polymere, Photoresists, Füllstoffe, Klebstoffe etc.)
- Materialien für hochdichte elektrische Verbindungen mit niedrigen elektrischen Widerständen zur Anwendung in hochintegrierten, ultraschnellen Elektronikgeräten; Herstellung von nanostrukturierten Barrierschichten und Fertigungstechniken für metallische Nanodrähte oder Nanoröhren mit glatten Oberflächen bzw. metallische o.a. nanostrukturierte Leiterbahnen.
- Entwicklung einer Aufbau- und Verbindungstechnik für zukünftige integrierte Schaltkreise; insbesondere Reduktion von mechanischem und elektrischem Streß
- Kleben statt Löten im Elektronikbereich
- Intrinsisch thermisch hoch leitfähige Polymere (d.h. ohne Füllstoffe) zum Packaging elektronischer Bauteile
- Leitfähige Schichten als Ersatz für ITO (Indiumzinnoxid)
- Gedruckte/druckbare Elektronik für Low-Cost, low performance Anwendungen (Massenmärkte, Niedrigpreissegment)

Erforderliche Plattformtechnologien

Materialforschung, Grenzflächenforschung, Nanotechnologie, Self-Assembly-Technologien, Molecular Modelling, Beschichtungsmedien, Galvanotechnik, Mikrosystemtechnik, Miniaturisierung, Bonding, Packaging

4.2 Optische Technologien (Photonik)

Optische Technologien sind in allen wichtigen Wirtschaftsbereichen von großer Bedeutung. Anwendungsfelder umfassen neben der IKT u.a. die Materialbearbeitung/Produktionstechnik, die Medizintechnik inklusive Biophotonik, die optische Meßtechnik, Sensorik und Bildverarbeitung, und den Bereich Beleuchtung, Displays und Projektionssysteme. Der Weltmarkt für Optische Technologien wird auf über 150 Milliarden Euro geschätzt. Die Materialtechnologie ist hierbei wesentlicher Innovationsmotor. Halbleitermaterialien für Diodenlaser und multifunktionale Materialien mit nicht-linearen optischen Eigenschaften sind Gegenstand weltweiter Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.

Bedeutung

Mehr als 110.000 Beschäftigte sind alleine in Deutschland im Bereich Optische Technologien tätig. Nach allgemeinen Schätzungen hält die deutsche Industrie bei den Optischen Technologien einen Weltmarktanteil von insgesamt rund 25 Prozent. Bei den Laserstrahlquellen für die Materialbearbeitung liegt dieser Anteil sogar bei 40 Prozent. 2005 lag der Gesamtumsatz der deutschen Industrie für Laser und optische Komponenten bei 4,8 Milliarden Euro.

Forschungsthemen

- Steuerung der Lichtausbreitung durch nichtlineare Wechselwirkung und die Wechselwirkung mit komplexen (Nano-)Strukturen.

- Produktion innovativer Materialien mit nanometer-skaligen Strukturen und speziellen elektronischen Eigenschaften für optoelektronische und photonische Apparate; z.B. photorefraktive Nanokomposite durch Kombination spezieller organischer Farbstoffe mit elektronenleitenden, anorganischen Nanopartikeln
- Grundlagenforschung zu photonischen Bandlücken und Photorefraktivität und deren Nutzungsmöglichkeiten
- Energieübertragung von Quantum Dots in Matrixsystemen; neue Konzepte zur Ladungstrennung
- Integration von photonischen Materialien auf elektronischen Schaltkreisen
- Halbleiterentwicklungen zur Steigerung der Lebensdauer von Diodenlasersystemen und Erschließung neuer Anwendungen für Diodenlaser z.B. in der Mikrooptik

Erforderliche Plattformtechnologien

Nanotechnologie, Materialforschung, Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, Modelling

5 Nachhaltige Konsumgüter zur Verbesserung der Lebensqualität

5.1 Katalytische/Photokatalytische Haushaltsanwendungen

Katalytische Verfahren finden bereits vereinzelt Anwendung im Bausektor, z.B. in Form von Beschichtungen von Dachziegeln oder Fassaden zur photokatalytischen Entfernung von Algen, Schmutz und Bakterien. Im Haushalt sind breitere Anwendungen z.B. für selbstreinigende Backöfen zu finden. Katalytisch aktive Materialien, insbesondere auch katalytische nanostrukturierte Materialien oder Nanopartikel, bieten jedoch weitaus vielfältigere Anwendungsmöglichkeiten im privaten Sektor, in Textilien, Haushaltsgegenständen, Verpackungen etc., die es zukünftig zu erschließen gilt.

Bedeutung

Deutschland verfügt mit einer weltweit führenden Unternehmens- und Hochschullandschaft auf den Gebieten der Katalyse, der Material- und Nanotechnologie sowie der Prozesstechnik über die Voraussetzungen zur Erschließung einer hervorragenden Wettbewerbsposition in der Konsumgüterindustrie mit katalytischen und photokatalytischen Haushaltsanwendungen. Generell ist die Anwendung von chemischen Substanzen in Haushaltsprodukten im internationalen Vergleich in Deutschland auf einem sehr hohen Stand.

Forschungsthemen

- Niedrigtemperatur-Katalyse zur Zersetzung gesundheitsschädlicher Stoffe wie VOCs aus Baustoffen, Klebstoffen und Reinigungsmitteln in Innenräumen
- Katalytisch selbstreinigende Oberflächen für Fassaden, Farben, Beschichtungen etc.
- Katalytische Innenbeschichtungen von Nahrungsmittelverpackungen zur Umsetzung von Restsauerstoff zur Nahrungsmittelkonservierung
- Katalytische Wasseraufbereitung im Haushalt
- Leicht reinigbare/selbstreinigende superhydrophobe Oberflächen (Wolframoxidschichten, TiO₂ ...) für verschiedene Anwendungen, z.B. Wandfarbe, Fenster, Fahrzeuge, Kleidung
- Katalysatoren für Wasch- und Reinigungsanwendungen im Haushaltsbereich

Erforderliche Plattformtechnologien

Katalyse, Materialforschung, Festkörperchemie, Dünnschichttechniken, Formulierungstechnologie

5.2 Molekulares Design für Nachhaltigkeit

Nachhaltige Produktions- und Konsummuster erfordern einen umfassenden Qualitätsbegriff, der möglichst weitgehend von Produzenten und Konsumenten geteilt und bei der Entwicklung von Produkten und Prozessen gewissenhaft berücksichtigt wird.

Dies ermöglicht eine Differenzierung hoch entwickelter Unternehmen am Weltmarkt und ist eine notwendige Bedingung für den Verkauf von Produkten, die technisch, organisatorisch und ethisch führende Unternehmen im Rahmen einer integrierten Produkt- und Prozeßentwicklung erstellen.

Ein molekulares Design für Nachhaltigkeit beinhaltet demgemäß gleichermaßen die Entwicklung ganzheitlich optimierter molekularer Produkte, wie z.B. Detergentien, Biozide, Pharmaka, Kosmetika, Klebstoffe etc., wie auch den Informationsaustausch zwischen Anbietern und Nachfragenden über das gesamte Spektrum der in den Bereich der Nachhaltigkeit fallenden Qualitätskriterien.

Für den ersten Kompetenzbereich ist es entscheidend, die Zusammenhänge zwischen molekularer Struktur, physikalisch-chemischen Eigenschaften, molekularen Wechselwirkungen auf der einen Seite und technischer Funktion und Risikopotential auf der anderen Seite zu verstehen. So sind viele Produkte des Konsumgüterbereichs Vielkomponentensysteme mit mehreren ergänzenden Wirkungen, was zu einer hohen Komplexität in der Formulierung führt. Die Kenntnisse über die Wechselwirkungen und geeignete Formulierungstechniken sind bisher nicht ausreichend vorhanden.

Für den zweiten Kompetenzbereich ist die stringente entwicklungsbegleitende Generierung qualitäts- und risikorelevanter Informationen und die Entwicklung von effizienten Kommunikationsstrategien zur glaubwürdigen Kommunikation von Produktmerkmalen notwendig.

Bedeutung

In der pharmazeutischen und agrochemischen Wirkstoffforschung ist der erste Kompetenzbereich hoch entwickelt vorhanden. Qualitative (SAR) und quantitative Struktur-Wirkungs-Beziehungen (QSAR) werden auch bei der Entwicklung und Auswahl vieler anderer Stoffgruppen erarbeitet und berücksichtigt. Durch die gezielte Förderung von Aktivitäten, die zu einer Erweiterung solcher Kenntnisse für Stoffgruppen mit hohem kommerziellem und gleichzeitig mit hohem Risikopotential führen, können Innovationen mit hoher Zukunftsfähigkeit angestoßen werden.

Gleichzeitig kann der Einsatz innovativer IT-Strategien wie Open-Source Entwicklung und Community-Building sowie die Nutzung von Industrie-Standards wie XML-basierter Datenformate dazu führen, daß Werkzeuge entwickelt werden, die die bestehenden Barrieren für eine effiziente computergestützte Risikokommunikation über chemische Stoffe verringern und damit ein umfassendes chemisches Qualitätsbewußtsein ermöglichen.

Forschungsthemen

- Struktur-Wirkungs- und Struktur-Risiko-Beziehungen von weit entwickelten Stoffgruppen wie Biozide und Detergentien
- Entwicklungsintegrierte Risikoforschung von neuen Stoffgruppen mit hohem kommerziellem Potential wie ionische Flüssigkeiten und Flüssigkristalle
- Entwicklung geeigneter Charakterisierungsmethoden und Optimierung von Prozessen für Vielkomponentensysteme
- Effiziente Kommunikation über Qualität und Risiken molekularer chemischer Produkte

Erforderliche Plattformtechnologien

Chemisch intelligente Datenbanken und Informationssysteme, effiziente Untersuchungsmethoden für technische und risikorelevante Eigenschaften, physikalisch-chemische Charakterisierungsmethoden, Molecular Modelling, Struktur-Wirkungs-Denken, Risikokommunikation

5.3 Produktdesign - Formulierung

Neben effizienten Produktionsprozessen wird die Wettbewerbsfähigkeit der chemischen Industrie und insbesondere der Spezialchemie maßgeblich durch die Fähigkeit zu Produktinnovationen bestimmt. Gerade im Bereich der Vor- und Zwischenprodukte für die Herstellung von Konsumgütern sind neuartige Eigenschaftsprofile oder Eigenschaftsvariationen gefragt, die Produkte hervorbringen, die bezüglich ihrer Leistung, Handhabung und Gestaltung genau auf die Bedürfnisse der Kunden abgestimmt sind. Dabei ist die entscheidende Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg einer Innovation häufig deren schnelle Umsetzung in den Markt. In diesem Zusammenhang können prozeßintensivierende Technologien im Bereich fluider wie mechanischer Verfahren einerseits den Weg zu neuen Produkten ebnen, andererseits kann das Konzept der Prozeßintensivierung auch zu einer erheblichen Verkürzung der Time-to-Market, das heißt der Innovationszeit von der Produktidee bis zur Markteinführung, beitragen.

Die gezielte Herstellung von dispersen Systemen, die aus polymeren oder anorganischen Partikeln mit definierter Struktur und somit definierten Eigenschaften bestehen, ermöglicht die Entwicklung neuer Produkte in vielen Konsumbereichen von Wasch- und Reinigungsmitteln, Kosmetika, Easy-to-Clean Beschichtungen über Convenience Produkte im Bereich Lebensmittel. Erforderlich ist hierzu die Entwicklung und industrielle Implementierung von intensivierten Prozessen, z.B. zur Herstellung maßgeschneiderter Formulierungen von Mikrokapseln, die weniger Wirkkomponenten, Aromastoffe, Duftstoffe etc. bei gleicher Wirkung enthalten oder die spezifische Eigenschaften wie definierte Größe, kontrollierte Abgabe, thermische und chemische Stabilität etc. aufweisen. Ziel ist, das Design von Prozessen präzise auf die geforderten Produkteigenschaften hin (materials by design) einzustellen.

Im Bereich fluider Verfahren können insbesondere neuartige kontinuierliche Polymerisations- oder kontinuierliche Fällprozesse einen Beitrag zu dieser Zielstellung leisten.

Bedeutung

Die Entwicklung und Herstellung von Vor- und Zwischenprodukten für die Konsumgüterindustrie liegt maßgeblich in der Hand der Spezialchemie, in der Deutschland eine Reihe von führenden Unternehmen (darunter das weltgrößte Spezialchemieunternehmen) und Forschungseinrichtungen vorweisen kann.

Forschungsthemen

- Erforschung und Entwicklung verfahrenstechnischer Varianten zur kontrollierten Herstellung von Miniemulsionen, Mikroemulsionen, Mikrokapseln und nanoskaliger organischer oder hybrider Partikel mit definierter Größenverteilung, Morphologie, Oberfläche und anderen spezifischen Eigenschaften; u.a. Fällungsprozesse, Sol-Gel-Synthesen, Hydrothermalsynthesen, Plasmasynthesen, nicht klassische Polymerisationsverfahren etc.
- Makroverkapselungen
- Kontinuierliche Prozeßtechnik für hochviskose Medien und Suspensionen
- Scale-up-Strategien vom Labor- über den Pilot- in den Produktionsmaßstab
- Entwicklung von Process Systems Engineering (PSE)-Techniken für das simultane Design von Prozeß und Produkt
- Integrierte Prozeßsimulation von Prozeßentwicklung über Scale-up von Anlagen bis zum Anlagenbetrieb

Erforderliche Plattformtechnologien

Hochdurchsatztechnologien, Synthesestrategien, neue Reaktortechnologien, Prozeßmodellierung und –simulation, Produktaufarbeitung

6 Schutz der Umwelt und Ressourcenschonung

6.1 Alternative Lösungsmittel und lösungsmittelfreie Prozesse

Lösungsmittel spielen in der chemischen Industrie sowohl als Produkte als auch in Prozessen eine wichtige Rolle. Die richtige Wahl des Reaktions- bzw. Trennmediums ist für zahlreiche chemische und biotechnologische Verfahren, aber auch für die Gestaltung von Produkten von großer Bedeutung. Der Ersatz organischer Lösungsmittel (volatile organic chemicals VOCs) durch umweltverträgliche Alternativen, v.a. Wasser, ionische Flüssigkeiten (ionic liquids, ILs) und überkritische Fluide (supercritical fluids, SCFs) bietet neben ökologischen Vorteilen auch das Potential zur Entwicklung neuer, ökonomisch wettbewerbsfähiger Prozesse. Neben den genannten Ansätzen finden bestimmte flüssige Polymere sowie reaktionstechnische Konzepte, die völlig auf Lösungsmittel verzichten, ebenfalls Interesse.

Als "designer solvents" mit besonderen physikalisch-chemischen Eigenschaften und als multifunktionale und regulierbare Lösungsmittelsysteme ermöglichen alternative Lösungsmittel neuartige Synthesestrategien, neue reaktionstechnische Konzepte zur Integration von Stoffumwandlung und Stofftrennung, sowie die Realisierung von Reaktionskaskaden und kontinuierlichen Prozessen. Durch die Vermeidung der Emission potenziell schädlicher VOCs liefern alternative Lösungsmittelkonzepte einen unmittelbaren und signifikanten Beitrag zum Schutz der Umwelt. Gleichzeitig wird die Anlagensicherheit und die Belastung am Arbeitsplatz mit Schadstoffen reduziert. Ökologische Vorteile wie Rezyklisierbarkeit und Reduzierung von Abfallströmen durch z.B. Vereinfachungen in der Produktaufarbeitung führen gleichzeitig auch zur Reduktion von Betriebskosten. Aufgrund ihres großen Potentials für die Gestaltung nachhaltiger chemischer Prozesse werden diese Ansätze auch als „Green Solvents“ zusammengefaßt.

Bedeutung

Deutschland nimmt in der Entwicklung und Anwendung alternativer Lösungsmittel und Lösungsmittelkonzepte weltweit eine führende Stellung ein. So kommen z.B. vier der führenden sechs Hersteller von ionischen Flüssigkeiten aus Deutschland. Besonders bemerkenswert ist hierbei die erfolgreiche Interaktion von akademischer Forschung, KMUs und start ups, und Global Playern der chemischen Industrie.

Die Stärke im Bereich der Anwendung alternativer Lösungsmittelkonzepte in Deutschland geht traditionell einher mit einer starken Grundlagenforschung. In den letzten Jahren hat dieses Gebiet eine enorme Dynamik gewonnen, die sich unter anderem in der erfolgreichen Etablierung internationaler Fachtagungen (Green Solvents for..., COIL) in Deutschland und in der Einrichtung von Schwerpunktprogrammen (z.B. SPP 1179 „Ionic Liquids“) und Graduiertenschulen (z.B. Biocatalysis in Non-Conventional Solvents BioNoCo) durch die DFG manifestiert. Erfolgreiche Programme im Bereich der anwendungsorientierten Forschung beinhalten einen Förderschwerpunkt bei der DBU sowie abgeschlossene (ConNeCat Leuchtturmprojekt „Regulierbare Systeme für die Mehrphasenkatalyse“) und aktuelle (WING Projekte „ChirAmAl“ und „SILP“) Verbundprojekte des BMBF. Diese Aktivitäten decken jedoch nur einen Teil des enormen Potentials zur Umsetzung von Forschung in Innovation auf diesem Gebiet ab.

Forschungsthemen

- Neue oder verbesserte Stoffumwandlungen durch Einsatz funktionaler Reaktionsmedien
- Struktur-Eigenschafts-Beziehungen für alternative Lösungsmittel (z.B. ionische Flüssigkeiten); u.a. Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Lösungsmittelsystemen und Katalysatoren
- Entwicklung spezifischer (Bio-)Katalysatoren, die den Anforderungen der neuen Lösungsmittel angepaßt sind.
- Alternative Lösungsmittelsysteme für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe

- Synthesestrategien und reaktionstechnische Konzepte auf der Basis von „designer solvents“
- Alternative Lösungsmittel für Trennprozesse und zur Produktaufarbeitung (vgl. 6.3.1)
- Prozeßintensivierung durch Einsatz alternativer Lösungsmittel
- Neue Reaktortechnologien für die Anwendung alternativer Lösungsmittelsysteme
- Analyse von repräsentativen Fallbeispielen bezüglich der Nachhaltigkeitsbewertung verschiedener Lösungsmittelkonzepte; Kriterien für die Auswahl geeigneter Lösungsmittelsysteme

Erforderliche Plattformtechnologien

Organische Chemie und Synthesepaltung; physikalisch-chemisches Verständnis neuartiger Lösungsmittelsysteme; (Bio-)Katalysatorentwicklung und -forschung; (Mikro-)reaktionstechnik; Fluidverfahrenstechnik, Tools zur Nachhaltigkeitsbewertung

6.2 Optimierung des Betriebs von Anlagen – Prozeßführung

Eine effiziente und stabile Prozeßführung auf der Basis automatisierter Prozeßkontrolle und –optimierung kann erheblich zu einem ressourcen-schonenden Betrieb von Produktionsanlagen beitragen und gleichzeitig die Produktionskosten reduzieren. Auch die Etablierung delokaliserter und bedarfsgerichteter Produktionsmodelle ("On-Site", "On-Demand"), die sich aus den Möglichkeiten der Prozeßintensivierung erschließen, ist nur mit einem hohen Grad an automatisierter Prozeßbeobachtung und –kontrolle denkbar.

Sowohl gehobene regelungstechnische Ansätze als auch innovative Ansätze der Prozeßbeobachtung beruhen weitgehend auf modellgestützten Methoden. Die Einbeziehung von Wissen über das Prozeßverhalten in Prozeßführungsstrategien führt zu einer stabilen und präzisen Einhaltung von ökonomischen und ökologischen Anforderungen. Dabei können die Modelle sowohl aus Simulationsmethoden stammen, die im Rahmen der Verfahrensentwicklung angewendet werden, als auch durch eine intelligente Nutzung von Prozeßdaten gewonnen werden. Der Entwicklungsbedarf resultiert aus der Anforderung, robuste und effiziente Methoden für die Entwicklung und die Pflege von Prozeßmodellen bereitzustellen.

Bedeutung

Hohe Qualität der Produkte sowie effiziente, ressourcenschonende Produktionsprozesse sind Grundvoraussetzungen für einen nachhaltig wettbewerbsfähigen Chemiestandort Deutschland. Zu beiden Themengebieten leistet die Optimierung der Prozeßführung einen wichtigen Beitrag.

In der Anwendung von Methoden der Betriebsoptimierung nimmt Deutschland eine führende Rolle ein. Indikator dafür ist der weit verbreitete Einsatz fortschrittlicher Werkzeuge zur Prozeßführung mit dem Ergebnis wettbewerbsfähiger Produktionsanlagen trotz standortbedingt höherer Kosten z.B. bei Löhnen und aufgrund höherer Umweltauflagen. Stellvertretend sei auf frühere Forschungsprogramme hingewiesen:

1. DFG Sonderforschungsbereich 476 IMPROVE "Informationstechnologien für Entwicklung und Produktion in der Verfahrenstechnik"
2. DFG Schwerpunktprogramm 469 "Echtzeit-Optimierung großer Systeme"

Die Ergebnisse der Entwicklungsarbeiten lassen sich in der Regel unmittelbar in Wettbewerbsvorteile übersetzen, da keine Investitionskosten für neue Produktionsanlagen erforderlich sind. Damit hat die relevante Forschung einen direkten Zugang zur Praxis und erfährt einen hohen Grad an Nutzung.

Forschungsthemen

Eine enge Querverbindung besteht generell zu den Themen der Prozeßintensivierung (siehe 6.3) und insbesondere zum Thema Sensoren und Prozeßanalytoren (siehe 6.3.3).

- Entwicklung systematischer Methoden und Werkzeuge zur schnellen und einfachen Entwicklung von Modellen für Prozeßentwicklung, Equipment Design und Anlagensteuerung
- Anwendungsorientierte, reduzierte Modelle für die real-time Prozeßbeobachtung und -optimierung
- Modellbasiertes Prozeßmanagement zur (kosten-)effizienten und zuverlässigen Überwachung und Analyse der Leistungsfähigkeit von Prozessen
- Selbst-trainierende und selbst-instandhaltende Systeme, mit denen einmal aufgestellte Modelle datengetrieben überprüft und nachgeführt werden können

Erforderliche Plattformtechnologien

Regelungstechnik, Prozeßmodellierung und -simulation, Data-Mining, Neuroinformatik, künstliche Intelligenz

6.3 Prozeßintensivierung

Die deutsche chemische Industrie gehört neben der Automobilindustrie zu den innovativsten in Europa. Sie investiert weit mehr in eigene Forschung (5,4% des Umsatzes) als die chemische Industrie in anderen europäischen Ländern. Sie kann ihren Vorsprung aber nur dann dauerhaft beibehalten, wenn die bestehenden Verfahrensvarianten drastisch verbessert oder neue Prozesse konzipiert werden. Prozeßintensivierung umfaßt im weitesten Sinn die Integration und Optimierung der Gesamtprozeßkette von der Idee ihrer forschungsseitigen Umsetzung (inklusive IPR-Generierung) und prozeßtechnischen Realisierung über die Vermarktung bis hin zum Life-Cycle-Management. Prozeßintensivierung ermöglicht eine Energieeinsparung zwischen 20% und 80%, eine Senkung der Investitions- und Betriebskosten bis zu 70%, eine bis zu zehnfache Erhöhung der Ausbeute und Selektivität sowie eine erhebliche Reduzierung der umgewälzten Lösungsmittelmengen. Prozeßintensivierung beinhaltet somit eine wesentliche Steigerung der Ressourcenproduktivität und Minimierung des ökologischen Impacts.

6.3.1 Prozeßintegration

Die Energieeffizienz von Prozessen der chemischen Industrie durch klassische Maßnahmen zur Prozeßintensivierung wie z.B. Wärmemanagement ist in Deutschland im Zuge von Kosteneffizienzsteigerungen und CO₂-Reduktionsmaßnahmen in den letzten 15 Jahren schrittweise nahe an den optimalen Bereich geführt worden. Eine wesentliche weitere Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz ist möglich durch die Realisierung innovativer Konzepte der Prozeßintensivierung durch Prozeßintegration (Wärme-/Stofftransport, Reaktion/Separation, etc.), welche z.B. die Kombination von (mehreren) Reaktions- und Trennschritten oder die Integration von mehreren Trennschritten in einem Apparat beinhalten. So bieten reaktive Trennverfahren oder Hybridtrennverfahren Vorteile z.B. in der Ausbeute bei Gleichgewichtsreaktionen und führen zu einer signifikanten Reduzierung der Investitions- sowie der Betriebskosten. Die Auslegung solcher integrierten Prozesse ist jedoch deutlich anspruchsvoller als die Auslegung z.B. konventioneller Reaktor-Separator-Sequenzen.

Bedeutung

Durch die Prozeßintegration ist eine kostengünstige Herstellung etablierter (z.B. Bulk- oder Feinchemikalien) oder neuer Produkte mit hoher Wertschöpfung möglich. Sowohl die Industrie als auch Universitäten haben durch eine etwa 10-jährige enge Zusammenarbeit im Rahmen unterschiedlicher Forschungsinitiativen (EU, DFG, BMBF) die Grundlagen geschaffen, Anwendungen im Bereich reaktiver (reaktive Rektifikation, Extraktion, Absorption oder Adsorption), hybrider (z.B. Kopplung von Destillation mit Membrantrennung oder Kristallisation) oder bioreaktiver Trennverfahren (vgl. 3.2) zu untersuchen. Eine in die Prozeßsynthese integrierte Entwicklung innovativer Materialien

(z.B. Membranen für Bioethanolherstellung, vgl. 1.1.1, oder neuer Lösungsmittel, vgl. 6.1) ist dabei von besonderer Bedeutung.

Forschungsthemen

- Entwicklung neuer reaktiver Trennverfahren und Hybridprozesse
- Auslegung, Entwicklung und Scale up integrierter Prozesse
- Entwicklung neuer, z.B. nanostrukturierter, funktionaler Membranen für Hybridprozesse
- Entwicklung von geeignetem Equipment für integrierte Prozesse
- Einsatz alternativer Lösungsmittel für integrierte Prozesse (vgl. 6.1)
- Computergestützte Designmethoden für integrierte multifunktionelle Apparate
- Integrierte Entwicklung von Materialien und Prozessen

Erforderliche Plattformtechnologien

Materialtechnologie (insb. Membranen), Fluidverfahrenstechnik, Modellierung und Simulation, Reaktionstechnik

6.3.2 Gezielter Energieeintrag und unkonventionelle Energieformen

Die Herstellung neuer Produkte ist u.a. durch eine bessere Beherrschung chemischer Reaktionen möglich. Der selektive und gezielte Eintrag von Energie in verfahrenstechnischen Grundoperationen (z.B. Reaktoren), auch unter Anwendung unkonventioneller Energieformen (z.B. Elektronen, Mikrowellen, Plasma, Licht, Ultraschall) stellt dabei eine elegante Methode zur Erreichung höchster Energieeffizienz in Prozessen dar. Dies ermöglicht gleichsam Zugang zu neuen Produkte mit neuen Funktionalitäten, die durch konventionelle Prozesse schwierig zu erhalten sind.

Bedeutung

In der deutschen chemischen Industrie ist ein zunehmendes Interesse an der Entwicklung, Herstellung und Vermarktung von Feinchemikalien zu verzeichnen. Die in diesem Bereich tätigen Unternehmen können ihre Wettbewerbsfähigkeit jedoch nur durch innovative Produkte mit entsprechenden Alleinstellungsmerkmalen oder die Entwicklung hocheffizienter Prozesse sichern. Der gezielte Eintrag alternativer Energieformen ermöglicht die präzise Kontrolle von chemischen Umsetzungen und Reaktionswegen, und somit den Zugang zu neuen Reaktionsstrategien mit überlegener Umsetzungsgeschwindigkeit, Ausbeute, und Selektivität. Auf diese Weise können Produkte mit definierter Morphologie und hoher Wertschöpfung entstehen, die der deutschen Feinchemie einen Wettbewerbsvorteil sichern können.

Forschungsthemen

- Nutzung von Plasmareaktionen zur Prozeßintensivierung
- Photochemische Verfahren in innovativen Reaktorkonzepten (z.B. Mikrostrukturreaktoren)
- Mikrowellengestützte Verfahren
- Elektrochemische Umsetzungen in mikro- oder mesostrukturierten Reaktoren mit segmentierten Elektroden
- Integration reaktiver und mikrowellengestützter Trennverfahren (vgl. 6.3.1)

Erforderliche Plattformtechnologien

Fluidverfahrenstechnik, Reaktionstechnik, Mikroverfahrenstechnik

6.3.3 Lokale Prozeßkontrolle durch Sensoren und Prozeßanalytoren

Der Übergang von Batchprozessen zu kontinuierlichen Prozessen ist eine grundlegende Strategie der Prozessintensivierung mit dem Ziel einer erhöhten Kontrolle bezüglich Stoffströmen, Verweilzeiten, Wärmetönungen etc. Eine lokale Prozeßkontrolle und -steuerung für kontinuierliche Prozesse erfordert jedoch zunehmend die Entwicklung von geeigneten, robusten, korrosionsstabilen und häufig miniaturisierten Sensoren und in-line Prozeßanalytoren zur real-time oder zeitnahen Analyse von Prozeß- und Qualitätsparametern, sowie deren Integration in entsprechendes Prozeßequipment und bestehende Meß-, Steuer- und Regelkonzepte. Hier spielt die Messung der stofflichen Zusammensetzung eine große Rolle.

Eine besondere strategische Bedeutung besteht hier für die pharmazeutische Industrie im Zusammenhang mit der Process Analytical Technology (PAT)-Initiative der FDA, die eine genaue Überwachung von Herstellungsprozessen der Pharmaindustrie durch zeitnahe Analyse kritischer Qualitätsparameter vorsieht, mit dem Ziel höherer Produktsicherheit und -qualität.

Bedeutung

Deutschland hat eine führende Position sowohl in der Entwicklung kontinuierlicher Prozesse und der Herstellung von Equipment und Anlagen hierfür, als auch in der Sensortechnik. Vielfältig vorhandene Kapazitäten und Know-how in der kompletten Bandbreite der Mikrostrukturierungs- und Mikrofertigungstechniken sowie in der Meß-, Steuer- und Regeltechnik bieten die Voraussetzung für die Entwicklung zukünftig erforderlicher Produkte. Da Sensoren und in-line Analysensysteme für die chemische und biotechnologische Prozeßtechnik vielfältigen Einsatzbedingungen und Anforderungen gerecht werden müssen, sind oft spezielle auf die konkrete Applikation zugeschnittene Branchenlösungen notwendig, die insbesondere attraktive Chancen für KMU in Deutschland bieten. Hier gibt eine kürzlich veröffentlichte Technologie Roadmap „Prozess-Sensoren 2005 – 2015“ einen guten Leitfaden für zukünftigen Entwicklungsbedarf auf dem Gebiet der Prozeßanalysetechnik.

Forschungsthemen

- Entwicklung robuster miniaturisierter Sensoren und in-line Analytoren für lokale Prozeßkontrolle entsprechend den Process Analytical Technology (PAT) -Anforderungen
- Verbesserung der Qualität und Zuverlässigkeit mikrostrukturierter Komponenten, Sensoren und Aktoren:
 - kosteneffiziente Herstellungs- und Verbindungstechnologien,
 - erhöhte Resistenz gegen korrosive Medien, Minimierung von Verstopfungs- und Foulinganfälligkeit z.B. durch funktionale Beschichtungen
 - Zuverlässigkeit für hohe Temperatur- und Druckbereiche und aggressive Medien
- Fertigungsmethoden und Verbindungstechnologien für miniaturisierte Sensoren und Aktoren
- Definition von Standards, regulatorischen und sicherheitstechnischen Anforderungen durch Expertengruppen
- Entwicklung robuster, leicht handhabbarer, wartungsfreundlicher *real-time*-Prozeßanalytoren zur Prozeßüberwachung, -steuerung und Optimierung von Prozessen und Produkteigenschaften
- Miniaturisierung von Prozeßanalytoren für kontinuierliche Prozesse und insbesondere Mikroverfahrenstechnik
- Entwicklung von Prozeßanalytoren für biotechnologische Prozesse

Erforderliche Plattformtechnologien

Mikrostrukturierungs-, Präzisionsfertigungstechniken, Materialtechnologie

7 Mobilität/Transport

7.1 Materialentwicklungen für Hybridantriebs-Fahrzeuge

Über die kontinuierliche Verbesserung von Verbrennungsmotoren hinaus ist die Entwicklung von alternativen Antriebskonzepten eine wesentliche Voraussetzung für wirkungsvolle Strategien zur Verbrauchsreduzierung von Fahrzeugen und somit zur Ressourcenschonung und CO₂-Minderung. Der Einsatz von Fahrzeugen mit Hybridantrieb ist hierbei von hoher Bedeutung, erfordert aber neue Entwicklungen zur Verbesserung von Fahrleistung und -eigenschaften, Robustheit und Lebensdauer auf das Niveau konventioneller Fahrzeuge. Technologische Entwicklungen von Hybridantrieben beinhalten den kombinierten Einsatz von hochleistungsfähigen Lithiumbatterien, Brennstoffzellen und Superkondensatoren als Energiewandler und -speicher (siehe Kapitel 1.3). Neben der Energieversorgung über Batterien und Brennstoffzellen sorgen Superkondensatoren für die erforderlichen Leistungsspitzen während der Beschleunigung und für die Energiegewinnung beim Bremsen.

Bedeutung

Die Automobilindustrie stellt eine wesentliche Säule der deutschen Wirtschaft dar. Deutsche Fahrzeuge genießen auch weltweit ein sehr hohes Ansehen. Der Trend zu alternativen Antriebskonzepten, insbesondere Hybridkonzepten, allerdings wurde von der deutschen Automobilindustrie jahrelang lediglich beobachtet, während japanische Hersteller massiv in diese neue Technologie investierten. Dementsprechend besitzen japanische Automobilhersteller zurzeit einen technologischen Vorsprung von mehreren Jahren. Wird dieser Nachteil der deutschen Hersteller nicht schnellstens beseitigt, droht der deutschen Automobilindustrie ein signifikanter Umsatz- und Imageverlust.

Strategien zur Beseitigung des dargestellten technologischen Rückstands beinhalten konzertierte Aktionen mehrerer deutscher Schlüsselindustrien:

- Chemische Industrie: Bereitstellung neuer Materialien
- Elektro-/Elektronikindustrie: Komponentenherstellung Batterien und Superkondensatoren
- Automobilindustrie
 - Zulieferer: Bereitstellung des Antriebsstrangs von Hybridfahrzeugen
 - Fahrzeughersteller: Implementierung der Hybridkonzepte in marktkonforme Fahrzeugkonzepte

Forschungsthemen

- Entwicklung nanostrukturierter Elektrodenmaterialien mit hohen spezifischen Kapazitäten für Lithiumbatterien und Herstellung solcher Materialien
- Entwicklung von neuen Elektrolytkonzepten mit deutlich erhöhter Sicherheit und Langzeitperformance (Leitsalze, Lösungsmittel, Additive) und Herstellung solcher Materialien
- Direkt-Methanol-Brennstoffzellen (DMFCs) und Polymer-Elektrolyt-Membran Brennstoffzellen (PEMFCs) mit höheren Wirkungsgraden: Entwicklung von neuen Katalysatoren und Membranen
- Superkondensatoren zur Energieversorgung bei Leistungsspitzen gekoppelt mit Batterien und Brennstoffzelle

Erforderliche Plattformtechnologien

Ionische Flüssigkeiten, mesoporöse Kohlenstoffelektroden, elektrisch leitende Polymerelektroden, Modellierung und Simulation

7.2 Ökoeffiziente Materialien für den Fahrzeugbau

Der Einsatz ökoeffizienter und leistungsfähiger Werkstoffe im Fahrzeugbau kann wesentlich zur Gewichts-, Kraftstoffverbrauchs- und Geräuschreduktion sowie zu höherer Sicherheit von Fahrzeugen beitragen. Auch bei der Entwicklung neuer Reifenmaterialien für reduzierten Verbrauch sowie Fahrgeräuschpegel bei verbessertem Grip und höherer Stabilität können sie zukünftig eine Rolle spielen. Insbesondere Kunststoffe (Elastomere) sind zu nennen, die heute bereits einen Anteil von bis zu 15 Prozent des Fahrzeuggewichts einnehmen, aber auch der breitere Einsatz von naturfaserverstärkten Verbundwerkstoffen.

Bedeutung

Die bereits erwähnte große wirtschaftliche Bedeutung und technologische Führerschaft Deutschlands im Automobilbau und seiner Zulieferindustrie erstreckt sich auch auf den Leichtbau und die Bereitstellung von Werkstoffen für den Fahrzeugbau.

Forschungsthemen

- Entwicklung und Verarbeitung neuer Elastomere und naturfaserverstärkter Verbundwerkstoffe
- Co/Terpolymerisierung mit verschiedenen Monomeren
- Pfröpfungs-Reaktionen
- Gesteuerter Kettenabbruch
- Neue Vulkanisierungsprozesse mit reduzierter Vulkanisierungszeit, verbesserten Produkteigenschaften, umweltverträglicher (schwefelfrei)

Erforderliche Plattformtechnologien

Katalyse, Materialforschung, Polymerphysik

7.3 Abgasbehandlung zur Luftreinhaltung

Die im Kyoto-Protokoll festgehaltenen Ziele zur Minderung von Treibhausgasemissionen sowie die europäischen, nationalen und internationalen Ziele der Schadstoffreduzierung in der Luft erfordern neben den Bestrebungen zur Realisierung von effizienten Prozessen und Fahrzeugmotoren Verbrennungsmotoren mit höchster Ressourcenproduktivität und minimiertem ökologischen „Footprint“ auch innovative Technologien zur Luftreinhaltung durch Abgasnachbehandlung. Zukünftige Strategien in der Abgasbehandlung von Industrieabgasen müssen dabei auf solche Schadstoffe abzielen, die derzeit noch nicht gesetzlich limitiert sind. So bieten moderne Katalysatorentwicklungen ein erhebliches Potential zur Reduzierung von Treibhausgasen mit sehr hohem Global Warming Potential wie Lachgas (N₂O) oder Methan.

Bei Fahrzeugabgasen haben technologische Weiterentwicklungen bei Dieselmotoren, z.B. das "common rail" System, zu einer ca. 30% höheren Energieeffizienz im Vergleich zu Benzin-Verbrennungsmotoren geführt. Damit verbunden sind jedoch erhebliche Partikelemissionen, die im Zuge der EU-Feinstaubrichtlinie Maßnahmen zur Emissionsminderung erfordern. Auch sind herkömmliche 3-Wege-Katalysatoren bei Sauerstoffüberschuss nicht geeignet zur NO_x-Konversion.

Die Entwicklung von Katalysatoren zur Umsetzung von Luftschadstoffen in ppm Konzentrationen in komplexen Mischungen und bei Gegenwart anderer kompetitiver Spezies und Reaktionen erfordert somit vielfältige F&E-Anstrengungen.

Bedeutung

Deutschland ist nicht nur seit langem Vorreiter im Umweltschutz, sondern hält in den Umwelttechnologien eine international führende Position sowie die meisten Patente. Der Export deutscher Umwelttechnik zur Luftreinhaltung kann einen wesentlichen Beitrag zur Lösung weltweiter

Umweltprobleme leisten und bietet für deutsche Unternehmen, auch für kleine und mittlere, interessante Marktperspektiven.

Forschungsthemen

- Abgasreinigungskatalysatoren mit ausreichender Aktivität bei tiefen Temperaturen möglichst nahe an Raumtemperatur
- Entwicklung und Herstellung nanostrukturierter Katalysatoren, z.B. für NO_x Speicherkatalysatoren Wechselwirkung zwischen NO_x-Konversion und Partikelemissionen
- Robuste Katalysatoren, die in einem weiten Temperaturbereich, in Gegenwart mehrerer deaktivierender Spezies und bei hohen Raumgeschwindigkeiten arbeiten.

Erforderliche Plattformtechnologien

Katalyse, Verfahrenstechnik

8 Sicherheit

Deutschland als Industrienation mit dichten Ballungsräumen, einer exponierten Infrastruktur und einer Gesellschaft mit einem hohen Maß an persönlicher Freiheit ist gegenüber Gefahren wie Terrorismus, organisierte Kriminalität, Naturkatastrophen oder Unfällen als besonders anfällig anzusehen. Entsprechend groß sind die Anforderungen an Sicherheitstechnologien, die zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, d.h. zum Schutz der Bevölkerung und der Versorgungsinfrastruktur im Sinne der Prävention und Krisenbewältigung. Chemie und Materialtechnologie bieten vielfältige Beiträge für Technologien und Systeme, die zur Erhöhung der zivilen Sicherheit führen. Relevante Forschungsthemen hierzu werden im folgenden aufgezeigt.

Nicht explizit Gegenstand dieses Kapitels sind indirekte Beiträge innovativer Prozeßtechnologien, die im Zuge einer erhöhten inhärenten Anlagensicherheit (inherent safety) gleichsam eine erhöhte Sicherheit gegen Anschläge auf Anlagen und deren Auswirkungen (inherent security) bewirken. Als Beispiel hierfür sind intensivierete Prozesse mit geringem hold-up zu nennen, die eine verteilte Produktion direkt am Standort der Weiterverarbeitung oder des Produkteinsatzes ermöglichen. Entsprechende Produktionskonzepte, die ein Durchbrechen der klassischen „economy of scale“ beinhalten, führen zu weitgehend reduzierten Chemikalientransporten und minimierten Gefahrstofflagern und somit zu geringerer Angreifbarkeit (siehe Kapitel 6.3).

8.1 Nicht-invasive analytische Methoden und Sensorik

Die Sicherheit, d.h. die Begegnung von Bedrohungsszenarien für eine moderne Industriegesellschaft, ist in den letzten Jahren immer weiter in das Bewußtsein unserer Gesellschaft gerückt, die sich überwiegend in Ballungsräumen etabliert hat. Dabei beeinflussen Sicherheitsbedenken sowohl wirtschaftliche Aspekte als auch unsere Lebensart. Bei Bedrohungsszenarien insbesondere von Trinkwasser und Lebensmitteln, sowie durch Explosivstoffe, handelt es sich beispielsweise um:

- die bewußt im Sinne eines kriminellen oder terroristischen Anschlags herbeigeführte Ausbreitung von Chemikalien aus einer Produktionsanlage,
- terroristische Anschläge mit chemischen Giften oder Krankheitserregern bzw. deren Toxinen auf dem Luft- oder Wasserweg,
- terroristische Anschläge mit Explosivstoffen,
- Naturkatastrophen insbesondere durch Starkregen.

Es gilt, Methoden bereitzustellen, die es z. B. den ersten am Ort des Geschehens eintreffenden Einsatzkräften erlauben, rasch die Belastung mit chemischen und biologischen Giftstoffen zu

erkennen bzw. das Vorhandensein und Aufspüren von Explosivstoffen durchzuführen und zu kommunizieren sowie ggf. das Ausbreitungsverhalten zu analysieren und prognostizieren. Diese Methoden müssen als „Sicherheitssensoren“ oder integriert als „Sicherheitsnetzwerke“ bereitstehen. Ist die Entwicklung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei solchen Bedrohungsszenarien schon Motivation genug für geeignete F&E-Anstrengungen, so ist gleichzeitig klar, daß entsprechende Erfolge uns zudem in die Lage versetzen, nach wie vor vorhandene "Standardprobleme" zu lösen:

- Sicherstellung höchster Wasserqualität durch Erkennung und Monitoring von toxischen Spurenstoffen (Pestizide ebenso wie Algentoxine u.a.)
- Qualitätssicherung insbesondere für industriell erzeugte Nahrungsmittel
- Monitoring und Begrenzung von Umweltbelastungen in allen Kompartimenten: Luft, Wasser/Grundwasser, Boden
- Intensivierte Steuerung von Prozessen in Chemie und Biotechnologie
- Gesundheitsmonitoring insbesondere für die alternde Gesellschaft

Bedeutung

Deutschland verfügt über besondere Stärken in der Sensortechnik, aber auch in der Mikrosystemtechnik und Informationstechnologie, die für die angestrebten Sicherheitsanwendungen ebenfalls erforderlich sind und deren Beiträge integraler Bestandteil von leistungsfähigen Lösungen in diesem Bereich sein werden.

Die deutsche Sensorindustrie – überwiegend mittelständisch – ist für Anwendungen in vielen Sektoren, Produkten und Produktionsprozessen entscheidend verantwortlich. Jährliche Steigerungsraten des Umsatzes von 7 % sprechen für sich; diese Branche ist gleichzeitig sehr forschungsintensiv. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Forschung im Bereich Sensoren bzw. nicht-invasiver analytischer Methoden auch in Zukunft eine fundamentale Rolle bei der Entwicklung sicherheitsrelevanter Anwendungen finden wird.

Forschungsthemen

- grundlegende Methodenentwicklung unter Einbeziehung neuer Materialien (insbesondere Nanomaterialien) für Sensoranwendungen
- Multispezies-Nanosensoren auf der Basis nanostrukturierter sensorischer Materialien
- Multi-Sensor-Systeme
- Chemo- und Biosensoren, Elektronische Nasen
- Instant Sicherheitscheck (Scan), visuelle und chemische Sicherheitsscans (+ Datenbank)
- Datenfusion/intelligente Auswertungsstrategien
- Integration und Vernetzung von vielen, auch verschiedenartigen, Sensoren zu Sicherheitssensornetzwerken

Erforderliche Plattformtechnologien

Materialtechnologie, Chemische Analytik, dezentralisierte Netzwerke

8.2 Zivile Sicherheit durch innovative Materialien

Die Materialtechnologie bietet vielfältige Möglichkeiten für Anwendungen in der zivilen Sicherheitstechnik. Zu nennen sind u.a. neue funktionale Materialien und Oberflächenbeschichtungen, die verbesserte Eigenschaften von Ausrüstungsgegenständen und Schutzkleidung (z.B. Hitzebeständigkeit, Chemikalienresistenz) von Einsatzkräften der Feuerwehr, im Katastrophenschutz, etc. ermöglichen.

Ein großer Anwendungsbereich für nanostrukturierte Materialien sind. RFID (Radio Frequency Identification) Systeme, die vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der Warensicherung, für Zugangskontrollen, Wegfahrsperrern, Smart Label und Ausweise mit biometrischen Daten etc. bieten.

Als spezielle Anwendung aus der Formulierungstechnik sei der Einsatz von Farbstoffen als unsichtbare optische Marker genannt, um Oberflächen zu schützender Objekte oder Bereiche zu markieren. Die in sehr geringer Menge aufgetragenen Marker können mit entsprechender Optik sichtbar gemacht werden, so daß Zu- und Eingriffe durch Oberflächenveränderungen entdeckt und lokalisiert werden können. Die prinzipielle Funktionsfähigkeit eines solchen Systems wurde bereits in einem Praxisversuch gezeigt.

Bedeutung

Während Deutschland über die grundlegenden Technologien zur Bereitstellung von Materialien und daraus Produkten für den Gefahrenschutz verfügt, fehlten bislang Förderprogramme und koordinierende Aktivitäten für Innovationen im Bereich zivile Sicherheit. Auf Basis eines erfolgreichen Technologietransfers existierender Entwicklungen und Lösungen in sicherheitstechnische Anwendungen sollten sich attraktive Perspektiven für spezialisierte Unternehmen (KMU) auch im Export bieten.

Forschungsthemen

- Funktionale Textilien für hochtemperaturbeständige, chemikalienresistente Schutzkleidung
- reaktive Beschichtungen und niedrigtemperatur-katalytische Oberflächen zur Deaktivierung von gefährlichen Stoffen (Anwendung bei Kleidung, Wandanstriche, Feuerwehrautos ...)
- Mikrobizide Oberflächen
- Entwicklung und Einsatz von Nanomaterialien für RFID (Radio Frequency Identification) Systeme
- Entwicklung von Farbstoffen und Formulierungen zur Farbstoffmarkierung sowie von passender Detektions-Optik und Software

Erforderliche Plattformtechnologien

Materialtechnologie

Anhang

Die Erstellung dieses Dokumentes wurde durch die intensive Zusammenarbeit von Fachleuten aus Industrie und Hochschule möglich. In mehreren Workshops wurden die hier aufgeführten Themen identifiziert, priorisiert und formuliert.

An dieser Stelle sei insbesondere den Leitern der drei Arbeitsgruppen, Herrn Prof. Dr. Rüdiger Iden, BASF Aktiengesellschaft (Arbeitsgruppe Materialtechnologie), Herrn Dr. Klaus Sommer, Bayer Technology Services (Arbeitsgruppe Reaktions- und Prozeßtechnik) und Herrn Dr. Reinhard Ditz, Merck KGaA (Arbeitsgruppe Industrielle Biotechnologie) für ihren Einsatz und ihr Engagement gedankt. Eben solcher Dank gebührt allen ehrenamtlichen Fachleuten aus den Forschungsinstituten und der Industrie, die sich an dem Erstellungsprozeß dieses Dokumentes aktiv beteiligt haben. Diese Fachleute sind im folgenden zugeordnet zu den einzelnen Arbeitsgruppen genannt.

Arbeitsgruppe Materialtechnologie

Prof. Dr. Rüdiger Iden, BASF Aktiengesellschaft (Leiter der Arbeitsgruppe)

Dr. Alexis Bazzanella, DECHEMA e.V.
Prof. Dr. Detlev Belder, Universität Regensburg
Dr. Kurt Begitt, Gesellschaft Deutscher Chemiker
Dr. Michael Braun, Proneos GmbH
Dr. Andre Daubinet, Universität Heidelberg
Dr. Manfred Diehl, Umicore AG & Co. KG
Dr. Hans Wilhelm Engels, Bayer MaterialScience AG
Dr. Andreas Förster, DECHEMA e.V.
Dr. Werner Gerhardt, Henkel KGaA
Thomas Goergen, Bayer Technology Services GmbH
Dr. Renate Hoer, Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.
Dr. Elmar Keßenich, BASF Aktiengesellschaft
Dr. Armin Leng, Merck KGaA
Dr. Gerhard Maier, polyMaterials AG
Prof. Dr. Florian Müller-Plathe, Technische Universität Darmstadt
Dr. Ralph Nonninger, ItN Nanovation GmbH
Prof. Dr. Wolfgang Paul, Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Dr. Günther Proll, Universität Tübingen
Dr. Meinhard Rolf, Lanxess Deutschland GmbH
Prof. Dr.-Ing. Michael Schütze, DECHEMA e.V.
Dr.-Ing. Gerald Steiner, Technische Universität Dresden
Prof. Dr. Brigitte Voit, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.
Dr. Kurt Wagemann, DECHEMA e.V.

Arbeitsgruppe Reaktions- und Prozeßtechnik

Dr. Klaus H. Sommer, Bayer Technology Services GmbH (Leiter der Arbeitsgruppe)

Dr.-Ing. Jens Bausa, BASF Aktiengesellschaft
Dr. Alexis Bazzanella, DECHEMA e.V.
Prof. Dr. Matthias Beller, Leibniz-Inst. für Katalyse e.V.
Dr. Thomas Bott, BASF Aktiengesellschaft
Dr. Karl Josef Caspary, Uhde GmbH
Dr. Andre Daubinet, Universität Heidelberg

Dr. Reinhard Ditz, Merck KGaA
Dr. Andreas Förster, DECHEMA e.V.
Prof. Dr.-Ing. Andrzej Górak, Universität Dortmund
Dr. Henrik Hahn, Degussa AG
Prof. Dr. Thomas Henle, Technische Universität Dresden
Dr. Renate Hoer, Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.
Prof. Dr. Bernd Jastorff, Universität Bremen
Prof. Dr. Wolfram Koch, Gesellschaft Deutscher Chemiker e. V.
Prof. Dr. Udo Kragl, Universität Rostock
Prof. Dr. Walter Leitner, RWTH Aachen
Dr. Johannes Ranke, Universität Bremen
Dr. Andreas Rücker, Bayer Technology Services GmbH
Dr. Rüdiger Schütte, Degussa AG
Dr. Uwe Tanger, Degussa AG

Arbeitsgruppe Industrielle Biotechnologie

Dr. Reinhard Ditz, Merck KGaA (Leiter der Arbeitsgruppe)

Prof. Dr. Uwe Theo Bornscheuer, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Dr. Günther Eberz, Bayer AG
Dr. Jürgen Eck, BRAIN Biotechnology Research and Information Network AG
Prof. Dr. Erwin Flaschel, Universität Bielefeld
Dr. Thomas Haas, Degussa AG
Dr. Tina Heine, Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie (DIB)
Dr. Andreas Karau, Degussa AG
Prof.-Dr. Christine Lang, Organobalance GmbH
Dr. Karl-Heinz Maurer, Henkel KGaA
Priv. Doz. Dr. Dieter Sell, DECHEMA e.V.
Prof. Dr. Roland Ulber, TU Kaiserslautern